



PETROSTRUCTURE ET EVOLUTION TECTONO-METAMORPHIQUE DES NAPPES GRANULITIKUES DU MASSIF KABYE (NORD-TOGO)

P.L. AFFATON¹, F. BOUDZOU MOU², MAHAMAN SANI TAIROU³, M. KWEKAM⁴

¹ *CEREGE, Université d'Aix-Marseille ; CNRS, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, 13545 Aix-en-Provence Cedex 04, France.*

² *Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, B.P. 69, Brazzaville, Congo.*

³ *Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé, B.P.1515 Lomé, Togo.*

⁴ *Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université de Dschang, B.P. 67 Dschang, Cameroun*

RESUME

Le Massif Kabyè représente le plus puissant des massifs de la zone de suture de la Chaîne Panafricaine des Dahomeyides. Il se définit comme un édifice de nappes granulitiques tectoniquement encaissé dans des unités gneissiques externes et internes. Cette pile de nappes comprend une unité pétrographique occidentale, constituée de granulites leucocrates à grenat, dénommées « Granulites de Lassa-Soumdina » (GLS), et une unité pétrographique orientale, composée de granulites mélanocrates à structure métagabbroïque, appelées « Granulites de Kétao-Sirka » (GKS). Ces deux unités pétrographiques ou séries de nappes sont séparées par la zone mylonitique de Panalo (ZMP) qui correspond à une zone de charriage majeur et laquelle se superpose un couloir de cisaillement dextre syn-Dn+2.

Ces nappes granulitiques comportent des lambeaux de métacumulats pyroxéniques ou rarement plagioclasiques, et de roches ultrabasiques rétro-morphosées (serpentinites, talcschistes, actinolites et chloritoschistes) soulignant généralement des semelles de nappes. Les microstructures et les paragenèses minérales des granulites et des roches associées traduisent une évolution tectono-métamorphique polyphasée : une granulitisation syn-Dn vers 612 Ma (phase de collision) ; une amphibolitisation syn-Dn+1 vers 585 Ma (phase tangentielle ou d'obduction) ; et une rétro-morphose syn- à post-Dn+2, à faciès schiste vert, vers 566 Ma (phase de plissement post-nappe).

Mots-clés : *Togo ; Dahomeyides ; Granulites ; Massif Kabyè ; Microstructures ; Evolution tectono-métamorphique.*

INTRODUCTION

Dans la chaîne panafricaine des Dahomeyides (Affaton *et al.*, 1991, 2000), les massifs granulitiques, éclogitiques ou basiques à ultrabasiques de Dérourou (Bénin), de Kabyè-Kpaza, Djabatouré-Anié, Agou-Ahito (Togo), et de Shai ou Akuse (Ghana) dessinent un chapelet montagneux subméridien matérialisant la zone de suture (figure 1). Le massif Kabyè, situé au Nord-Togo, représente la plus puissante morphostructure de ce chapelet. Comme les autres massifs de cette zone de suture, il se définit comme un ensemble métamagmatique de type ophiolitique hautement métamorphisé (Ménot, 1980 ; Breda, 1982 ; Affaton, 1990 ; Duclaux, 2003).

Malgré les récents travaux visant à préciser le contexte géodynamique et géochronologique du Massif Kabyè (Attoh *et al.*, 1997 ; Affaton *et al.*, 2000 ; Hilaret, 2004 ; Duclaux *et al.*, 2006 ; Tairou, 2006 ; Sabi, 2007), la tectogenèse panafricaine enregistrée dans les différentes composantes de ce massif reste peu connue. C'est pourquoi la présente note se veut être une contribution à la caractérisation pétrostructurale des ensembles constituant les nappes du Massif Kabyè. Elle se propose de reconstituer les paragenèses métamorphiques enregistrées dans les principaux faciès, en relation avec les empreintes de la déformation panafricaine, afin de retracer leur évolution tectono-métamorphique.

I. - CONTEXTE GEOLOGIQUE

La partie méridionale de la zone mobile transaharienne est représentée par la chaîne panafricaine des Dahomeyides (Affaton *et al.*, 1991). Celle-ci chevauche la couverture néoproterozoïque du bassin des Volta ou directement son substratum éburnéen de la dorsale de Léo-Man (Affaton *et al.*, 1980 ; Simpara *et al.*, 1985). Cette chaîne collisionnelle comprend plusieurs unités lithostratigraphiques constituant ses zones externe, interne, et de suture (figure 1).

