

Evolution des paragenèses métamorphiques dans les formations panafricaines du Sud Maradi (Sud Niger)

[Evolution of metamorphic paragenesis in the South Maradi Pan-African formations (South Niger)]

Baraou Souley Idi¹ and Moussa Konaté²

¹Université d'Agadez, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, P.O. Box 199, Agadez, Niger

²Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Géologie: Eaux Souterraines et Géoressources, BP 10662, Niamey, Niger

Copyright © 2021 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 Pan-African province of South Maradi represents the northern part of Benin-Nigerian Shield, corresponding to the Pan-African mobile zone located in the East of West African Craton. In this basement zone, the distribution of metamorphic formations is marked by gradual transitions: from schists to gneiss and then to migmatites. The schists outcrop in a NE-SW bands, alternating parallelly with gneiss bands, limited by the shear zones. The alternation of schists and gneiss bands, associated to ductile shear zones and the existence of a gradual transition from schists to migmatite, raises questions about the geodynamic context of crustal evolution. The study of metamorphic paragenesis (aim of this study), allows to specify the geodynamic context that prevailed in this portion of the pan-African mobile zone of South Maradi. The methodological approach combines petrostructural analysis and determination of mineral assemblages by using the petrographic microscope. The chronology of the metamorphic mineral assemblages and their relationship with the deformation structures made it possible to highlight a prograde phase of metamorphic evolution (green schist facies- amphibolite facies, granulite facies) then retrograde, synchronous with a tangential tectonic and then transcurrent one. Further south in the contiguous Pan-African province of Nigeria, pressure elevation from 6.8 kbars to 9-10 kbars associated with a prograde metamorphism have been related to burial then to a crustal thickening by pile-ups.

KEYWORDS: South Maradi, Pan-African mobile zone, Schists and Gneiss bands, Shear zone, Mineral paragenesis.

RESUME: La province panafricaine du Sud Maradi représente l'extrémité septentrionale du Bouclier Bénino-Nigérien, correspondant à la portion de la zone mobile panafricaine située à l'Est du Craton Ouest Africain. Dans cette zone de socle, la distribution des formations métamorphiques est marquée par des passages graduels: des schistes à des gneiss puis à des migmatites. Les schistes forment des lanières d'orientation NE-SW, en alternance avec des bandes de gneiss, de même orientation, limitées par des couloirs de cisaillement (*Shear Zone*). L'alternance des bandes de schistes et de gneiss, associée à des couloirs de cisaillements ductiles et l'existence d'un passage graduel des schistes à des migmatites, conduit à se poser des questions sur le contexte géodynamique de l'édification de la croûte. L'étude des paragenèses métamorphiques, objet de la présente étude, permet de préciser le contexte géodynamique qui a prévalu, dans cette portion de la zone mobile panafricaine du Sud Maradi. L'approche méthodologique associe l'analyse pétrostructurale et la détermination des paragenèses minérales au microscope polarisant. La chronologie des assemblages métamorphiques et leurs calages par rapport aux structures de déformations a permis de mettre en évidence une phase prograde de l'évolution métamorphique (faciès schiste vert-faciès amphibolite, faciès granulite) puis rétrograde, synchrone d'une tectonique tangentielle puis transcurrente. Plus au Sud dans la

province panafricaine contiguë du Nigéria, les élévations de pression de 6.8 kbars à 9-10 kbars associées au métamorphisme prograde a été relié à un enfouissement, lié à un épaissement crustal par empilements de nappes.

MOTS-CLEFS: Sud Maradi, zone mobile panafricaine, bandes de schistes et de gneiss, couloir de cisaillement, paragenèse minérale.

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. Elle est comprise entre les latitudes 13° et 13°20' N et les longitudes 6° 50' et 7°35'00"E (fig. 1).

Les premiers travaux relatifs à la géologie du Sud Maradi ont été réalisés par [1] et [2]. Ces travaux se limitaient à la réalisation d'une carte géologique sommaire au 1/200 000^{ème} [1] et à la carte géophysique aéroportée par le, réalisée dans le cadre d'une prospection minière dans cette zone. À ces travaux s'ajoutent les études sur la caractérisation de la déformation [3]; [4], sur la datation géochronologique [5] et sur les indices aurifères [6]; [7] du socle du Sud Maradi.

Il ressort de cette revue bibliographique qu'aucune étude détaillée n'a mis l'accent sur les phénomènes thermo-tectoniques ayant affecté le socle cristallin et cristallophyllien du Sud Maradi à travers l'analyse de leurs paragenèses minérales.

Dans la zone d'étude, les alternances de bandes de schistes et de bandes de gneiss fait penser à une accrétion latérale de segments crustaux. S'agit-il véritablement d'une accrétion par collage latéral de blocs crustaux ou par raccourcissement avec empilement de nappes? L'étude des paragenèses métamorphiques, objet de la présente étude, permet de préciser le contexte géodynamique de l'édification de la croûte.

Pour atteindre cet objectif, une approche multidisciplinaire, intégrant l'étude pétrographie et microtectonique sur le terrain et au laboratoire, a été adoptée.

2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Le bouclier Bénino-Nigérian dont fait partie le Sud Maradi, est une ceinture mobile panafricaine située à l'Est du Craton Ouest Africain et à l'Ouest du Craton congolais (fig. 1). Dans le Sud Maradi, le passage graduel des gneiss à des migmatites est souvent interrompu par des ceintures de schistes associés à des couloirs de cisaillement (figs. 2 et 3). En effet, quatre ceintures de schistes ont été identifiées. Elles forment des bandes d'orientation NE-SW, limitées par des couloirs de cisaillement ("*Shear Zone*") de même orientation. Les ceintures de schistes sont intrudées par des granitoïdes peu ou pas déformés [1]; [2]; [3]. Elles sont désignées par les noms des localités où les affleurements sont plus importants. Il s'agit du Sud-Ouest vers le Nord Est des ceintures de schistes de (i) Maraka (CSM), (ii) Goumata Est (CSG), (iii) Garin Liman (CSGL) et (iv) Maidaparo (CSMp). (figs. 2 et 3). Ces ceintures de schistes forment des bandes d'environ 1 à 5 km de large, en alternance (figs. 2 et 3) avec des bandes de gneiss mylonitiques (de Fiawa (BGF), de Goumata Est (BGG), de Nielwa (BGN) et de Garin Liman (BGGL)), d'orientation NE-SW (figs. 2 et 3).

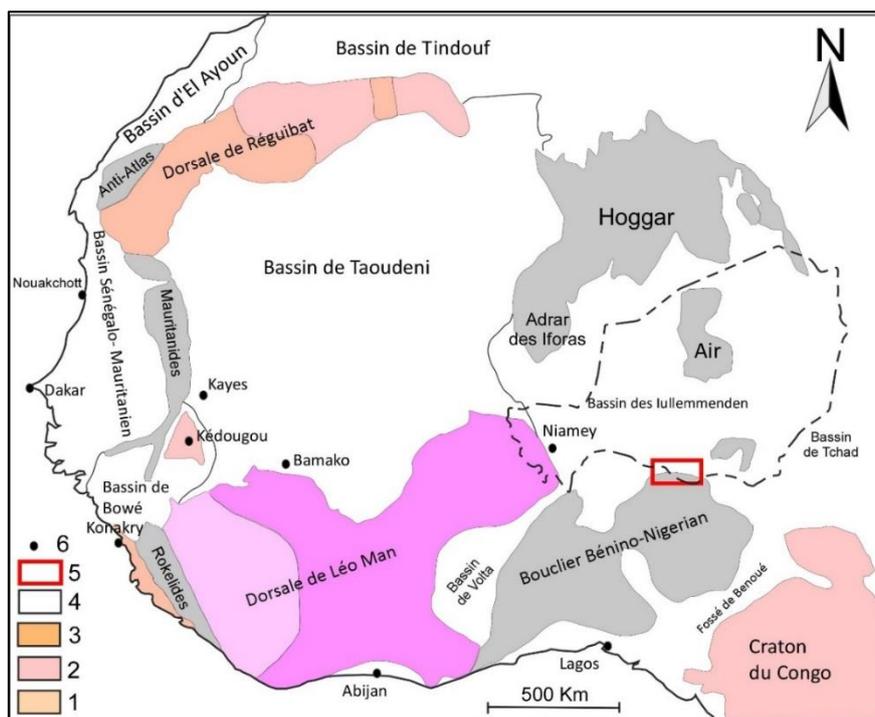


Fig. 1. Carte géologique simplifiée de l'Afrique de l'Ouest montrant la localisation du secteur d'étude (d'après [8], modifiée). 1: Archéen; 2: Birimien; 3: Zones mobiles panafricaines; 4: Bassins sédimentaires d'âge néoproterozoïque à cénozoïque; 5: Zone d'étude; 6: Villes

