

PREMIÈRES DONNÉES MICROSTRUCTURALES SUR LE COMPLEXE GRANITO-MIGMATITIQUE DE LA RÉGION DE NIKKI, NE-BÉNIN

P. AFFATON., M. S. TAIROU., C. TOSSA., D. CHALA AND M. KWEKAM

(Received 29 April 2013; Revision Accepted 17 June 2013)

RÉSUMÉ

L'ensemble lithostructural de Nikki, au NE-Bénin, appartient à la zone interne de la chaîne panafricaine des Dahomeyides. Il correspond à un complexe réunissant des faciès d'orthogneiss granodioritiques, des migmatites et quelques intrusions granitiques associées. Les microstructures analysées, pour la première fois, dans ces ensembles lithologiques permettent de reconstruire cinq phases de déformation marquant la remobilisation panafricaine du bouclier bénino-nigérian. Cette tectogenèse débute avec le développement de la foliation S_n associée à la phase de collision (D_n) entre le bouclier bénino-nigérian et la marge orientale du craton ouest-africain. La foliation principale (S_{n+1}) est attribuée à la phase majeure D_{n+1} qui induit la transposition du plan S_n et la refonte des paragenèses syn- D_n dans les conditions du faciès amphibolite. La phase de déformation D_{n+2} est surtout matérialisée par le plan de cisaillement dextre C_{n+2} assez pénétratif à l'échelle de l'affleurement. La phase de déformation D_{n+3} se traduit par la superposition d'un plan de cisaillement senestre C_{n+3} . Les marqueurs de déformation cassante composent deux systèmes de familles de décrochements attribués aux épisodes tardi- D_{n+3} et syn- D_{n+4} . Ces systèmes de décrochements indiquent des axes de paléocontraintes de compression majeure respectivement ESE-WNW et SE-NW à SSE – NNW.

Mots clés : Bénin, Panafricain, Dahomeyides, zone interne, microstructures

ABSTRACT

Preliminary Microstructural Data on the Granito-Migmatitic Complex of Nikki region, NE-Benin

The Nikki lithostructural suite in northeastern Benin belongs to the internal zone of the Pan-African Dahomeyide belt. It corresponds to a complex composed of granodioritic orthogneiss and magmatites associated with a few granitic intrusions. The microstructures analyzed for the first time in this complex has led to the reconstruction of five deformation phases marking the Pan-African remobilization of the Benino-Nigerian shield. This tectogenesis begins with the development of the S_n foliation associated with the collision between the Benino-Nigerian shield and the eastern margin of the West African craton (D_n phase). The principal foliation (S_{n+1}) is attributed to the major D_{n+1} phase which led to the transposition of the S_n plane and recasting of the S_n - D_n parageneses under amphibolites facies conditions. The D_{n+2} deformation phase is well expressed by the C_{n+2} dextral shear plane which is penetrative at outcrop scale. The D_{n+3} deformation phase is expressed by the superposition of a C_{n+3} sinistral shear plane. The markers of brittle deformation consist of families of strike-slip faults attributed to late D_{n+3} and syn- D_{n+4} events. These systems of strike-slip faults indicate major compressive paleostress axes trending ESE-WSW and SE-NW to SSE-NNW respectively.

KEY WORDS: Benin, Pan-African, Dahomeyide, Internal Zone, Microstructures

INTRODUCTION

La présente analyse des marqueurs de tectogenèse panafricaine (600 ± 50 Ma) concerne précisément le complexe granito-migmatitique de la région de Nikki, au NE-Bénin (fig. 1). L'ensemble lithostructural de Nikki appartient aux unités internes de la chaîne des Dahomeyides (Affaton et al., 1991). Limité à l'Ouest par le complexe de la zone axiale de la « Faille de Kandi », il se distingue par des directions structurales NE-SW à ENE-WSW, non conformes à l'allure subméridienne des unités occidentales des Dahomeyides.

P. Affaton, CEREGE – UMR 7330 CNRS, Aix Marseille Université, BP 80 Europôle Méditerranéen de l'Arbois, 13545 Aix-En-Provence cedex 04, France

M. S. Tairou, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé, BP 1515 Lomé, Togo

C. Tossa, Ministère des Recherches Pétrolières et Mines, 01 BP 249 OBRGM Cotonou, Bénin

D. Chala, Ministère des Recherches Pétrolières et Mines, 01 BP 249 OBRGM Cotonou, Bénin

M. Kwekam, Département des Sciences de la Terre, Université de Dschang, BP 67 Dschang, Cameroun

A l'image de tout le bouclier bénino-nigérian, les caractéristiques structurales du complexe de Nikki restent non définies ou très sommairement connues (Affaton et al., 1978 ; 1991). En particulier, les différentes phases de déformation enregistrées ne sont pas identifiées et caractérisées comme dans les unités frontales occidentales (Affaton, 1990 ; Tairou, 2006 ; Tairou et al., 2007). Des relevés de microstructures récemment effectués dans le Nord-Bénin permettent d'amorcer l'identification des marqueurs de tectogenèse au sein du métacraton bénino-nigérian. Cette contribution préliminaire rentre ainsi dans le cadre de la recherche du modèle d'implication de ce métacraton dans l'édification de l'orogène des Dahomeyides.

Cadre géologique

La chaîne panafricaine des Dahomeyides (fig. 1) résulte d'un long processus de convergence ayant abouti à la collision entre le bouclier bénino-nigérian et la marge sud-orientale du craton ouest-africain, à la fin du Néoprotérozoïque (Caby, 1989 ; Affaton et al., 1991 ; Attoh et al., 1997). Ce segment méridional de l'orogène transsaharien comprend, dans sa partie frontale, un chapelet subméridien de massifs basiques à ultrabasiques matérialisant la zone de suture (fig. 1). Ce chapelet délimite la zone externe, à l'Ouest, et la zone interne, à l'Est.

Les unités de la zone externe des Dahomeyides sont structurées en piles de nappes et d'écaillés charriées vers l'Ouest, sur le bassin des Volta (Simpara et al., 1985 ; Affaton et al., 1991 ; Tairou, 2006). Les nappes les plus externes sont constituées de métasédiments variés (grès-quartzites, hématitites, métasilexites, schistes, métaconglomérats et métadiamictites) qui sont les équivalents latéraux et tectono-métamorphiques des mégaséquences inférieure et moyenne du bassin des Volta (Simpara, 1978 ; Affaton et al., 1980). Ce sont ces nappes qui composent les unités structurales du Buem et de l'Atacora (fig. 1) et supportent tectoniquement les nappes des unités orthogneissiques externes (unité de Kara-Niamtougou ; unité de Kpalimé-Amlamé ou Ho ; Tairou et al., 2009 ; Agbossoumondé et al., 2007). Ces dernières sont considérées comme des témoins du substratum éburnéen (2000 ± 200 Ma) largement remobilisé par la thermo-tectonique panafricaine (Caen-Vachette et al., 1979 ; Kalsbeek et al., 2012).

Les massifs de la zone de suture (dont les plus connus sont ceux de Dérouvarou, Kabyè-Kpaza, Djabatouré-Anié, Agou-Ahito et Shai ou Akuse ; fig. 1) sont identifiés comme des ensembles de nappes éclogitiques à granulitiques charriées sur les unités

externes (Tairou, 2006 ; Sabi, 2007). Ils sont constitués de granulites variées et parfois d'éclogitoïdes, associées à des métasédiments (micaschistes, quartzites et gneiss à grenat et disthène), des lambeaux de pyroxénites et de carbonatites, et à des équivalents rétro-morphiques (amphibolites, talcschistes et serpentinites ; Agbossoumondé, 1998 ; Attoh et Nude, 2008). Ces massifs représentent des témoins du processus subduction-collision dans les Dahomeyides (640 – 610 Ma ; Affaton et al., 2000 ; Agbossoumondé et al., 2004 ; Ducleaux et al., 2006 ; Attoh et al., 2007).