La zone externe correspond aux unités structurales du Buem et de l'Atacora,

représentant la frange tectonisée et métamorphisée des méga-séquences inférieure et moyenne du bassin des Volta, et aux unités orthogneissiques de Kara-Niamtougou, du Mô et d'Amlamé-Kpalimé (Affaton, 1990 ; Affaton *et al.*, 1991 ; Agbossoumondé *et al.*, 2007 ; Tairou *et al.*, 2009).

La zone de suture de la chaîne des Dahomeyides est matérialisée par un alignement subméridien des massifs de Dérourou au Bénin, de Kabyè-Kpaza, Djabatouré-Anié et Agou-Ahito au Togo, et d'Akuse ou Shai au Ghana. Ces massifs sont constitués de roches, basiques à ultrabasiques et à faciès essentiellement granulite ou parfois éclogite, témoins d'un épaissement crustal panafricain (Ménot et Seddoh, 1985 ; Attoh, 1998 ; Agbossoumondé *et al.*, 2001 ; Attoh et Morgan, 2004).

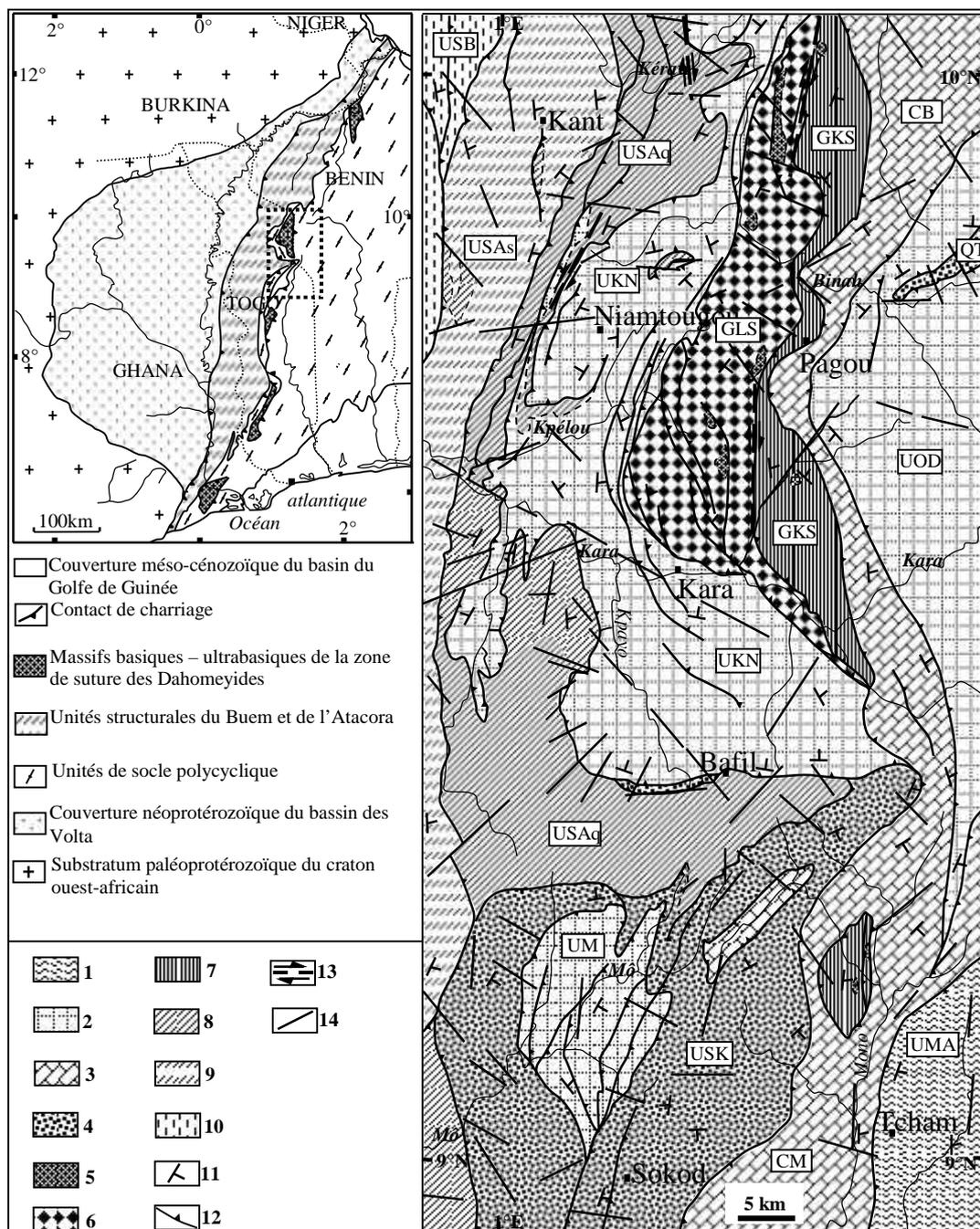
La zone interne des Dahomeyides correspond à la pénéplaine représentant le bouclier bénino-nigérian remobilisé au Panafricain. Elle se compose d'unités gneisso-migmatitiques de socle polycyclique associant des ceintures schisteuses et de plus en plus envahi vers l'Est par des granitoïdes panafricains (Affaton *et al.*, 1991 ; Caby et Boessé, 2001).