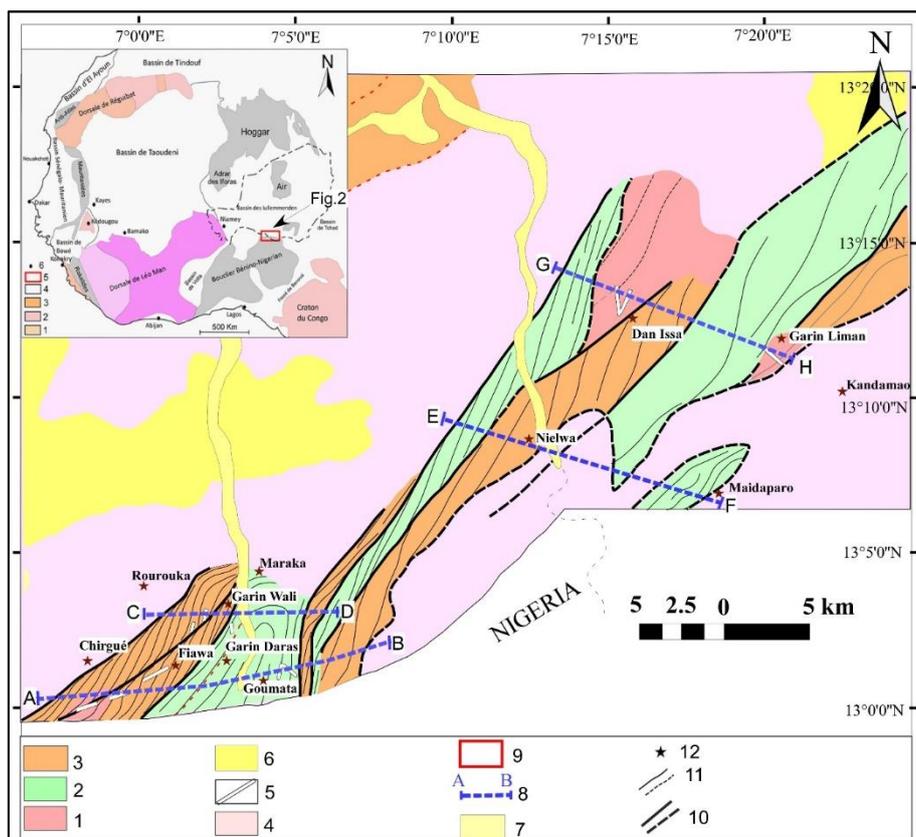


Fig. 2. Carte géologique du secteur d'étude, compilée à partir des données géophysiques [2], cartographiques [1], de forage et de terrain, montrant la position des coupes réalisées. (1): Gneiss migmatitiques; (2): Ceinture de schistes; (3): Gneiss mylonitiques; (4): Granites peu ou pas déformés; (5): Filons de quartz ou de pegmatite; (6): Grès crétacés; (7): Alluvions; (8): Traits de coupes; (9): Zone d'étude; (10): Cisaillements panafricains; (11): Trajectoires de la schistosité/foliation; (12): Villages

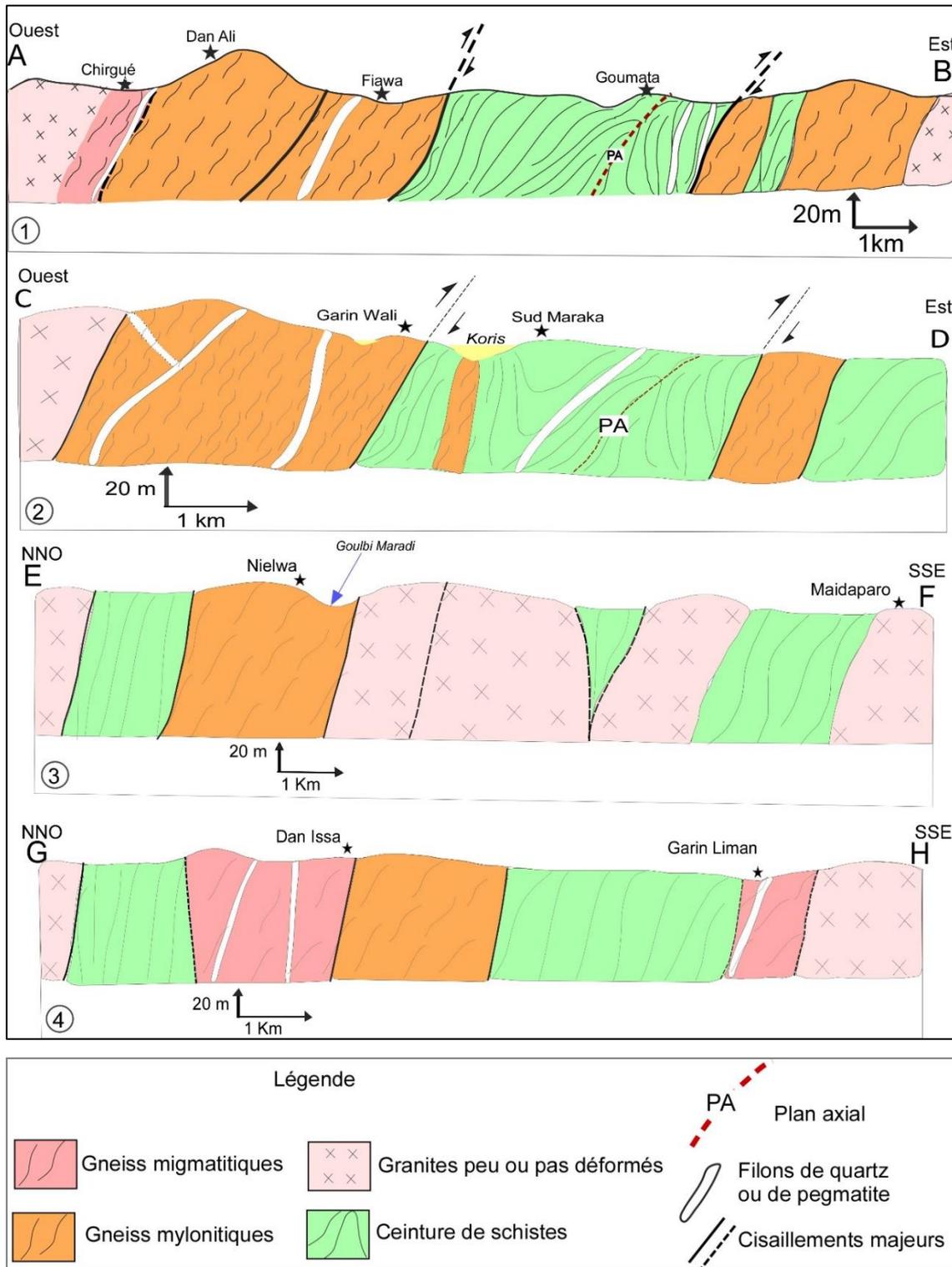


Fig. 3. Coupes géologiques réalisées dans la zone d'étude montrant la distribution spatiale des formations géologiques. (1): Coupe géologique A-B de Chirgué-Goumata; (2): Coupe géologique C-D de Garin Wali-Maraka; (3): Coupe géologique E-F du secteur de Nielwa-Maidaparo; (4): Coupe géologique G-H du secteur de Dan Issa Gari Liman

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'approche méthodologique comprend des travaux du terrain et de laboratoire. L'approche du terrain a consisté d'une part, (i) à l'observation et à l'identification in situ des minéraux dans les roches ainsi que la détermination macroscopique de la structure et de la texture des roches et, d'autre part, (ii) à un prélèvement systématique des échantillons (préalablement orientés) au niveau des différents faciès pétrographiques identifiés (gneiss, schistes, gneiss migmatitiques, et granites). Ces travaux de terrain ont abouti au lever de coupes géologiques sectorielles.

L'approche de laboratoire est basée essentiellement sur l'étude des lames minces de roches au microscope polarisant, au Laboratoire de Géologie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger). L'analyse au microscope polarisant a permis de préciser les paragenèses minérales (association minéralogique) et les textures des différents faciès pétrographiques étudiés.

4 RÉSULTATS

4.1 DIFFÉRENTS FACIÈS PÉTROGRAPHIQUES

Les faciès pétrographiques analysés dans le cadre de cette étude concernent les roches de la ceinture de schistes, les gneiss mylonitiques, les gneiss migmatites et les granites porphyriques.