La zone interne des Dahomeyides correspond à la portion méridionale du métacraton transsaharien (Abdelsalam et al., 2002). Il s'agit de l'ensemble sur lequel s'établit la vaste pénéplaine dite bénino-nigériane. Son front occidental chevauchant est grossièrement délimité par le chapelet de massifs de la zone de suture (fig. 1). Cette portion de métacraton est constituée d'un complexe de base gneisso-migmatitique, portant des ceintures métavolcano-sédimentaires et plus ou moins envahi par des granitoïdes d'âge panafricain (Caen-Vachette, 1975 ; Rahaman et al., 1988 ; Affaton et al., 1991). A l'image de son équivalent septentrional (Hoggar central et oriental), le métacraton bénino-nigérian comporte de nombreux couloirs majeurs de cisaillement généralement subméridiens. Ces couloirs tel que celui de la « Faille de Kandi » (fig. 1), ont joué un rôle déterminant dans le processus de structuration des Dahomeyides (Ngako, 1999 ; Tairou et al., 2007).

Les études structurales des unités frontales des Dahomeyides, ont mis en évidence cinq phases de tectogenèse panafricaine dénommées Dn à Dn+4 (Affaton, 1990 ; Tairou, 2006). La phase Dn serait pénécotemporaine de la collision entre la plaque chevauchante du bouclier bénino-nigérian et la bordure orientale du craton ouest-africain. Elle est matérialisée par la foliation Sn et datée de 612,5 ± 0,8 Ma dans les granulites du Massif Kabyè (Affaton et al., 2000). La déformation Dn+1 est considérée comme une phase de structuration majeure, avec la mise en place des nappes à vergence Ouest. Elle se traduit par une rétro-morphose soulignée par les paragenèses de la foliation principale ou régionale (Sn+1). A cette phase tangentielle Dn+1 se sont superposées trois phases de plissement post-nappe (Dn+2 à Dn+4). Ces derniers plissements sont responsables de l'implication de la foliation Sn+1 dans des structures antiformes et synformes bien caractérisées au sein de l'unité structurale de l'Atacora (Tairou, 2006).

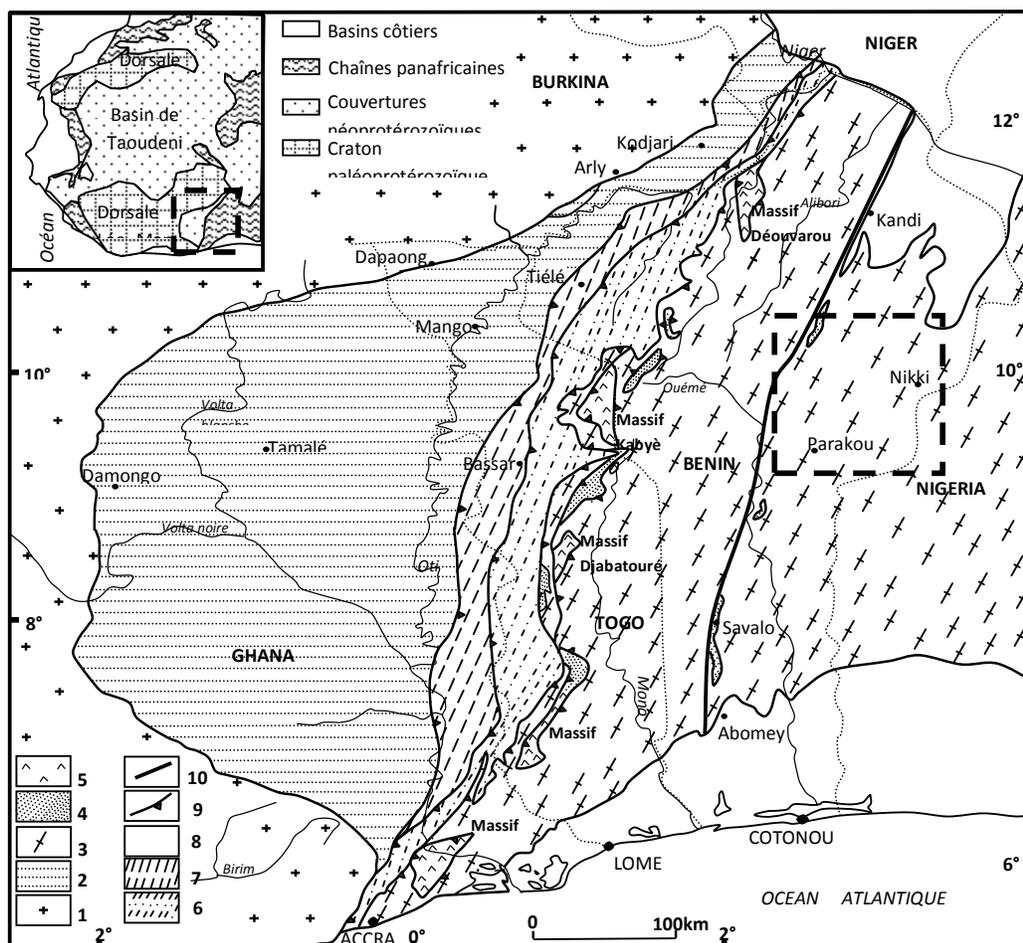


Fig. 1: Cadre géologique régional incluant le secteur de Nikki. 1 = substratum éburnéen de la dorsale de Léo-Man ; 2 = couverture néoproterozoïque du bassin des Volta ; 3 = unités gneisso-migmatitiques internes et externes ; 4 = quartzites micacés à disthène ; 5 = massifs basiques et ultrabasiques de la zone de suture ; 6 = Unité structurale de l'Atacora ; 7 = Unité structurale du Buem ; 8 = bassins paléozoïques à cénozoïques de Kandi et du golfe de Guinée ; 9 = contact de charriage ; 10 = zone mylonitique de la « Faille de Kandi ».

Caractéristiques lithologiques du complexe de Nikki

Sur le plan lithologique, le complexe de Nikki peut être considérée comme une portion de socle gneisso-migmatitique associant quelques intrusions granitiques. Le complexe est charrié vers l'Ouest, sur l'ensemble de la zone axiale de la « Faille de Kandi » et s'ouvre vers l'Est sur le territoire nigérian (fig. 2).

Dans son ensemble, le complexe de Nikki est constitué de faciès variés d'orthogneiss et de migmatites. Ses orthogneiss sont mésocrates, à structure très orientée, avec des porphyroblastes millimétriques à centimétriques étirés dans la foliation. Ils ont une composition granitique à granodioritique, avec essentiellement du quartz, des feldspaths, de la biotite et parfois de l'amphibole. Ces roches présentent de rares enclaves biotitiques nettement transposées dans la foliation S_{n+1} . Elles sont aussi associées à des métapegmatites parfois assez particulières, avec une structure orbiculaire définie par des porphyroblastes centimétriques de feldspaths orientés NE-SW au sein d'une matrice fine et plus ou moins abondante (fig. 3a). Ces porphyroblastes portent souvent une large couronne de recristallisation (fig. 3b). D'autres métapegmatites correspondent à des anciens filons généralement NE-SW (N40 à N55) et montrent plutôt une structure cataclastique, avec des cristaux de quartz et feldspaths fracturés.