Au Nord-Togo, le front des Dahomeyides (figure 1) se définit comme une pile de nappes et d'écaillés à vergence Ouest (Affaton, 1990 ; Tairou, 2006). L'organisation des divers ensembles lithostratigraphiques résulte de la tectogenèse panafricaine qui se décompose en cinq phases dénommées Dn, Dn+1, Dn+2, Dn+3 et Dn+4 (Tairou *et al.*, 2007). La phase Dn correspond à la longue étape aboutissant à la collision entre la marge active orientale, ou plaque bénino-nigériane, et la marge passive occidentale appartenant au craton ouest-africain (Caby, 1989 ; Affaton *et al.*, 2000). Cet épisode de collision est matérialisé par la foliation Sn, quasi oblitérée au cours de la phase subséquente dans les nappes polycycliques et de suture. De fait, la phase Dn+1 représente l'épisode majeur de structuration des Dahomeyides entraînant l'individualisation et l'empilement des nappes et écaillés vers l'Ouest (Affaton, 1990 ; Castaing *et al.*, 1993 ; Tairou, 2006). Cette phase tangentielle se traduit

par la foliation régionale Sn+1 et par une forte linéation minérale ou d'étirement Ln+1. Les épisodes post-nappes (Dn+2 à Dn+4) sont des reprises successives de la foliation Sn+1 : il en résulte des plis Pn+2, centimétriques à

métriques et d'axes subméridiens à NE-SW, des antiformes et synformes Pn+3, hectométriques à kilométriques et d'axes NE-SW, et des virgations Pn+4, plurikilométriques et d'axes NE-SW à ENE-WSW.

Figure 1: Carte présentant l'organisation lithostructurale du Nord-Togo. 1 = nappes de l'unité migmatitique d'Afêm (UMA); 2 = nappes orthogneissiques des unités de Kara-Niamtougou (UKN), du Mô (UM) et de Dompago (UOD); 3 = nappes gneisso-amphibolitiques des complexes de la Binah (CB) et du Mono (CM); 4 = nappes à micaschistes, quartzomicaschistes et quartzites à disthène de l'unité de Sokodé-Kéméni (USK) et quartzites à disthène des Tanéka (QT); 5, 6 et 7 = lambeaux de pyroxénites, nappes à granulites de Lassa-Soundina (GLS) et de Kétao-Sirka (GKS) du Massif Kabyè; 8 = nappes à quartzites et micaschistes de la sous-unité orientale de l'Atacora (USAq); 9 = nappes à schistes de la sous-unité occidentale de l'Atacora (USAs); 10 = schistes et grès-quartzites ou métasilexites du Buem (USB), 11 = plan de foliation principale (S1 ou Sn+1); 12 = plan de charriage; 13 = couloirs de cisaillement; 14 = fracture



II. - CARACTERISTIQUES PETROGRAPHIQUES ET STRUCTURALES DU MASSIF KABYE

La pile granulitique du massif Kabyè est tectoniquement encaissée entre les nappes orthogneissiques de l'unité de Kara-Niamtougou, à l'Ouest, et les ensembles gneisso-migmatitiques de la zone interne, à l'Est (figure 2). Le massif Kabyè réunit deux faciès pétrographiques géographiquement bien répartis (Tairou, 2006 ; Sabi, 2007) : ce sont, à l'Ouest, des granulites leucocrates à grenat, dites « granulites de Lassa-Soumdina » (GLS), et, à l'Est, des granulites mélanocrates à structure métagabbroïque, dénommées « granulites de Kétao-Sirka » (GKS). Les deux séries de nappes sont séparées par un domaine de charriage majeur matérialisé par la zone mylonitique de Panalo (ZMP) à laquelle se superpose un couloir de cisaillement dextre syn-Dn+2.