4.1.1 MIGMATITES DU SUD MARADI

A l'affleurement, les migmatites présentent une diversité de faciès pétrographiques comprenant (fig. 4): des paléosomes de gneiss porphyroïdes, des leucosomes de granites aplitiques et des mélanosomes de restites biotitiques. La présence de leucosome et de mélanosome indique que le métamorphisme a atteint des degrés supérieurs à celui du faciès amphibolite et proche du faciès granulite [9].

4.1.1.1 PALÉOSOMES DE GNEISS PORPHYROÏDES

Dans les migmatites de Garin Liman (fig. 2), les paléosomes sont affectés par des plis anisopaques d'écoulement présentant une forte dispersion des axes de plis (fig. 4-a) et montrant un passage à des granites d'anatexie (néosome).

Les paléosomes correspondent à des roches de couleur rosâtre à grisâtre (fig. 4). Ils sont constitués de quartz, de cristaux blancs de feldspaths centimétriques et des lits noirs de biotite qui définissent une foliation d'orientation N30° à N50° (fig. 4-a et b).

L'observation au microscope d'un échantillon de paléosome (fig. 5) montre un assemblage minéralogique constitué de quartz, de biotite chloritisée, de microcline, d'orthose, de plagioclase et des oxydes, définissant une foliation organisée en lits quartzo-feldspathiques et micacés indiquant les conditions de faciès amphibolite. Cette foliation se moule autour des porphyroblastes de feldspath potassique (fig. 5-c, e et f). Elle met en évidence une texture grano-lépidoblastique porphyrique (fig. 5).

4.1.1.2 MÉLANOSOMES DE RESTITES BIOTITIQUES

Les mélanosomes de Chirgué (fig. 2) correspondent à des enclaves biotitiques, dans les paléosomes de gneiss porphyriques (figs. 4b et 6). Ces enclaves correspondent à des assemblages de biotites réfractaires à la fusion partielle (restites biotitiques). L'occurrence de gros cristaux automorphes de feldspath dans les mélanosomes biotitiques (fig. 6-b) dénote le caractère porphyrique de la roche initiale. L'observation au microscope d'un échantillon de mélanosome (fig. 7) montre un assemblage minéralogique constitué majoritairement de la biotite, de la cordiérite, du quartz (cristaux en extinction roulante), du plagioclase en altération en épidote (pistachite), de la muscovite et accessoirement du zircon présentant une auréole jaunâtre (fig. 7). L'abondance de la biotite indique que la roche est plutôt hydratée ce qui pourrait abaisser le point de la fusion partielle. Dans ces conditions, la fusion partielle interviendrait bien avant le faciès granulite, qui a été évoqué par [9]. Le faciès métamorphique dans lequel se produirait cette de fusion partielle dans le Sud Maradi serait de type faciès amphibolite profond. Dans le secteur de Dan Issa, la datation des gneiss migmatitiques, par la méthode U-Pb sur zircon, a donné un âge de 638.3±3.0 Ma, qui pourrait être l'âge de la première recristallisation du zircon, en liaison probable avec le début de migmatisation [5].

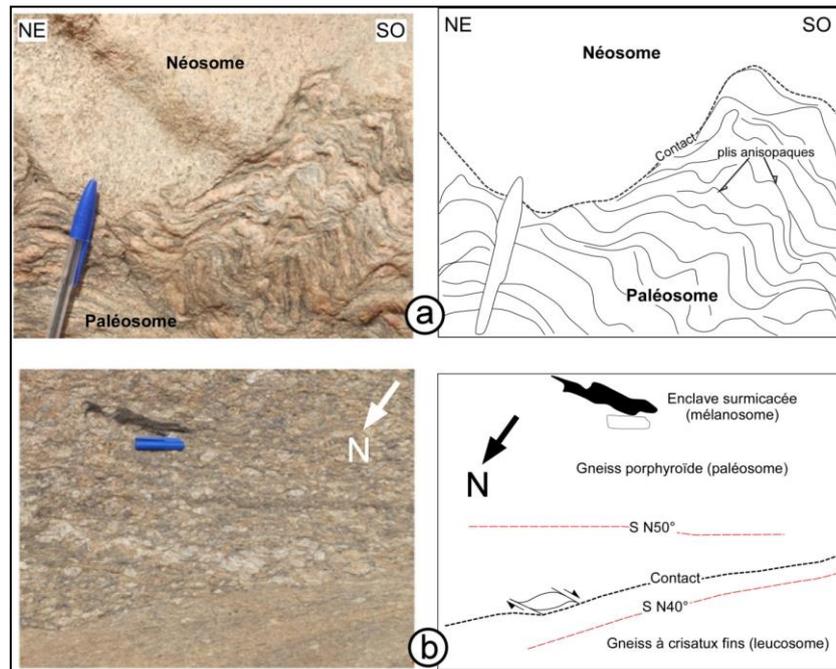


Fig. 4. Aspect à l’affleurement des gneiss migmatitiques de Garin Liman (a) et des migmatites de Chirgué (b). En (a): Paléosome affecté par des plis anisopaques d’écoulement, à forte dispersion des axes de plis, en contact avec un néosome non déformé. Le contact paléosome - néosome est concordant. En (b): Des gneiss porphyroïdes (diatextites) renferment des mélanosomes surmicacés de biotite. Ils montrent un passage à des gneiss à petits cristaux

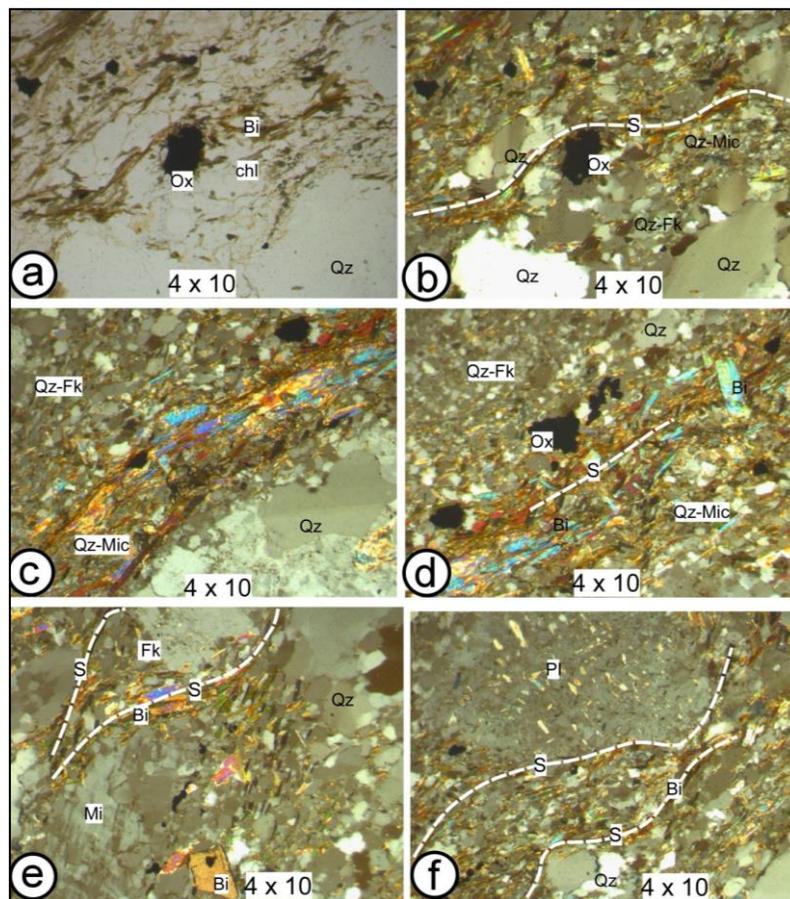


Fig. 5. Microphotographies d’orthogneiss œillé montrant la fabrique S/C de déformation ductile. S: trajectoire de la foliation; Qz-Mic: lit quartzo-micacé, Qz-Fk: lit quartzo-feldspathique, Fk: orthose, Mi: microcline, Bi: biotite, Pl: plagioclase, chl: chlorite, Ox: oxydes