A l'échelle microscopique, les orthogneiss sont caractérisés par une texture à nombreux porphyroclastes de microcline, de plagioclases et de quartz enrobés dans un fond granoblastique très orienté, peu abondant et essentiellement à quartz, plagioclases et biotite (fig. 3c). Cette dernière semble souligner la foliation principale (S_{n+1}), mais elle se retrouve aussi dans le plan de cisaillement dextre (C_{n+2}). Elle est accompagnée de minéraux d'apparence post-tectonique que sont le sphène, la pistachite, la muscovite et la magnétite (fig. 3d). La hornblende verte apparaît en reliques dans la foliation principale (S_{n+1}) et recouverte de biotite (fig. 3d).

Les affleurements migmatitiques sont caractérisés par une grande hétérogénéité qui consiste en une association d'orthogneiss méso- à mélanocrates et de métagranites leucocrates (fig. 4a). L'ensemble est parcouru par des filons granitiques, aplitiques ou pegmatitiques plus ou moins tardifs (fig. 4b). Dans toutes ces roches, l'orientation minérale indique que la différenciation des faciès est antérieure au développement de la foliation principale S_{n+1} . Les métagranites sont de couleur gris clair à rose et de composition essentiellement quartzo-feldspathique. Comme les faciès sombres, ils sont nettement orientés et contiennent de petites enclaves lenticulaires d'orthogneiss.

Certains affleurements sont constitués par de véritables anatexites. Ils sont assez homogènes et composés de leucogranites à grain moyen ou grossier, peu orientés et associés à de rares enclaves sombres.

En lame mince, les faciès granodioritiques sont comparables aux orthogneiss mentionnés plus haut. Dans les faciès les plus micacés, la biotite domine la hornblende verte et souligne la superposition d'une schistosité de flux (S_{n+2}) à la foliation principale (fig. 4c). Une abondante recristallisation de porphyroblastes

subautomorphes de pistachite, zoïsite, muscovite, sphène et magnétite caractérise aussi ces orthogneiss. Il s'agit de minéraux de recristallisation post-tectonique marquant un épisode de rétro-morphose tardive.

Les intrusions granitiques s'individualisent comme de vastes plutons dont les affleurements sont massifs ou souvent chaotiques et renferment des enclaves décimétriques à métriques et de véritables septa de gneiss ou de migmatites. Ils sont traversés par de nombreux filons ou fentes de génération et d'orientation variées. Ces intrusions se composent de leucogranites à structure orientée ou équante. A première vue, on peut ainsi distinguer : les granites orientés ou tardi-tectoniques (type granite de Parakou) et les granites non orientés ou granites « post-tectoniques » (type granite de Serikali). Le premier est d'un blanc plus ou moins moucheté. Il montre de nombreux porphyroblastes millimétriques à centimétriques de feldspaths orientés dans les directions NNE-SSW (N15) à NE-SW (N60). L'orientation des cristaux de feldspath est localement associée à une rotation antihoraire liée au développement d'un plan de cisaillement senestre (C_{n+3}) subméri-dien à NE-SW (fig. 4d). Ce plan apparaît souvent souligné par une recristallisation de biotite. Les faciès de granite non orienté sont gris clair à roses, à grain fin à grossier et particulièrement riches en feldspath potassique.

Tectogenèse panafricaine dans le complexe de Nikki

Les éléments structuraux relevés dans le secteur de Nikki sont des marqueurs de déformation ductile ou cassante matérialisant cinq phases de tectogenèse panafricaine. On y distingue nettement :

- un plan S_n , dû à la phase D_n et qui se retrouve généralement masqué ou oblitéré par transposition dans la foliation principale S_{n+1} ;
- une foliation S_{n+1} , responsable de la structuration de l'ensemble des faciès ; cette forte empreinte, attribuée à la phase tangentielle D_{n+1} , est associée à des linéations minérales ou d'étirement L_{n+1} ;
- une foliation ou schistosité de flux S_{n+2} , associée aux plis P_{n+2} et qui est syngénétique d'un plan pénétratif de cisaillement dextre (C_{n+2}) ; ces marqueurs sont attribués à la phase de déformation D_{n+2} ;
- un plan de cisaillement senestre (C_{n+3}), syn- D_{n+3} et généralement non pénétratif ;
- des plans de fractures tardives, correspondant généralement à des décrochements et probablement liés aux phases panafricaines tardives (D_{n+3} et D_{n+4}).

Marqueurs de déformation ductile

La foliation S_{n+1} est omniprésente dans tous les faciès rocheux à l'exception des filons et intrusions granitiques tardifs. Elle confère aux roches tous leurs aspects architecturaux. Ce plan se définit dans les directions NE-SW (N55 à N65) à E-W (N80 à N95), avec des pendages assez variables (fig. 5). Il porte une linéation minérale ou d'étirement L_{n+1} , NNE-SSW à NE-SW et subhorizontale ou plongeant faiblement vers

le Sud ou le Sud-Ouest (fig. 5). Le plan principal S_{n+1} correspond à une forte empreinte superposée à une foliation antérieure (S_n) qui se dessine discrètement dans les enclaves et boudins de gneiss comme un plan nettement transposé ou légèrement discordant. Il est aussi repris par la phase subséquente D_{n+2} . Cette reprise est peu matérialisée par des plis P_{n+2} . De fait, la déformation D_{n+2} est surtout soulignée par le plan de cisaillement dextre C_{n+2} qui apparaît pénétratif dans certains affleurements d'orthoigneiss, comme celui de Pèrèrè (N09°47'48.0" - E02°59'46.5"). Généralement, ce plan se retrouve dans des directions NE-SW (N40 à N65) et sa régularité confère parfois aux orthoigneiss un débit en microlithons d'épaisseur centimétrique, avec des microplis d'entraînement à axes subverticaux ou à fort plongement sud-ouest (fig. 5 et 6a).

Un régime de cisaillement senestre syn- D_{n+3} se retrouve remarquablement inscrit dans les ensembles lithologiques. Il est matérialisé par le plan C_{n+3} subméri dien (N10 à N25). Contrairement au plan C_{n+2} , l'empreinte du cisaillement tardif (C_{n+3}) est irrégulière et non pénétratif à l'échelle de l'affleurement. Elle se distingue comme de petites zones d'épaisseur centimétrique et soulignées par une mylonite grise (fig. 6b et c) et superposées aux structures antérieures. Les plans C_{n+3} sont parfois associés à des remplissages de quartz plus ou moins déformés par le mouvement cisailant. Enfin, il convient d'attribuer à la phase D_{n+3} les structures synformes et antiformes dont les traces axiales NE-SW à ENE-WSW sont dessinées dans la synthèse cartographique d'Affaton et al. (1978).

Marqueurs de déformation cassante

Les matériaux du secteur de Nikki portent aussi des marques d'une tectonique cassante panafricaine matérialisée par de nombreux plans de décrochement. L'analyse chronologique permet de distinguer essentiellement deux générations de fractures comparables à celles attribuées aux phases tardives de tectogenèse panafricaine dans les Dahomeyides au Nord-Togo et au SE-Ghana (Tairou et al., 2007 ; 2012). Dans le cadre de la présente analyse préliminaire, environ 200 plans de décrochement conjugués ont été relevés sur 5 sites faillés (fig. 2). Après un dépouillement stéréographique manuel de ces plans, complétant la caractérisation géométrique des stries, l'analyse des familles de décrochement conjuguées, par la méthode informatique de calcul de tenseur de contraintes (Angelier, 1990) a permis d'obtenir, pour une première fois, des indications d'axes de paléocontraintes panafricaines dans le Nord-Bénin (tabl. 1).