Les granulites de type GLS sont généralement grisâtres à rougeâtres (faciès grenatifères ou grenatites). Elles sont foliées ou œillées, avec une alternance de fins feuillets quartzo-feldspathiques ou à amphibole et pyroxène. L'épaississement des feuillets sombres, par transposition de lambeaux centimétriques d'amphibolo-pyroxénite dans la foliation principale, leur confère parfois un aspect rubané. Il existe des granulites rosâtres, essentiellement feldspathiques et à épidote en cristaux prismatiques post-tectoniques. Ces dernières constituent des passées métriques à décimétriques correspondant à d'anciens cumulats plagioclasiques.

Des lambeaux métriques à hectométriques d'ultrabasites (pyroxénites ou amphibolo-pyroxénites), à structure de métacumulats, sont représentés dans les GLS. Ces roches, généralement impliquées dans des semelles de nappes, sont associées à leurs équivalents rétro-morphiques (talcschistes, actinolites, serpentinites et chloritoschistes). On note également la présence de lambeaux décimétriques à hectométriques de roches d'origine sédimentaire dessinant un chapelet lentiforme de méga-boudins obéissant à la direction générale du massif (Sabi, 2007). Ce sont des micaschistes, gneiss et quartzites à

disthène et grenat. De par leur nature et leur paragenèse à disthène, ces lambeaux représentent une particularité et peuvent s'interpréter comme des équivalents d'anciens sédiments silico-alumineux et pénécotemporains des magmatites dont dérivent les granulites. Enfin, des amphibolites à grenat, représentant des faciès de rétro-morphose de granulites, se rencontrent principalement dans le front de charriage du Massif Kabyè sur l'unité de Kara-Niamtougou (UKN ; figure 2).

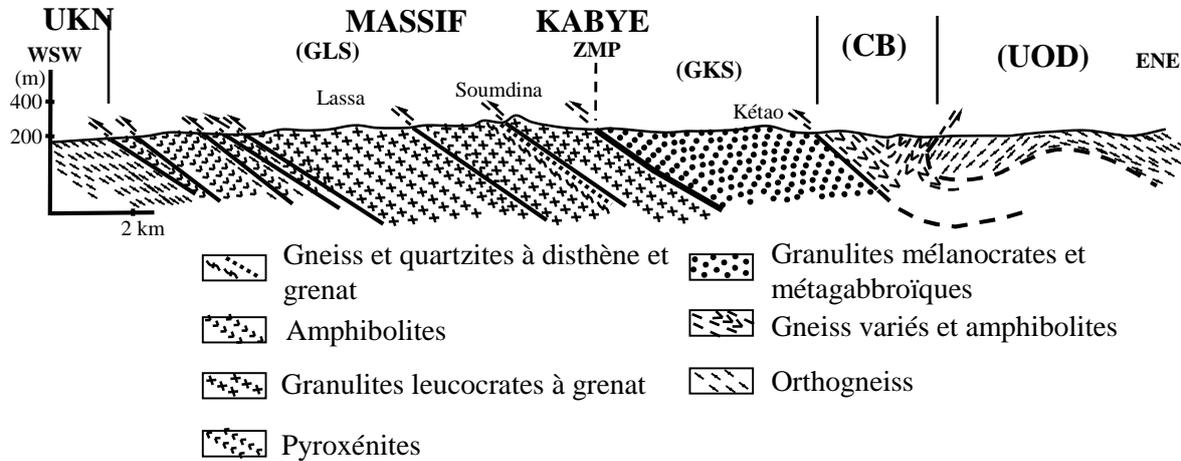
Les nappes orientales du massif Kabyè sont plutôt constituées de roches homogènes, mélanocrates et à structure métagabbroïque (GKS). Ces granulites foliées présentent une alternance de feuillets clairs, essentiellement feldspathiques, et de feuillets sombres à pyroxène et amphibole. Les affleurements sont également associés à des lambeaux de pyroxénites massives ou de métanorites à cristaux centimétriques et considérées comme des métacumulats.