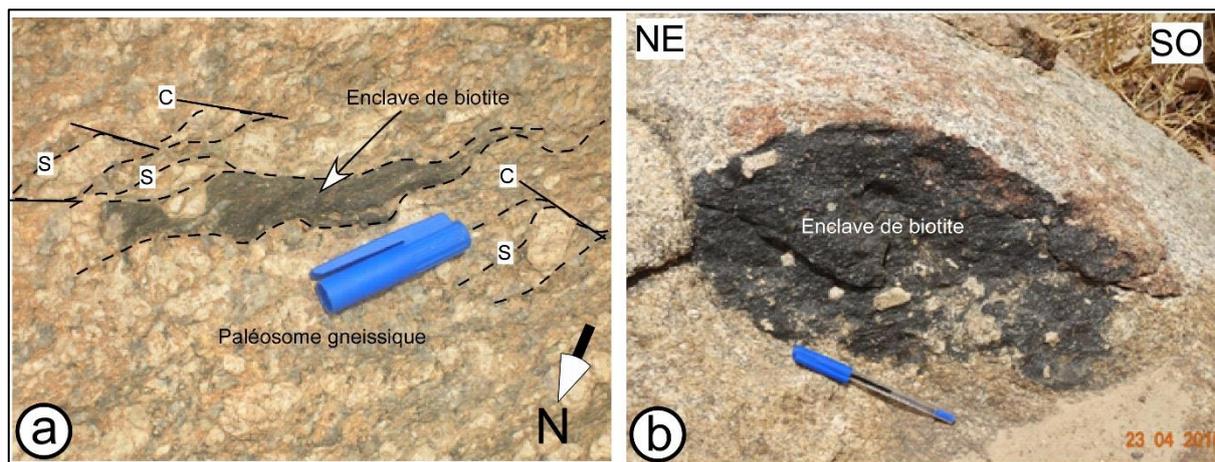


Fig. 6. Enclaves de restites biotitiques de Chirgué dans un microcouloir de cisaillement NE-SO: S: trajectoire de la foliation, C: plan de cisaillement

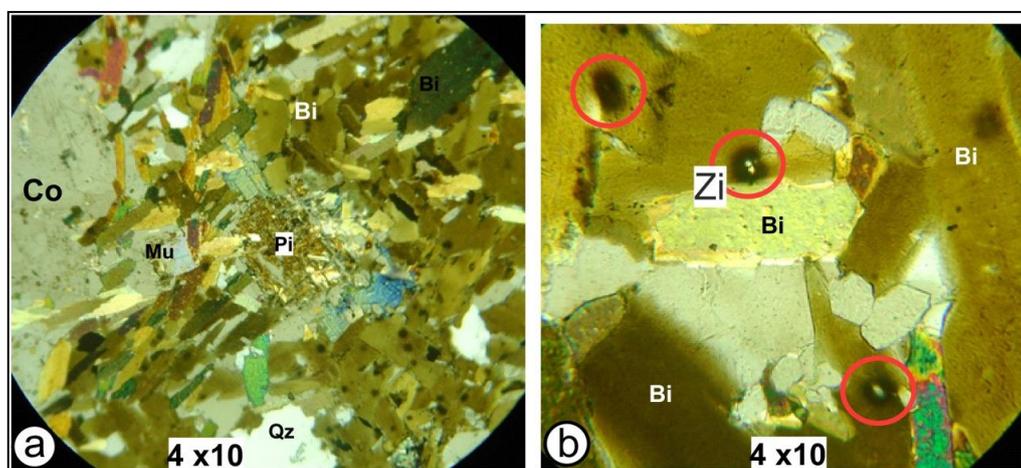


Fig. 7. Microphotographies de restites biotitiques montrant les paragenèses minérales. Co: cordiérite, Bi: biotite, Mu: muscovite, Qz: quartz, Zi: zircon, Pi: pistachite

4.1.2 ROCHES DE LA CEINTURE DES SCHISTES

Dans le Sud Maradi, les roches de la ceinture sont représentées par des schistes sériciteux à chloriteux et rarement des micaschistes. Ces schistes, de teinte grise à verdâtre, montrent des feutrages de fines paillettes de séricite et de chlorite. Ils renferment des grains de quartz et de feldspaths ainsi que des paillettes de biotite et de muscovite, définissant une structure schisteuse perturbée par des exsudats synschisteux de quartz (fig. 8).

L'observation au microscope des schistes montre une association minérale constituée de quartz, de biotite, d'orthose, d'albite, de chlorite et d'oxydes, indiquant les conditions du faciès schiste vert. L'agencement microscopique de ces minéraux définit une texture grano-lépidoblastique (fig. 9). La texture des schistes est dominée par des recristallisations fines syncinématiques de biotite et de séricite et de microcristaux de quartz, d'orthose et de plagioclase. Cette texture grano-lépidoblastique est souvent recoupée par des recristallisations de biotite et de chlorite (fig. 9-c, e et f), indiquant un métamorphisme rétrograde dans un faciès de type schiste vert. Ces observations sont en accord avec celles de [10] qui ont mis en évidence les conditions d'un métamorphisme rétrograde indiquant un abaissement de pression et de température de 6.8 kbar/780 °C à 3.8 kbar/590 °C dans la partie Ouest du bouclier Bénino-Nigérian. Dans les schistes de Maraka, un âge radiométrique de 617.9 ± 2.8 Ma a été obtenu par la méthode U-Pb sur zircon. Cet âge pourrait correspondre à celui de la dernière recristallisation du zircon [5].

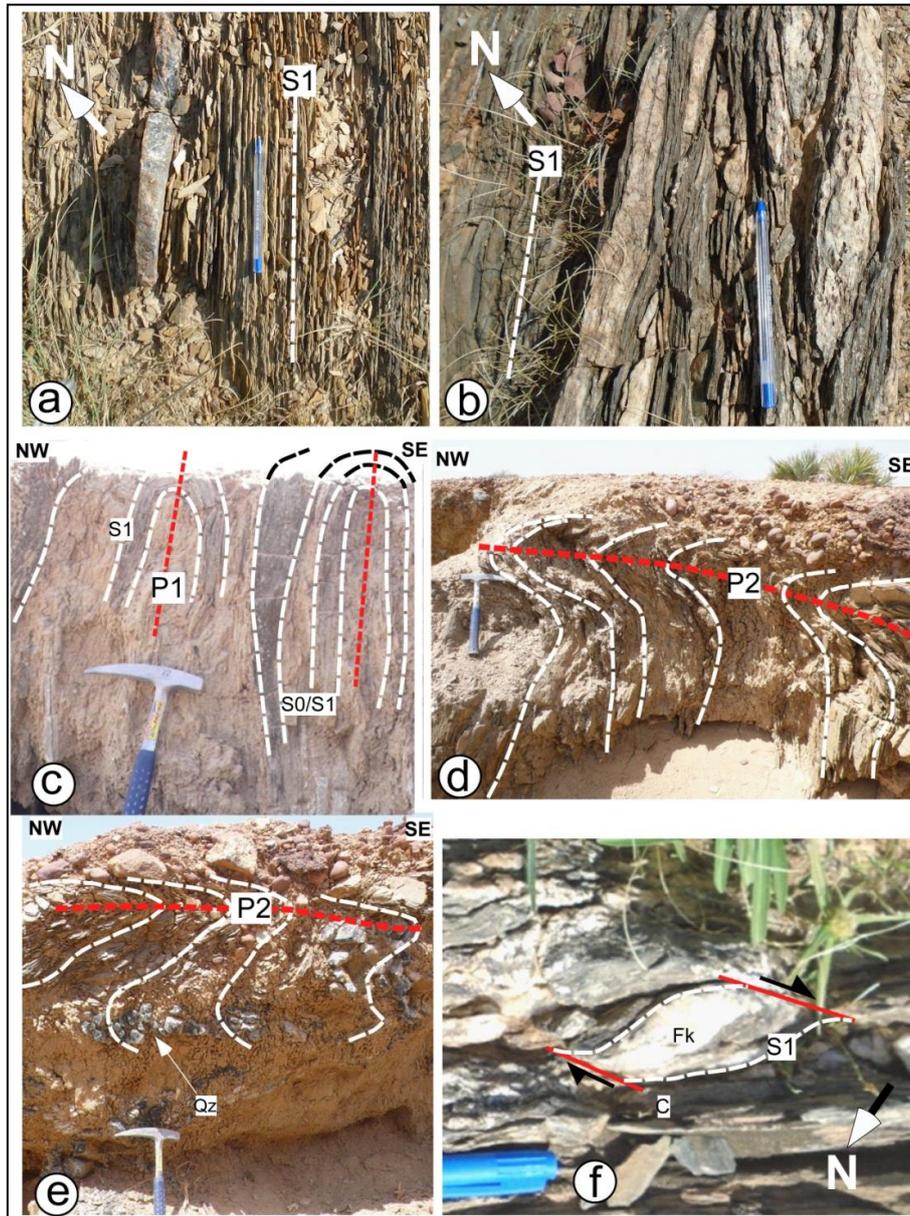


Fig. 8. Aspects à l'affleurement des schistes dans la ceinture de schistes de Garin Darass. En a et en b: déformation coaxiale par aplatissement pur, associée à une tectonique tangentielle (raccourcissement horizontal), S1: trajectoire de schistosité/foliation. En c: P1: plan axial subvertical à vertical. En d et e: P2: plan axial subhorizontal de plis replissant S1. En f: déformation non coaxiale marquée par une fabrique S/C indiquant un cisaillement simple, Fk: porphyroblaste de feldspath potassique