Les décrochements syn- D_{n+3}

Les miroirs des décrochements les plus anciens, probablement dus à la phase de déformation D_{n+3} , sont généralement recouverts d'un tapis de recristallisation souvent biotitique auquel se superpose une nette striation subhorizontale (fig. 6d et e). Le tapis de biotite apparaît parfois verdâtre par chloritisation secondaire. Ce type de plans subverticaux compose un système de deux familles de décrochement conjuguées (fig. 7a et b), avec des plans dextres qui se retrouvent dans les directions NE-SW à E-W (N65 à N90) et des plans senestres définis dans les directions SE-NW

(N120 à N145). Ces familles de décrochement sont indicateurs d'une compression à axe principal σ_1 subhorizontal et de direction N100 à N110 (tabl. 1 et fig. 7a et b).

Les décrochements tardifs ou syn- D_{n+4}

Les fractures de la génération D_{n+4} semblent plus représentées sur les sites faillés étudiés. Leurs miroirs sont caractérisés par une recristallisation peu abondante. Cette dernière réunit, en particulier sur les miroirs développés dans les granites, du mica blanc et du quartz accompagnés de chlorite et de minéraux fibreux. Ce système de décrochement apparemment récent compose des plans N100 à N120 dextres et N160 à N190 senestres. L'analyse de ce système donne un tenseur de contrainte de compression, avec σ_1 subhorizontal et de direction SE-NW à SSE-NNW (N140 à N160 ; tabl. 1 et fig. 7c et d).

Evolution tectono-métamorphique

Les ensembles pétrographiques du complexe de Nikki témoignent d'une remobilisation générale panafricaine : celle-ci consiste en une large migmatisation accompagnée d'une tectogenèse en cinq phases. A l'échelle de l'affleurement, il est évident que la migmatisation est antérieure au développement de la foliation principale (S_{n+1}). Le processus de migmatisation peut être associé à la phase de collision entre la plaque bénino-nigériane et la marge orientale du craton ouest-africain. Il serait donc pénécotemporain de la phase de granulitisation dans les massifs de la zone de suture (Affaton et al., 2000 ; Agbossoumondé et al., 2004). La signature structurale de cette ultime étape de convergence (D_n) correspond à la foliation S_n qui se retrouve masquée ou quasi oblitérée au cours de la phase subséquente D_{n+1} . Ainsi, cette marque transparait discrètement, avec une paragenèse quartzo-feldspathique entièrement réorientée et refondue dans la foliation principale S_{n+1} . La phase de déformation D_{n+1} peut se définir comme un épisode de structuration majeure du complexe de Nikki. Elle est matérialisée par la foliation principale S_{n+1} associée à une forte linéation minérale ou d'étirement L_{n+1} . Les empreintes syn- D_{n+1} sont soulignées par une paragenèse à hornblende verte pouvant traduire une rétro-morphose à faciès amphibolite. La foliation S_{n+1} est reprise par la phase de déformation D_{n+2} correspondant essentiellement au développement d'une grossière schistosité de flux S_{n+2} et surtout d'une famille de plans de cisaillement dextre C_{n+2} . Ces plans S_{n+2} et C_{n+2} sont généralement soulignés par une recristallisation de biotite permettant d'associer à la phase D_{n+2} un second épisode de rétro-morphose.

Le plan de cisaillement senestre C_{n+3} est attribué à la phase D_{n+3} . Cette structure tardive est non pénétrative et soulignée par une paragenèse à fins cristaux de quartz, chlorite et magnétite permettant de lui associer une rétro-morphose à faciès schiste vert. Dans l'ensemble des roches du complexe de Nikki, la rétro-morphose syn- D_{n+3} est accompagnée d'une recristallisation d'apparence post-tectonique représentée par des porphyroblastes d'épidote, de muscovite, de magnétite et de sphène. Cette dernière

recristallisation serait liée aux effets thermiques de la mise en place des plutons granitiques plus ou moins tardifs (Castaing et al., 1993). Elle semble donc clôturer l'évolution métamorphique des ensembles lithologiques du complexe de Nikki.

A la fin de la phase de déformation Dn+3, les matériaux granito-migmatitiques de Nikki ont enregistré un premier

épisode de fracturation matérialisé par un système de décrochements indiquant un axe majeur de compression σ_1 N100 à N110 (fig. 7a et b). Les marqueurs du second épisode de fracturation, attribué à la phase de déformation Dn+4 ne sont représentés que par des décrochements tardifs résultant d'une compression à axe majeur σ_1 SE-NW à SSE-NNW (fig. 7c et d).

Site		Coordonnées		Rt	Np	σ_1 (D-P)	σ_2 (D-P)	σ_3 (D-P)
		Latitude	Longitude					
1	Serikali	N09°54'14.9"	E03°03'03.3"	Gr	23	137-05	235-61	44-29
2	Est-Nikki	N09°55'36.6"	E03°13'23.2"	OG	18	99-07	244-82	09-05
3	Ouest-Tchikandu	N09°52'00.6"	E03°20'31.6"	M	33	151-01	267-87	61-02
4	NE-Parakou	N09°36'10.4"	E02°57'53.8"	GM	13	106-00	14-77	196-13
					20	337-03	74-67	246-23
5	Sud-Parakou	N09°17'11.7"	E02°34'51.2"	Gr	12	103-03	249-86	13-02

Tableau 1 : synthèse des résultats de l'analyse des plans de décrochement relevés sur les sites faillés étudiés dans le complexe granito-migmatitique de Nikki. Le tableau résume, pour chaque site, les coordonnées géographiques, le type de roche (Rt) fracturée (Gr = granite, OG = orthogneiss, GM = gneiss migmatitiques, M = migmatites), le nombre de plans (Np) et les direction et plongement (D-P) des axes de contraintes principales (σ_1 , σ_2 , σ_3) obtenus.