Le plan principal de débit de l'ensemble des granulites correspond à la foliation régionale Sn+1. Par endroits, ce plan matérialise la transposition d'une foliation antérieure Sn. Il porte généralement une linéation minérale ou d'étirement (Ln+1) très dispersée par les plissements postérieurs (Tairou, 2006).

III. - MICROSTRUCTURES ET EVOLUTION METAMORPHIQUE

Les empreintes de la déformation panafricaine sont bien représentées dans les différents faciès granulitiques du massif Kabyè. L'analyse des relations cristallisation - déformation dans de nombreuses lames minces, fondée sur des critères établis par plusieurs auteurs (Spry, 1969 ; Nicolas, 1988 ; Bard, 1990 ; Passchier et Trouw, 1995), permet de préciser les paragenèses minérales associées dans ces granulites. Cette reconstruction retrace l'évolution tectono-métamorphique panafricaine des composantes du plus important massif matérialisant la zone de suture panafricaine au Nord-Togo notamment dans ses deux principaux types de granulites (GKS et GLS).

Figure 2 : Coupe synthétique montrant l'organisation lithostructurale du Massif Kabyè et ses relations avec les unités structurales adjacentes



1. Caractéristiques microstructurales et évolution métamorphique des granulites métagabbroïques (GKS)

Les granulites mélanocrates et à structure métagabbroïque du massif Kabyè (GKS) sont généralement porphyroblastiques, avec des blastes de pyroxènes et de plagioclases noyés dans un fond granoblastique bien orienté. Les porphyroblastes de pyroxènes (Opx et Cpx) y sont représentés en micro-lambeaux étirés dans la foliation principale ($S_{n+1} // S_n$) ; ils sont parfois rétomorphosés en hornblendites (fig. 3a). Leur aspect nettement déformé suggèrent qu'ils résultent d'une phase de recristallisation anté-D_{n+1} (syn-D_n voire anté-D_n). Leur large couronne à hornblende verte caractérise la phase rétomorphique syn-D_{n+1}.

Au moins deux générations de plagioclases y sont représentés : l'une, porphyroblastique ou non, remarquablement tectonisée, soulignant la foliation S_n et appartenant aux stades de recristallisation anté- et syn-D_n ; l'autre, en sections assez limpides, quelques fois associées au quartz, soulignant la foliation S_{n+1} , et considérées comme des

plagioclases de recristallisation syn-D_{n+1}. Dans le plan de foliation principale S_{n+1} , la hornblende verte apparaît nettement Syn-D_{n+1}.

Les constituants accessoires sont l'ilménite et les minéraux de rétomorphose (biotite, actinote, grenat, sphène, chlorite, magnétite, épidote) associés à la hornblende verte dans les amphibolites feldspathiques. L'association actinote-chlorite-épidote, généralement issue de recristallisation post-tectonique, définit parfois une orientation matérialisant une schistosité de flux S_{n+2} , très grossière et oblique sur S_{n+1} .

Les mylonites de la ZMP présentent en particulier des structures de type S/C. Les boudins millimétriques de pyroxènes (Opx + Cpx) sont pris dans la foliation S_{n+1} ; celle-ci est subparallèle à S_n et recoupée par des plans C de cisaillement dextre (figures 3b et c).