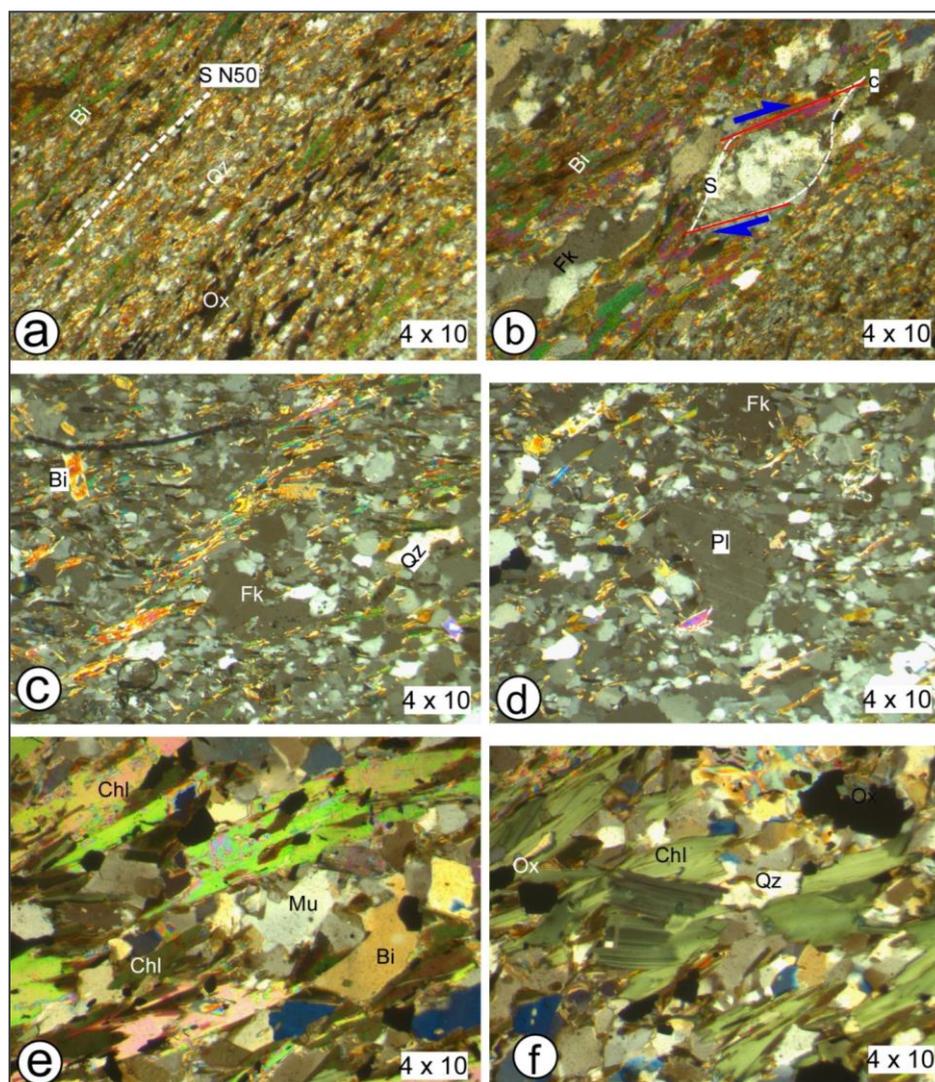


Fig. 9. Microphotographies de schistes montrant les différentes associations minéralogiques et les textures associées. Qz: quartz, Fk: orthose, Bi: biotite, Sp: sphère, Ox: oxydes, Pl: plagioclase, Ox: oxydes, Chl: chlorite, S: trajectoire de foliation, C: plan de cisaillement

4.1.3 GNEISS MYLONITIQUES DU SUD MARADI

Les observations de terrain montrent que dans le Sud Maradi les affleurements de gneiss sont représentés par des chaînons de petites collines discontinues de 2 à 5 m de haut. Les gneiss mylonitiques ont été observés dans les secteurs de Garin Wali-Fiawa et de Dan Issa-Nielwa (figs. 2 et 3). Leurs affleurements consistent en des bandes ou couloirs de cisaillement "Shear zones" d'orientation NE-SO, qui se prolongent au-delà de la frontière avec le Nigéria.

4.1.3.1 GNEISS DE GARIN WALI-FIAWA

Les gneiss mylonitiques sont marqués par la présence des porphyroblastes de feldspaths potassiques déformés, de taille pluricentimétrique (fig. 10-c et d). La présence de ces porphyroblastes implique que le protolithe est un granite alcalin. Il s'agit donc d'orthogneiss. La géométrie relativement sigmoïde des feldspaths met en évidence un épisode de mylonitisation ductile, marquée:

- d'une part, par le développement d'une fabrique S/C (" σ -type structure", [11]). La géométrie sigmoïde des porphyroblastes met en évidence une composante rotationnelle sénestre, bien prononcée au niveau des gneiss pegmatitiques (fig. 10-a).
- d'autre part, par le boudinage ductile des feldspaths, associé à des figures d'enroulement (" σ -type structure", [11] (fig. 10-b). La forme en spirale de l'enroulement indique également une composante sénestre du cisaillement.

Les observations au microscope des lames minces de ces roches montre une association minéralogique constituée principalement du quartz, de l'orthose, du microcline, du plagioclase de type albite, de la biotite et du sphène (fig. 11). Une telle paragenèse a été reliée à un faciès de type amphibolite. Toutefois, la présence de la chlorite autour des paillettes de biotite avec accessoirement des oxydes de fer traduit une rétro-morphose de la biotite et une oxydation des minéraux ferromagnésiens.

L'analyse microstructurale a permis de distinguer trois types de minéraux métamorphiques:

- des minéraux anté-cinématiques (anté-cisaillement) constitués d'orthose, de quartz, du plagioclase et du sphène qui ont plus ou moins conservé leur forme prismatique (fig. 11);
- des minéraux syn-cinématiques plus ou moins orientés, définissant des lits quartzo-feldspathiques ou quartzo-micacés (fig. 11-a, b, c, d et e);
- et des minéraux post-cinématiques représentés par la chlorite et des oxydes de fer (fig. 11-e).

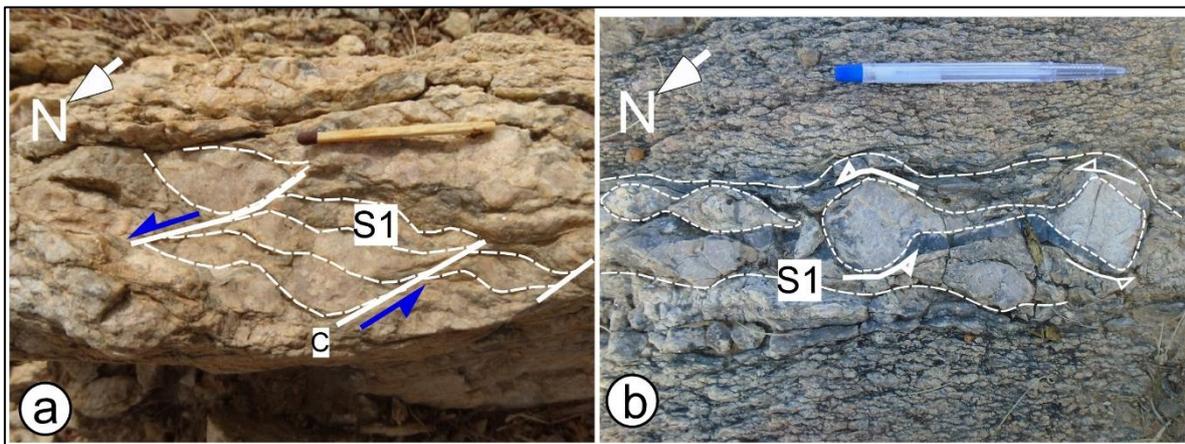


Fig. 10. Gneiss mylonitiques des secteurs de Garin Wali et de Fiawa présentant différents types de structure de déformation: En a: Gneiss œillé à porphyroblastes de feldspath potassique présentant une géométrie sigmoïde (fabrique S/C sénestre). Figure d'enroulement sénestre de feldspath (b)