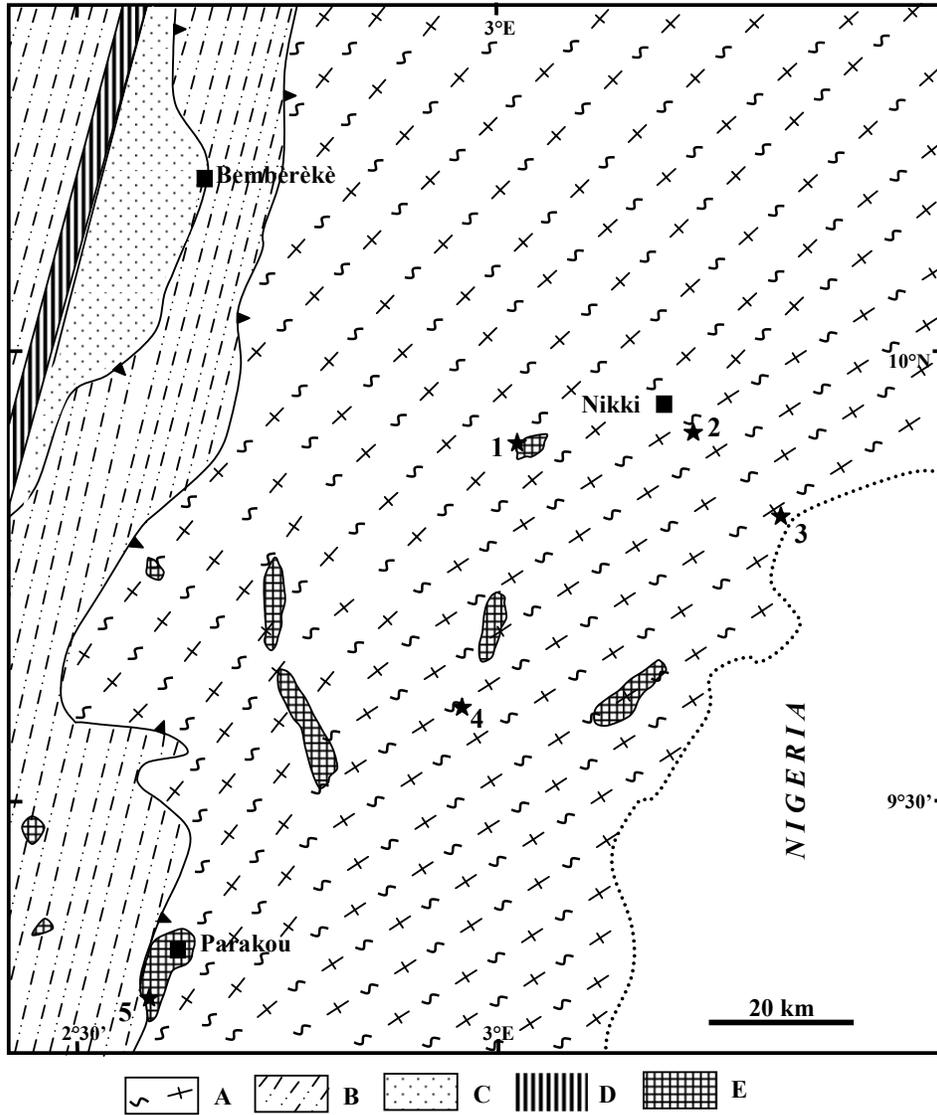


Fig. 2 : Esquisse de carte géologique du secteur de Nikki, avec situation des sites faillés étudiés (1 = Serekali, 2 = Est-Nikki, 3 = Ouest-Tchikandu, 4 = NE-Parakou, 5 = Sud-Parakou) : A – unité du complexe granito-migmatitique de Nikki, B – unité du complexe de la zone axiale de la « Faille de Kandi », incluant les quartzites micacés à disthène de Bembèrèkè (C) et les faciès mylonitiques (D) de la zone de cisaillement (« Faille de Kandi »), E – intrusions granitiques.

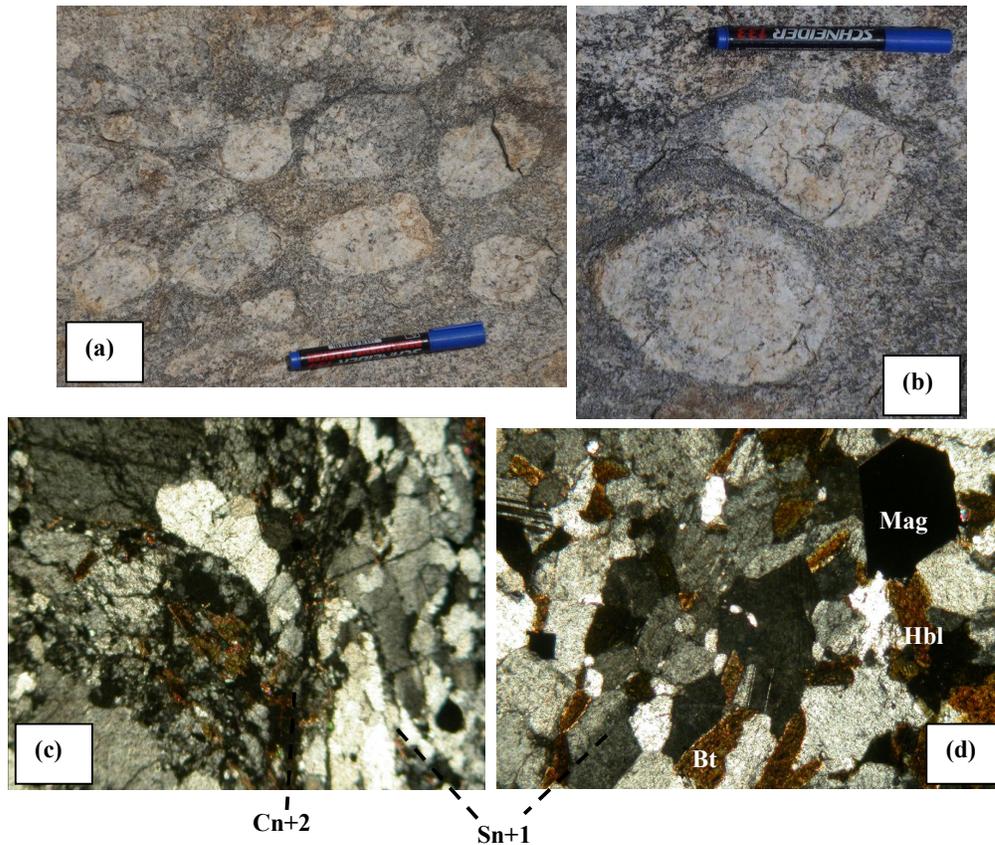


Fig. 3 : Caractéristiques structurales et microstructurales des faciès orthogneissiques du complexe de Nikki (a) – orthogneiss à structure orbiculaire, avec des porphyroblastes centimétriques à décimétriques de feldspaths plus ou moins étirés dans la direction NE-SW ; (b) – détail sur des porphyroblastes montrant la structure interne à couronne de recristallisation ; (c) et (d) - microtextures des orthogneiss montrant la foliation principale (S_{n+1}) recoupée par le plan de cisaillement dextre (C_{n+2}).