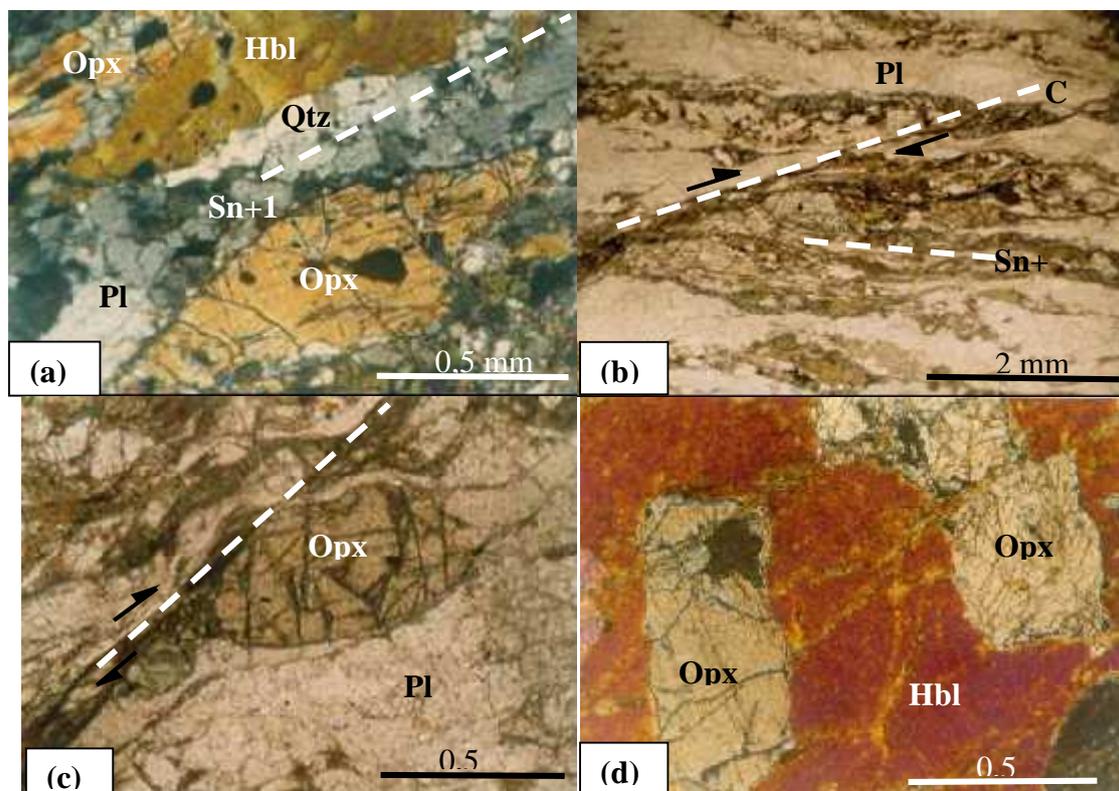
Les pyroxénites ont une texture pœciblastique, avec des plages millimétriques de hornblende verte à inclusions de pyroxène (figure 3d), et un fond équant constitué de Cpx, Opx et très rarement plagioclase. Mises à part les distorsions de

clivages et extinctions légèrement roulantes des sections de pyroxènes (cristaux antétectoniques), ces métacumulats pyroxéniques (ou clino-orthopyroxénites amphibolitisés) ne suggèrent aucune phase de déformation particulière.

Toutes ces microstructures retracent une tectogenèse en trois phases majeures (Dn, Dn+1 et Dn+2), matérialisées par les foliations Sn, Sn+1 et Sn+2. Les plans Sn et Sn+1 sont les plus évidents, alors que la foliation Sn+2 reste très grossière et semble inscrite seulement dans des faciès à rétomorphose très avancée.

Dans les mylonites de la ZMP, le plan de cisaillement dextre (C) apparaît syn-Dn+2. La foliation Sn est soulignée par la paragenèse $\text{Opx}+\text{Cpx}+\text{Pl}+\text{Ilm}\pm\text{Qtz}$ qui définit un premier stade métamorphique, à faciès granulite. Cette foliation est nettement transposée dans le plan principal Sn+1 correspondant à une paragenèse de rétomorphose dans le faciès amphibolite ($\text{Hbl}+\text{Pl}+\text{Qtz}\pm\text{Grt}$). La phase Dn+2 est accompagnée d'une rétomorphose plus poussée, à faciès schiste vert, et à laquelle est due la paragenèse $\text{Ep}+\text{Act}+\text{Chl}+\text{Srp}+\text{Sph}+\text{Mag}$.

Figure 3 : Quelques microstructures des granulites métagabbroïques du Massif Kabyè (a) Texture orientée des granulites de Kétao-Sirka (GKS), avec des porphyroblastes lenticulaires d'hypersthène plus ou moins recouvert de hornblende verte ; (b) structures de cisaillement dextre caractéristiques des faciès de la Zone Mylonitique de Panalo (ZMP) ; (c) détail d'un plan de cisaillement, avec un poxphyroblaste d'hypersthène à queue de cristallisation ; (d) texture caractéristique des métacumulats de pyroxémites amphibolitisés.



Ces paragenèses syn-Dn, syn-Dn+1 et syn- à post-Dn+2 caractérisent l'évolution métamorphique des granulites métagabbroïques du Massif Kabyè (tableau I). Mais il est à noter la coexistence d'une paragenèse relique, anté-Dn, matérialisée par des blastes d'Opx, de Cpx et de plagioclase. Les cristaux de métacumulats pyroxéniques appartiennent, pour l'essentiel, à cette paragenèse anté-Dn. Ce sont donc des reliques de l'assemblage magmatique d'origine ou d'une paragenèse métamorphique anté-Dn et supposée éclogitique par Affaton *et al.* (2000).