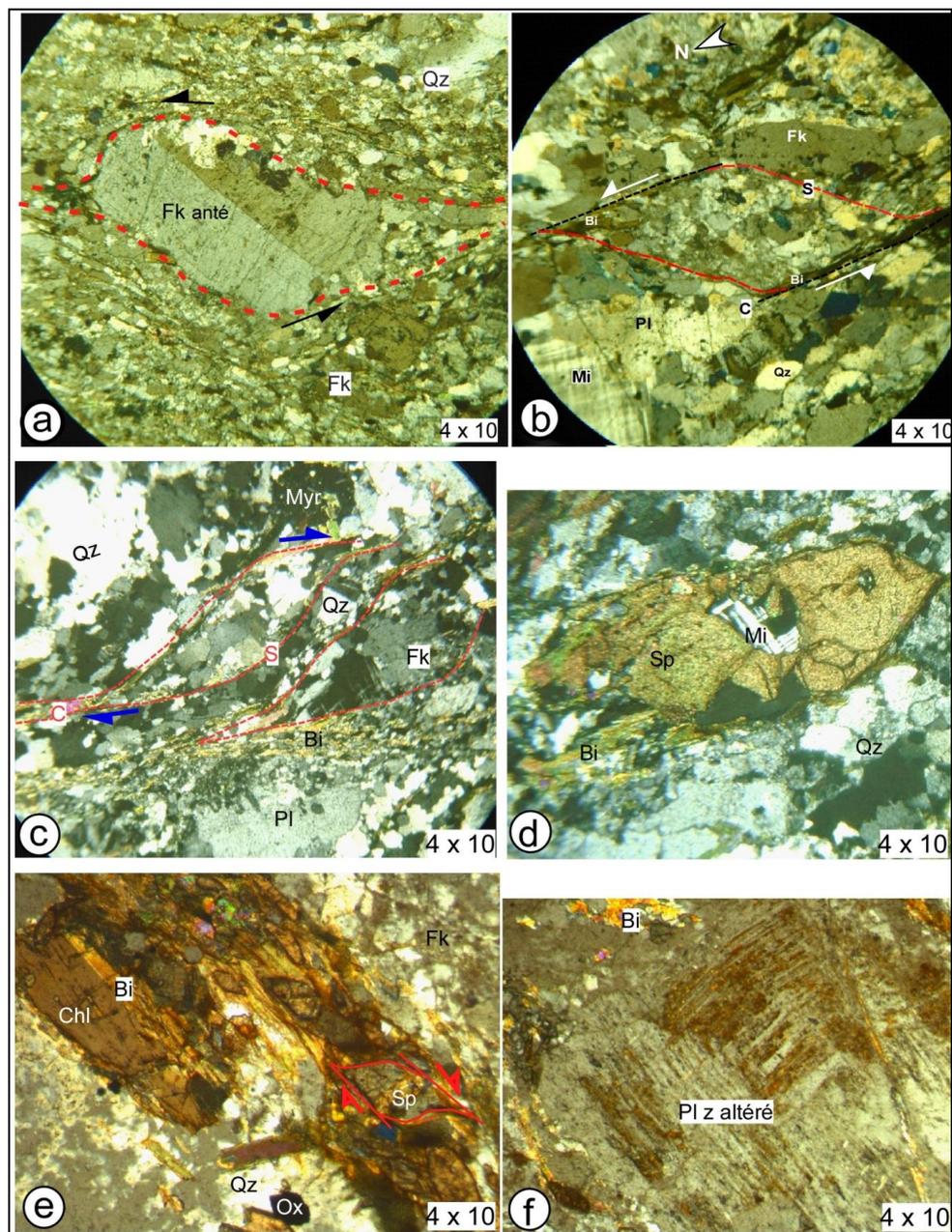


Fig. 11. Aspects au microscope des gneiss de Garin Wali et de Fiawa montrant les assemblages minéralogiques et les structures de déformation mylonitique. Qz: quartz, Fk: orthose, Bi: biotite, Mi: microcline, Sp: sphène, Myr: myrmékite, Ox: oxydes, Pl: plagioclase, Chl: chlorite

4.1.3.2 GNEISS MYLONITIQUES DE NIELWA-DAN ISSA

Il s'agit de roches de couleur rose-grisâtre, constituées de porphyroclastes centimétriques de feldspaths potassiques et de cristaux étirés de quartz et de biotite qui définissent une foliation mylonitique à fabrique S/C (fig. 12-a, c et e).

L'observation au microscope des orthogneiss dans le secteur de Dan Issa-Nielwa (fig. 2) montre une association minéralogique constituée de quartz, de biotite, de l'orthose, du plagioclase et accessoirement du sphène, des zircons et des oxydes de fer, définissant une texture grano-lépidoblastique (fig. 13).

L'analyse microstructurale permet de distinguer des porphyroblastes antécinématiques d'orthose et de plagioclase (fig. 13-b, c, d et e), entourés de cristaux syn-cinématiques de plus petite taille, représentés par du quartz, des feldspaths et des paillettes de micas (fig. 13-a, b, c et f). Ces cristaux syn-cinématiques définissent une foliation mylonitique.

Cette déformation mylonitique non coaxiale a été datée à 505 ± 15 Ma dans les schistes (par la méthode K-Ar sur roche totale) et un âge compris entre 491 ± 10 Ma (Cambrien supérieur) et 475 ± 10 Ma (Ordovicien inférieur) dans les gneiss mylonitique, par la méthode K-Ar sur feldspaths et sur roche totale [5].

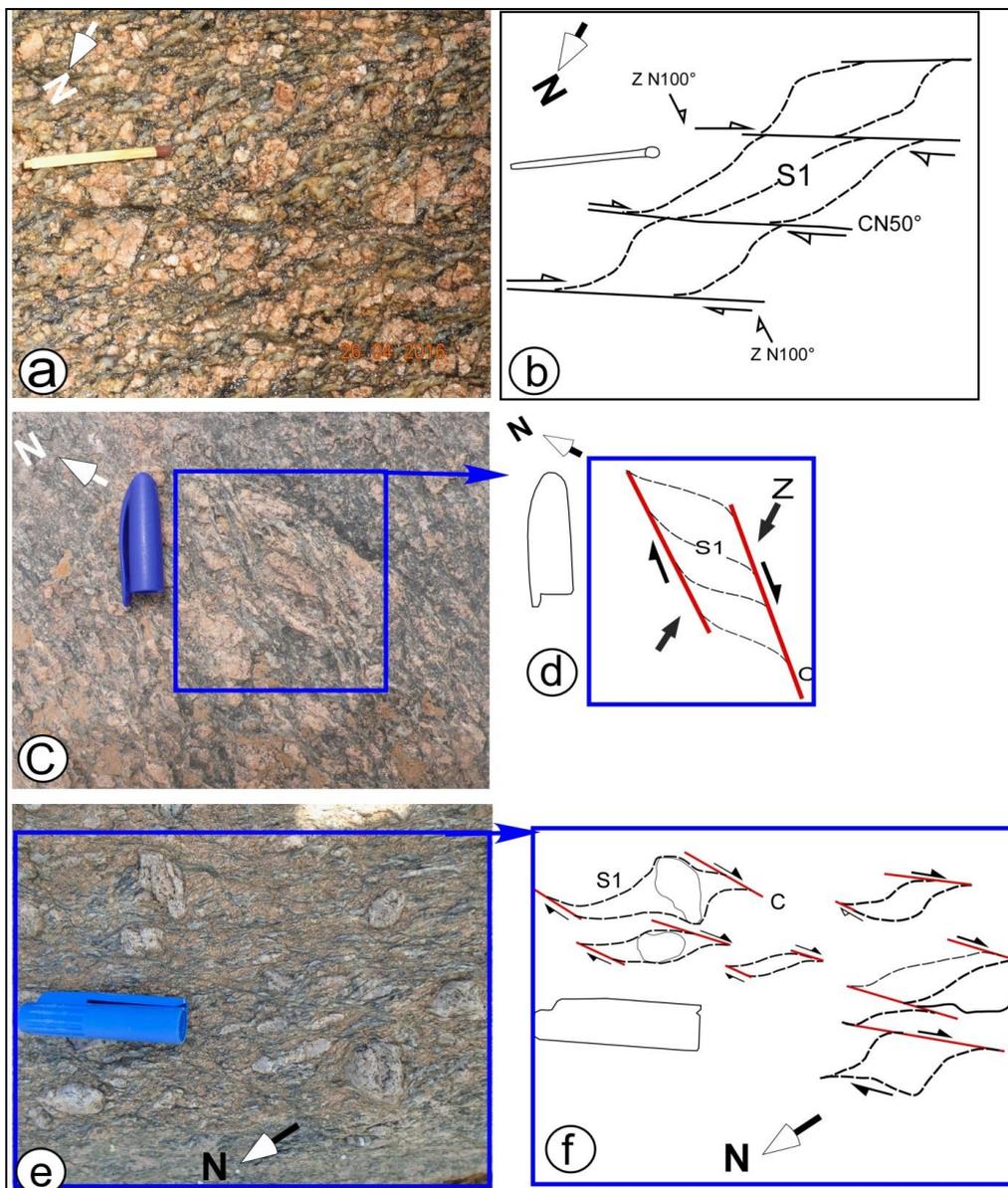


Fig. 12. Orthogneiss mylonitiques de Dan Issa-Nielwa montrant les microcouloirs de cisaillement dextre affectant les gneiss mylonitiques de Dan Issa (a), de Nielwa (c) et de Goumata Est (e). (b, d, et f): interprétations respectives de (a), (b) et (c). S: trajectoire de foliation, C: plan de cisaillement