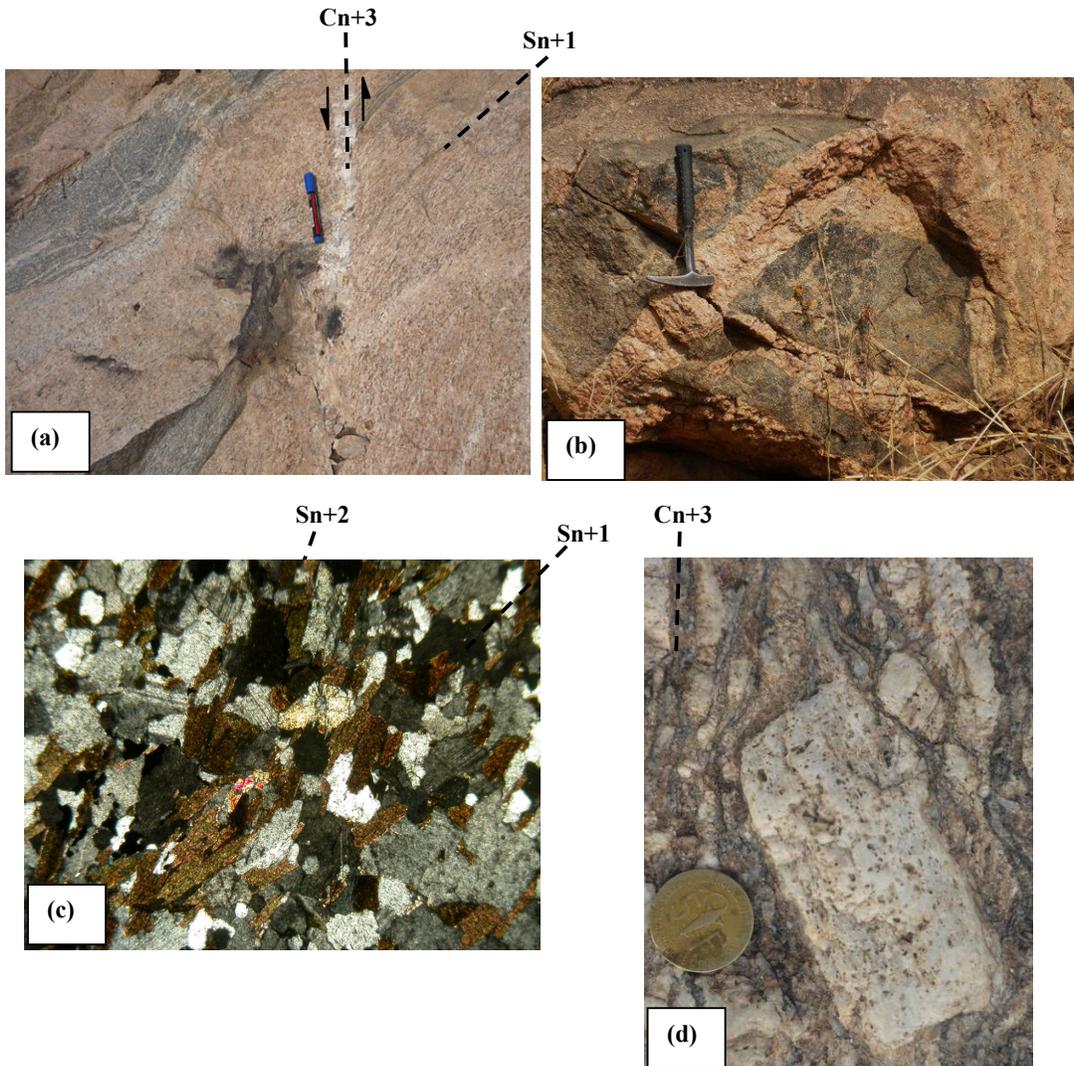


Fig. 4 : Caractéristiques pétrostructurales des migmatites et granites orientés du complexe de Nikki (a) – association d’orthogneiss granodioritique sombre et de méta granite rose structurée par la foliation Sn+1 (N70) recoupée par le plan de cisaillement senestre (N20) ; (b) – association d’enclaves de gneiss et de métapegmatites à tourmaline ; (c) – microtexture d’orthogneiss granodioritique montrant la superposition des foliations ou schistosités de flux Sn+1 et Sn+2 ; (d) - structure du granite de Parakou, avec des porphyroblastes centimétriques de feldspaths orientés et un plan de cisaillement senestre Cn+3 de direction N35.

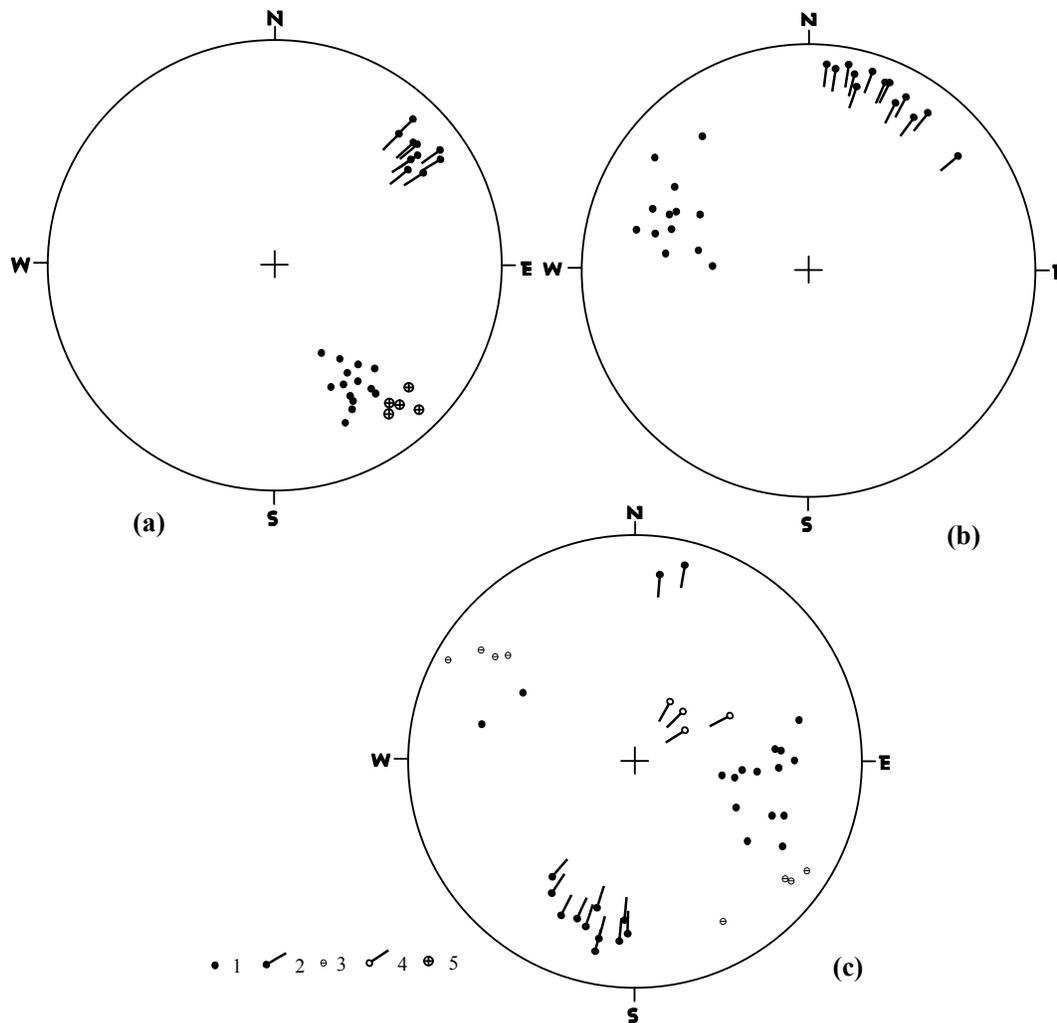


Fig. 5 : Stéréogrammes de synthèse des éléments structuraux relevés sur les affleurements orthogneissiques du complexe de Nikki. (a) - site Est-Nikki ($N09^{\circ}55'36.6'' - E03^{\circ}13'23.2''$), (b) - site NE-Parakou ($N09^{\circ}36'10.4'' - E02^{\circ}57'53.8''$), (c) - site Derassi ($N10^{\circ}10'12.7'' - E03^{\circ}16'07.5''$) : 1 - pôle du plan de foliation principale S_{n+1} ; 2 - pôle de linéation minérale ou d'étirement L_{n+1} ; 3 - pôle du plan de cisaillement dextre C_{n+2} ; 4 - pôle d'axe de pli d'entraînement P_{n+2} ; 5 - pôle du plan de cisaillement senestre C_{n+3} .