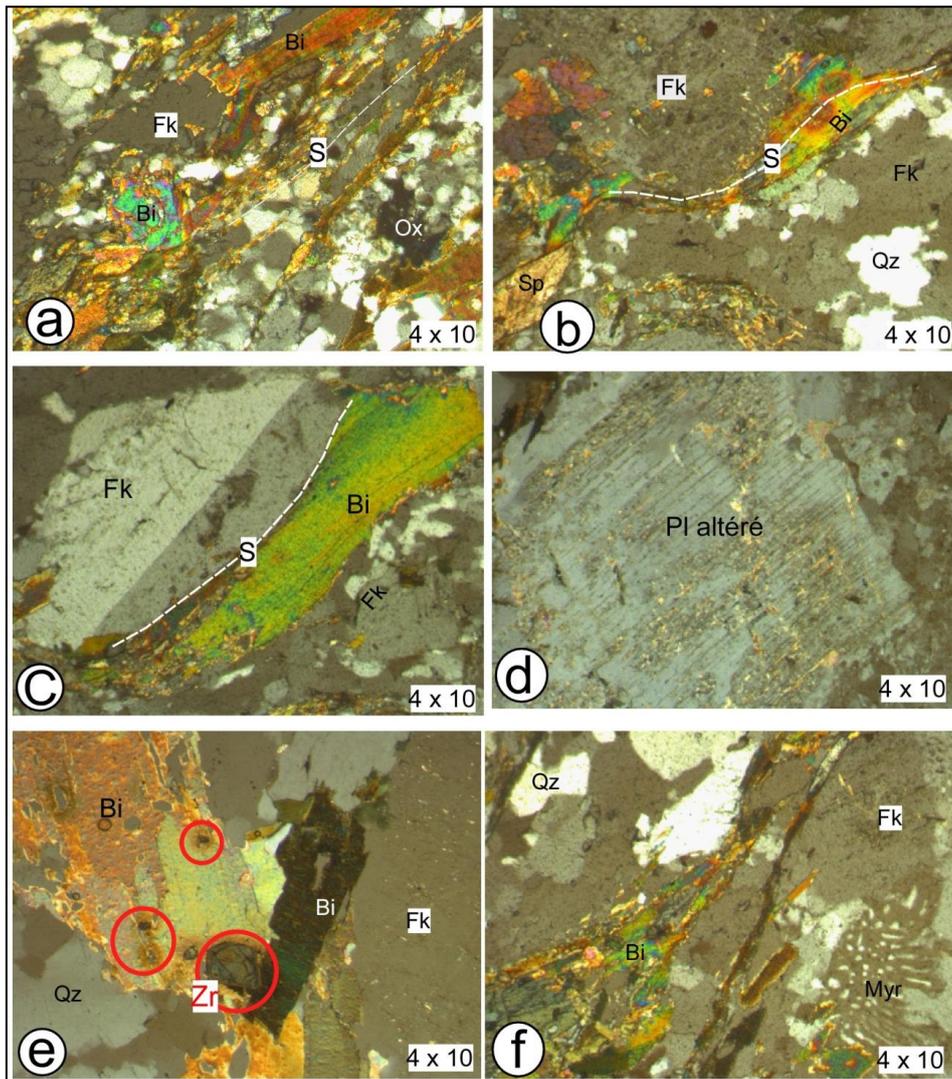


Fig. 13. Microphotographies d'orthogneiss mylonitiques de Dan Issa-Nielwa montrant l'association minéralogique et les structures de déformation mylonitique. Qz: quartz, FK: orthose, Or anté: orthose antécinématique, Bi: biotite, Sp: sphène, Myr: myrmékite, Ox: oxydes, Pl: plagioclase, Zi: zircon

4.1.4 GRANITES PORPHYRIQUES À BIOTITE

Ces types de granites affleurent au sud-ouest du village de Chirgué et de Rourouka (figs. 2 et 14), sous forme de corps intrusifs plurimétriques discontinus (fig. 14). Ils se rencontrent également dans les secteurs de Kolengué et de Kandamao (figs. 2 et 14). Macroscopiquement, ces granites, de couleur rosâtre montrent une texture grenue porphyrique soulignée par des cristaux automorphes de feldspath, de quartz et de biotite (fig. 14-a et b).

L'observation microscopique des granites porphyriques (fig. 14-c et -d) montre une association minérale comprenant du quartz (en cristaux xénomorphes à extinction roulante), de l'orthose (en macles de carlsbad perthitique), de l'albite (à macles polysynthétiques frustes), du microcline (en phénocristaux sub-automorphes à macles de type jupe écossaise), de la biotite (présentant des clivages fins suivant les sections longitudinales) et de rares paillettes de muscovite (fig. 15-c et d). La datation des granites porphyroïdes de Rourouka, par la méthode K-Ar sur roche totale a donné un âge de 508±10 Ma [5].

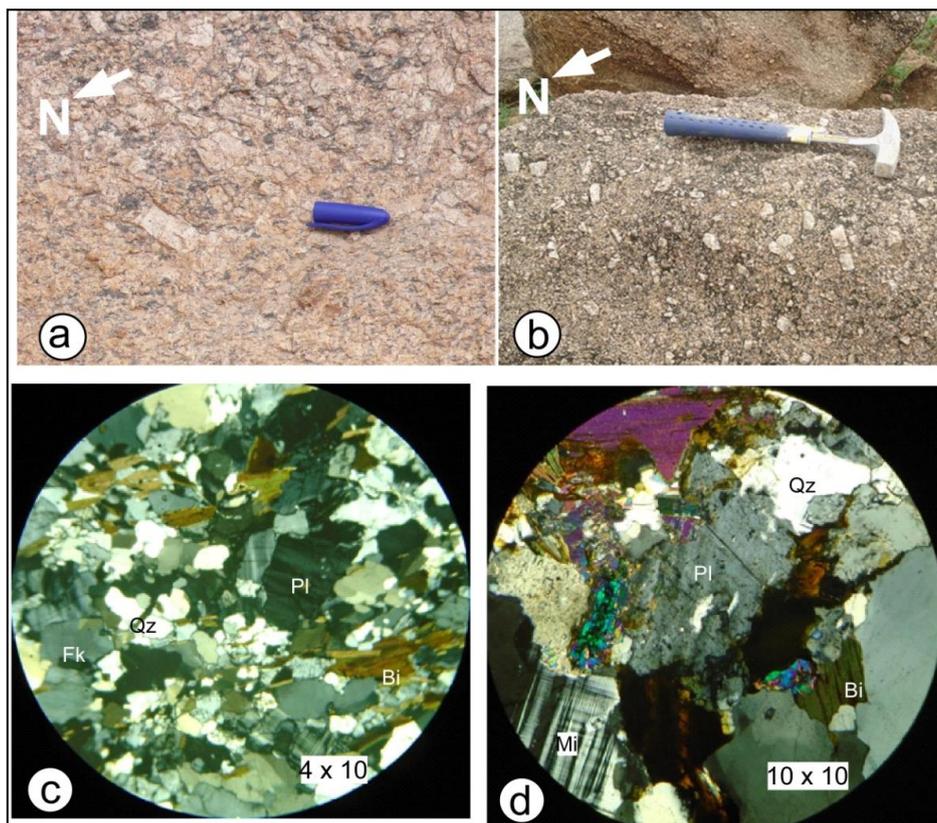


Fig. 14. (a et b): Affleurements de granites porphyriques de Nielwa à gauche et de Chirgué à droite. (c et d): Microphotographies de ces granites porphyriques. La légère orientation des paillettes de biotite (c) indiquant un litage magmatique fruste. Qz: quartz, Fk: orthose, Pl: plagioclase, Mi: microcline, Bi: biotite

5 DISCUSSION

Pendant la première période de déformation ductile à semi-ductile, à dominante coaxiale, datée entre 638 et 589 Ma, marquée par une schistosité/foliation S1 NE-SW qui a été attribuée à un raccourcissement NW-SE, les paragenèses minérales ont enregistré une évolution allant:

- (i) du faciès schiste vert (à quartz-biotite-orthose-albite-chlorite) au faciès amphibolite (paragenèse à quartz-orthose-microcline-albite-biotite-sphène);
- (ii) puis au faciès de type granulite, marquée ici par la présence de restites biotitiques indiquant les conditions de fusion partielle dans les néosomes des gneiss migmatitiques.