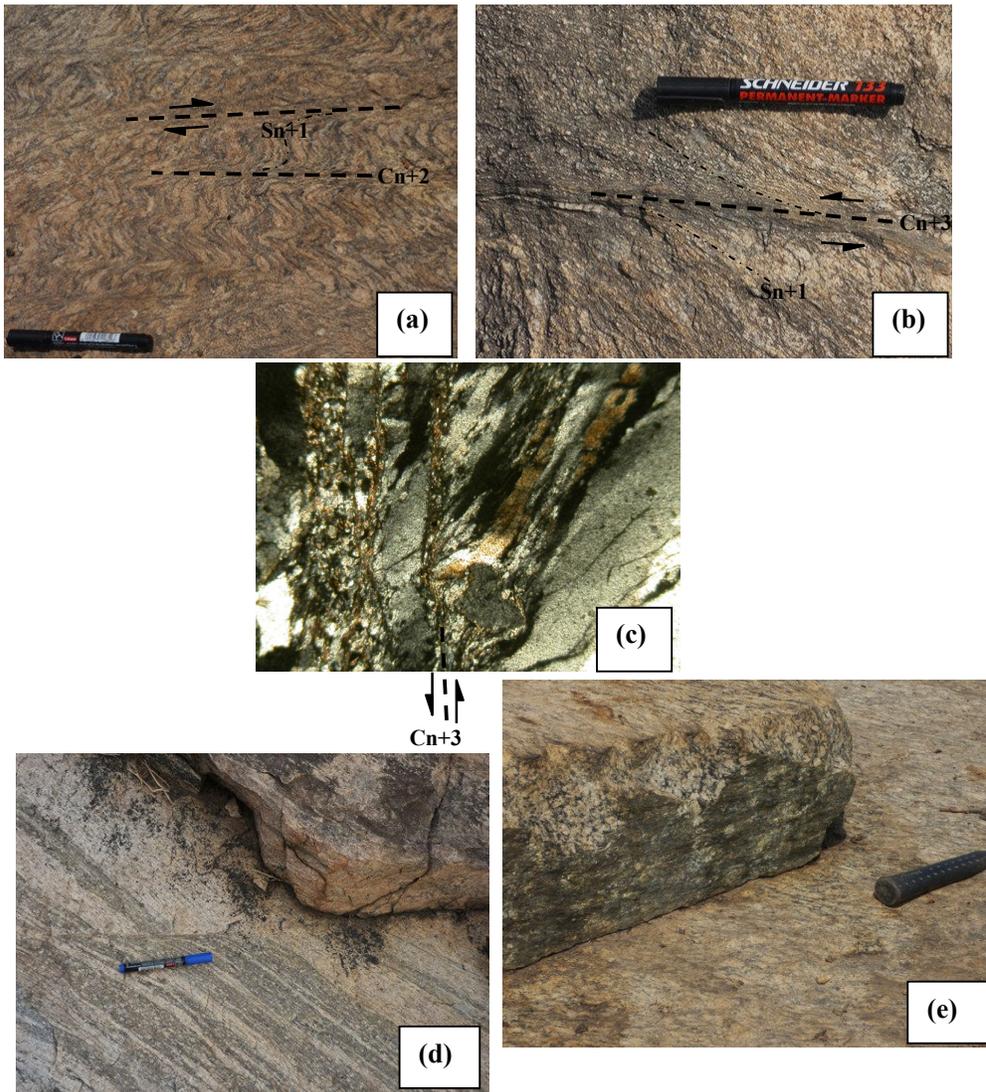


Fig. 6 : Principaux marqueurs de déformation panafricaine dans les orthogneiss et les migmatites du complexe de Nikki: (a) – plan de cisaillement dextre (Cn+2) N35 à N45 pénétratif, débitant la roche en « microlithons », avec des microplis d'entraînement dessinés par la foliation Sn+1 ; (b) – plan de cisaillement senestre (Cn+3) N15 superposé au plan Cn+2 ; (c) – microphotographie montrant la texture mylonitique du faciès soulignant le plan Cn+3 en (b) ; (d) et (e) - miroirs de décrochements senestres syn-Dn+3 avec des recristallisations de quartz (d) et de biotite (e).

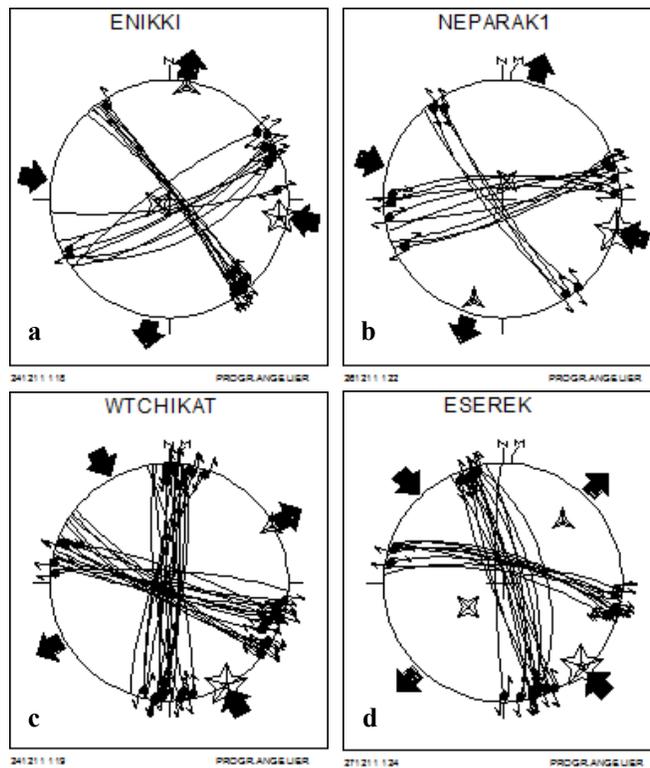


Fig. 7 : Stéréogrammes d'analyse des plans striés matérialisant les phases de déformation Dn+3 (a – site Est-Nikki et b – site NE-Parakou) et Dn+4 (c – site Ouest-Tchikandu et d - site Serekali). Les étoiles représentent les pôles des axes des contraintes principales σ_1 (étoile à 5 branches), σ_2 (étoile à 4 branches) et σ_3 (étoile à 3 branches)

CONCLUSION

Grâce à cette analyse des marqueurs de déformation, on peut décomposer en cinq phases la tectogenèse panafricaine enregistrée par le complexe granito-migmatitique de Nikki. La remobilisation panafricaine débute avec une large migmatitisation probablement pénécotemporaine de la phase de collision Dn datée de 650 – 610 Ma (Affaton et al., 2000 ; Kalsbeek et al., 2012). Cette phase Dn est associée à la foliation Sn quasiment oblitérée par l'épisode majeure Dn+1. La foliation principale Sn+1 correspond à une parfaite transposition du plan Sn et à la refonte des paragenèses syn-Dn dans des conditions du faciès amphibolite. La phase Dn+2 est particulièrement matérialisée par le plan de cisaillement dextre Cn+2. Il convient d'associer la généralisation de ce plan à l'épisode de développement du couloir majeur de cisaillement de la « Faille de Kandi ». La déformation Dn+3 se traduit par la superposition d'un plan submériidien de cisaillement senestre (Cn+3). Elle se termine par un épisode de fracturation à l'origine d'un système de décrochements définissant un axe principal de compression ESE-WNW. Enfin, la dernière phase de tectogenèse panafricaine (Dn+4) ne se traduit que par un ensemble de décrochements tardifs matérialisant une paléocontrainte de compression majeure SE-NW à SSE-NNE.

La géométrie des axes σ_1 syn-Dn+3 et syn-Dn+4 semble répondre à une rotation horaire de 40 à 50° entre les axes de compression majeure au cours des deux dernières phases de l'édification de la chaîne panafricaine des Dahomeyides (Tairou et al., 2007 ; 2012). C'est cette rotation qui explique la superposition du plan de cisaillement senestre tardif Cn+3 aux structures pénétratives syn-Dn+1 et syn-Dn+2 et, plus particulièrement, au plan de cisaillement dextre Cn+2. Des relevés complémentaires permettront de mieux contraindre la superposition des paléocontraintes panafricaine dans le NE-Bénin.