Pendant la deuxième période de déformation mylonitique dextre, à raccourcissement E-W, datée entre 505 ± 15 Ma et 475 ± 10 Ma, la paragenèse observée à quartz-biotite-orthose-plagioclase-sphène-zircon est de type faciès amphibolitique.

Ces résultats montrent une similitude entre les âges des gneiss migmatitiques du Sud Maradi et ceux du Nord Nigéria. En effet, Au Nigéria, le métamorphisme des gneiss migmatitiques été datés à 565 ± 5 Ma Ar-Ar sur hornblende, 589 ± 11 U-Pb et 605 ± 10 Ma sur zircons ([12]; [13]; [14] et [15]). Par ailleurs, d'après [16] le métamorphisme serait de type "high amphibolite facies". 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. En effet, [10] ont mis en évidence dans les gneiss migmatitiques du Sud-Est Nigéria un métamorphisme du haut grade de $850\text{--}890^\circ\text{C}$ et $9\text{--}10$ kbars en utilisant comme thermobaromètre l'assemblage grenat-biotite.

L'âge du métamorphisme de la ceinture de schistes de Maraka (505 ± 15 Ma, [5]) est très proche de celui de Wonaka (Nord Nigéria), $600\text{--}450$ Ma, suggéré par [17, 18]. Les schistes de Wonaka seraient une ancienne couverture néoprotérozoïque, déformée et métamorphisée dans le "green schist facies" [17, 18]. La présence des recristallisations de biotite et de chlorite (fig. 9-c, e et f) post-cinématiques dans les schistes du Sud Maradi, dénoterait un métamorphisme rétrograde du faciès

amphibolite au faciès schiste vert. Ces observations sont en accord avec celles de [10] qui ont mis en évidence les conditions d'un métamorphisme rétrograde allant de 6.8 kbar/780 °C à 3.8 kbar/590 °C dans la partie Ouest du bouclier Bénino-Nigérien.

En outre, dans le Sud Maradi, les granitoïdes panafricains ou "*Older Granites*" datés à 491±10 Ma et 475±10 Ma [5], sont représentés par des orthogneiss, à injection d'aplite et/ou de pegmatite, présentant une foliation mylonitique, d'orientation moyenne N25°. Au Nord Nigéria, ces granitoïdes panafricains présentent des âges allant de 750 à 450 Ma [19]. Ils sont représentés par des plutons de tonalite, de granodiorite, de diorite, de syénite et de charnockite généralement syn à post tectoniques, métamorphisés dans les conditions du faciès amphibolite [19]. La présence de charnockite dans la province du Nigéria suppose que le faciès granulite est localement atteint dans ces unités de granitoïdes anciens comme l'ont suggéré [10].

Une incertitude existe cependant, en ce qui concerne notamment le tracé du chemin du métamorphisme prograde et du rétro-métamorphisme, dans la mesure où les indicateurs thermo-barométriques montrent une tendance à la pérennisation du faciès amphibolite depuis la première période de déformation panafricaine jusqu'au stade de la mise en place des granitoïdes tardifs syn- à post-tectoniques.

Cette évolution métamorphique, vraisemblablement discontinue, montre une phase prograde puis rétrograde, synchrone d'une tectonique tangentielle puis transcurrente. Les augmentations de pression de 6.8 kbars à 9-10 kbars traduit un enfouissement des terrains, attribué à un épaississement crustal par empilements de nappes.

6 CONCLUSION

La prise en compte de la chronologie des assemblages minéralogiques et leur calage par rapport aux structures de déformation a permis de déterminer l'évolution des conditions thermo-barométriques du métamorphisme panafricain ayant affecté le Sud Maradi. L'évolution des paragenèses en liaison avec l'évolution thermo-barométrique montre, que la schistosité/foliation S1, synchrone de la première phase de déformation, se met en place pendant l'enfouissement associée à une anatexie. La schistosité/foliation S1 est synchrone d'un métamorphisme prograde (6.8 à 10 kbar) puis rétrograde (3.8 kbar). Ces observations sont corroborées par l'existence de plis anisopaques synchrones de la première phase de déformation et par l'existence de terrains anciens gneiss porphyroïdes ainsi que par l'existence de terrains très métamorphisés comme les gneiss migmatitiques associés à des néosomes de granites.

REFERENCES

- [1] Mignon R., Etude géologique et prospection du Damagaram Mounio et du Sud Maradi. Rapp. Bur. Rech. géol. Minière, Dir. Mines Géol., Niamey. Pp. 46-54, 1970.
- [2] Programme de renforcement et de la diversification du secteur minier au Niger (PRDSM), Ministère des Mines et de développement Industriel. 55p, 2005.
- [3] Baraou I. S., Konaté M., Ahmed Y., & Abdoul W. D., Caractérisation de la déformation du socle de la zone mobile panafricaine du Sud Maradi, Sud Niger. *Afrique Science*, 14 (1), 156-170, 2018.
- [4] Baraou S. I. and Konaté M. Kinematic evolution of the Pan-African shear zones of South Maradi, southern Niger. *Glo. J. Earth Environ. Sci*, Volume 5 (4), pages 101-116. <https://doi.org/10.31248/GJEES2020.087>, 2020.
- [5] Baraou I. S., & Konaté, M., New radiometric data from the South Maradi Pan-African formations, southern Niger. Geological Society, London, Special Publications, 502, <https://doi.org/10.1144/SP502-2019-151>, (2020).
- [6] Fati B. et Konaté M., Utilisation de la télédétection et du SIG pour la cartographie des zones minéralisées en or dans la province panafricaine du Sud est Niger (Sud Maradi et Damagaram-Mounio). *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 36 (2020) 230 – 252, 2020.
- [7] Baraou Idi S., Konaté M., Ahmed Y. & Sani A., Indices De Minéralisations En Or Dans La Province Panafricaine Du Sud Maradi (Sud Niger). *European Scientific Journal*, ESJ, 17 (21), 238, (2021).
- [8] Trompette R., Le Précambrien supérieur et le Paléozoïque inférieur de l'Adrar de Mauritanie (bordure occidentale du bassin de Taoudeni, Afrique de l'Ouest). Un exemple de sédimentation de craton. Etude stratigraphique et sédimentologique. Thèse Doct. Ès-Sci. Univ. Aix-MarseilleIII, Trav. Lab. Sci. Terre St. Jérôme, Marseille, B, 7, 702 p, 1973.
- [9] Ferré E., Gleizes G., & Caby, R., Obliquely convergent tectonics and granite emplacement in the Trans-Saharan belt of Eastern Nigeria: a synthesis. *Precambrian Research*, 114 (3-4), 199-219, 2002.
- [10] Ugwuonah E. N, T., Toshiaki E., Barth N., Petrology and phase equilibrium modeling of granulites from Obudu in the Benin-Nigerian Shield, Southeastern Nigeria: implications for clockwise P-T evolution in a collisional orogeny, *Miner Petrol* 113, 353-368, DOI: 10.1007/s00710-019-00652-4, 2019.
- [11] Passchier C. W., & Trouw R. A. J. *Microtectonics* (Second edition), Springer-Verlag, Berlin, 2005.

- [12] Van Breemen O., Pidgeon R.T. and Bowden P., Age and isotopic studies of some Pan-African granites from north-central Nigeria. *Precambrian Res.*, 4: 307–319, 1977.
- [13] Dada S.S. and Respaut J.P., La monzonite à fayalite de Bauchi (bauchite), nouveau témoin d'un magmatisme syntectonique pan-africain au nord du Nigeria. *Comptes Rendus Academie Science de Paris* 309, 887–892, 1989.
- [14] Dada S.S., Tubosun I.A., Lancelot J.R. and Lar A.U., Late Archean U–Pb age for the reactivated basement of Northeastern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences* 16, 405–412, 1993.
- [15] Ferré E. C., Gleizes G. and Caby R., Obliquely convergent tectonics and granite emplacement in the Trans-Saharan belt of Eastern Nigeria: a synthesis. *Precambrian research*, 114 199 - 219 p, 2002.
- [16] Olusiji S. A., Geology and structure of the Precambrian rocks in Iworoko, Are, and Afao Area, Southwestern, Nigeria. *International Research Journal of Natural Sciences*, 1 (1), 14-29, 2013.
- [17] Abubakar Y. I., An integrated technique in delineating structures: A Case study of the Kushaka Schist Belt Northwestern Nigeria. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2 (5), 164-173, 2012.
- [18] Ogezi A.E.O., Geochemistry and geochronology of basement rocks from north western Nigeria. Ph.D. Thesis, Leeds University, 1977.
- [19] Okonkwo C. T., & Ganey V. Y., 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 Science*, 109, 131-142, 2015.