RÉFÉRENCES

- Abdelsalam M.G., Liégeois J.-P., Stern R. J., 2002. The Saharan Metacraton. *Jour. of Afr. Earth Sci.*, 34, pp. 119 – 136.
- Affaton P., 1990. Le bassin des Volta (Afrique de l'Ouest) : une marge passive d'âge Protérozoïque supérieur, tectonisée au Panafricain (600 ± 50 Ma). Edit. ORSTOM, Collection Etudes et Theses, Paris, 500 p.
- Affaton P., Lassere J. L., Lawson L. T., Vincent P. L., 1978. Notice explicative des cartes géologiques à 1/200000 de la République du Togo et

- de la République populaire du Bénin entre les 9^e et 10^e de latitude Nord (feuille Bassari-Djougou et feuille Parakou – Nikki). Rapp. Bur. Nat. Rech. Min. du Togo (B.N.R.M.) Bur. Rech. Géol. Min. Fr. (B.R.G.M.) et Off. Béninois Mines (OBEMINES), 70 p.
- Affaton P., Sougy J., Trompette R., 1980. The Tectono-Stratigraphic Relationships between the Upper Precambrian and Lower Paleozoic Volta Basin and the Pan-African Dahomeyide Orogenic Belt (West Africa). *Amer. Jour. Sci.*, 280, pp. 224 - 248.
- Affaton P., Rahaman M. A., Trompette R., Sougy J., 1991. The Dahomeyide Orogen : Tectonothermal Evolution and Relationships with the Volta Basin. In Dallmeyer and Lécorché (Eds): *The West-African Orogen and Circum Atlantic Correlatives. Projet 233. 1CGP, IUGS, UNESCO*, pp 107 - 122.
- Affaton P., Kröner A., Seddoh K. F. 2000. Pan African Granulites Formation in the Kabye of Northern Togo (West Africa): Pb–Pb zircon ages. *Int. Jour. Earth Sci.* 88, pp. 778 – 790.
- Agbossoumonde Y., 1998. Les complexes ultrabasiques de la chaîne panafricaine au Togo (Axe Agou – Atakpamé, Sud-Togo). Etude pétrographique, minéralogique et géochimique. Thèse Doct. Lab. Géol. Pétro. Univ. Jean Monnet St. Etienne Fr., 306 p.
- Agbossoumonde Y., Guillot S., Ménot R.-P., 2004. Pan-African Subduction – Collision Event Evidence by High-P Coronas in Metanorites from the Agou – Massif (Southern Togo). *Precambrian Research*, 135, pp. 1 – 21.
- Agbossoumonde Y., Ménot R.-P., Paquette J. L., Guillot S., Yessoufou S., Perrache C., 2007. Petrological and Geochronological Constraints on the Origin of the Palimé-Amlamé Granitoids (South Togo, West Africa): A Segment of the West African Craton Paleoproterozoic Margin Reactivated during the Pan African Collision. *Gondwana Research*, 12 (4), pp. 476-488.
- Angelier J., 1990. Tectonique cassante et néotectonique. *An. Soc. Géol. Belgique*, (112) – 2, pp. 283-307.
- Attoh K., Dallmeyer R. D., Affaton P., 1997. Chronology of Nappe Assembly in the Pan-African Dahomeyide Orogen, West Africa: Evidence from ⁴⁰Ar/³⁹Ar Mineral Ages. *Precambrian research*, 82, pp. 153 – 171.
- Attoh K., Corfu F., Nude M. P., 2007. U-Pb Zircon Age of Deformed Carbonatite and Alkaline Rocks in the Pan-African Dahomeyide Suture Zone, West Africa. *Precambrian Research*. 155, pp. 251-260.
- Attoh K., Nude P. M., 2008. Tectonic Significance of Carbonatites and Ultrahigh-Pressure Rocks in the Pan-African Dahomeyide Suture Zone, Southeastern Ghana. In Ennih N. and Liégeois J.-P. (Eds): *The Boundaries of the West African Craton. Geol. Soc. London, Special Publications*, 297, 217-231.
- Caby R., 1989. Precambrian Terranes of Benin – Nigeria and Northeast Brazil and the Late Proterozoic South Atlantic Fit. *Geol. Soc. Am, Special Paper* 230, pp. 145 – 158.
- Caen–Vachette M., 1975. Age pan-africain des granites de Sinendé, Save et Fita (Dahomey). *C. R. Acad. Sci., Paris*, pp. 1793 – 1795.
- Caen-Vachette M., Pinto K.J.M., Roques M., 1979. Plutons éburnéens et métamorphisme dans le socle cristallin de la chaîne panafricaine au Togo et au Bénin. *Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys.* 21 (5), p. 351.
- Castaing C., Triboulet C., Feybesse J. L., Chevremont P., 1993. Tectono-Metamorphic Evolution of Ghana, Togo, and Benin in the Light of the Pan-African/Brasiliano Orogeny. *Tectonophysics*, 218, pp. 323 – 342.
- Duclaux, G., Ménot, R. P., Guillot, S., Agbossoumondé, Y., Hilaret, N., 2006. The Mafic Complex of the Kabyé Massif (North Togo and North Benin): Evidence of a Pan-African Granulitic Continental Arc Root. *Precambrian research*. 151, pp. 101–118.
- Kalsbeek F., Affaton P., Ekwueme B., Frei R., Thrane K., 2012. Geochronology of Granitoid and Metasedimentary Rocks from Togo and Benin, West Africa: Comparisons with NE Brazil. *Precambrian research* 196-197, pp. 218-233.
- Ngako V., 1999. Les déformations continentales panafricaines en Afrique Centrale. Résultat d'un poinçonnement de type himalayen. Thèse d'Etat, Univ. Yaoundé I, 301 p.
- Rahaman M. A., Ukpog E. E., Azmatullah M., 1988. Geology of Parts of the Oban Massif, Southeastern Nigeria. *Jour. Min. Geol.* 15 (1), pp. 38 – 56.
- Sabi B. E., 2007. Etude pétrologique et structurale du Massif Kabyè, Nord-Togo. Thèse Doctorat, Univ. Lomé, 256 p.
- Simpara N., 1978. Etude géologique et structurale des unités externes de la chaîne panafricaine (600 Ma) des Dahomeyides dans la région de Bassar (Togo). Thèse 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille III, 164 p.
- Simpara N., Sougy J., Trompette R., 1985. Lithostratigraphie et structure du Buem, unité externe de la chaîne panafricaine des

- Dahomeyides de la région de Bassar (Togo). *Jour. of Afr. Earth Sci.*, 3 (4), pp. 479 – 486.
- Tairou M. S., 2006. La tectonique tangentielle panafricaine au Nord-Togo. Thèse Doctorat, Univ. Lomé, 135, 401 p.
- Tairou M. S., Affaton P., Gelard J.-P., Aite R. Sabi B. E., 2007. Panafrikan Brittle Deformation and Paleostress Superposition in the Northern Togo (West Africa). *C. R. Géosciences* 339, pp. 849–857.
- Tairou M. S., Affaton P., Sabi B. E., Seddoh K. F., 2009. Tectono-Metamorphic Evolution of the Mo and Kara-Niamtougou Orthogneissic Suites, Northern Togo. *Global Jour.of Geological Sciences*, 7 (2), pp. 93–100.
- Tairou M.S., Affaton P., Anum S., 2012. Pan-African Paleostresses and Reactivation of the Eburnean Basement Complex in Southeast Ghana (West Africa). *Journal of Geological Research*, Vol. 2012, pp. 1-15.