2. Caractéristiques microstructurales et évolution métamorphique des granulites leucocrates à grenat (GLS)

La texture porphyroblastique est très généralisée dans l'ensemble des GLS. Selon les faciès, les porphyroblastes sont représentés par de nombreuses sections millimétriques de grenat et de pyroxènes ou de disthène baignant dans un fond granoblastique à granonématoblastique nettement orienté (figures 4a et b, cf annexe).

Les granulites leucocrates à grenat comportent des porphyroclastes lenticulaires de Cpx (augite + diopside) et d'Opx (hypersthène) très déformés et à larges couronnes ou recouvrements de hornblende verte (figure 4b). Ces minéraux sont moulés par la foliation principale (Sn+1) et appartiennent à une foliation antérieure Sn. Comme dans les GKS, on y reconnaît parfois des sections d'apparence anté-Dn, mais également des microfabriques à couronnes de Cpx autour de l'Opx suggérant deux stades de granulitisation.

Les plagioclases constituent, avec le quartz, le fond clair et granoblastique des granulites à grenat. Ils se présentent en sections polygonales appartenant à une recristallisation majeure syn-Dn, ou à une génération de type syn-Dn+1 soulignant la foliation Sn+1. C'est dans les métaplagioclases à épidote que ces blastes anté-Dn sont les plus représentatifs, avec une macle polysynthétique flexueuse et une extinction spectaculairement anormale (figure 4c, cf annexe). Comme les plagioclases, le quartz est essentiellement syn-Dn et syn-Dn+1.

La hornblende verte, dominant les feuillets sombres, correspond de toute évidence à une recristallisation rétro-morphique syn-Dn+1.

Les pœciloclastes de grenat, de formes et de tailles très variées, sont de type anté- et syn-Dn+1 (xénomorphes, d'aspect fortement chagriné, parfois coronitiques ou hélicitiques et généralement moulés par la foliation Sn+1 ; figure 4a, cf annexe) ou de type post-Dn+1 (subautomorphes, avec parfois des inclusions alignées, de type Si = Se = Sn+1 ; figure 4d). L'ilménite, assez fréquente dans les granulites à grenat, se présente en amas xénomorphes ou sous forme d'opaques en inclusion dans les blastes de grenat anté- ou syn-Dn+1.

Ces principaux composants minéraux des granulites à grenat sont accompagnés de zircon, de rutile et de minéraux de pseudomorphose (sphène, biotite, actinote, magnétite, épidote, chlorite).

Les gneiss à disthène possèdent des microfabriques comparables à celles des granulites à grenat, avec des blastes de disthène syn-Dn ou syn-Dn+1 et des porphyroclastes de grenat à pseudomorphose partielle en chlorite.

Les clino-orthopyroxénites ou ortho-clinopyroxénites sont généralement peu orientées ; elles réunissent essentiellement des sections d'Opx (hypersthène + enstatite) et de Cpx (augite + diopside) à clivages déformés. Leurs équivalents mylonitiques sont très caractéristiques, avec des cristaux de pyroxène débités en sous-grains de forme sigmoïdale et mettant en relief des micro-plans traduisant des mouvements chevauchant (syn-Dn+1) ou cisailant (syn-Dn+2).

Enfin, dans les faciès de la semelle occidentale du Massif Kabyè, on reconnaît essentiellement la hornblende verte, soulignant une schistosité de flux Sn+1, et des minéraux de rétro-morphose post-Dn+1 (biotite, grenat, actinote, sphène, épidote, chlorite, magnétite), marquant parfois une grossière schistosité de flux Sn+2 ou en amas et gerbes post-tectoniques.

Les plans de foliation Sn, Sn+1 et Sn+2/C matérialisent la tectogenèse panafricaine dans les granulites à grenat et les roches associées. Le plan Sn et la paragenèse minérale associée sont nettement transposés dans la foliation principale Sn+1. Celle-ci est soulignée par une large recristallisation quartzo-feldspathique et de hornblende verte et se retrouve légèrement plissée. Les faciès de rétro-morphose présentent plus nettement des microplis Pn+2 et parfois une grossière schistosité de flux Sn+2.

En synthétisant les différentes phases cristallines définies en fonction de leurs relations avec les structures planaires (Sn, Sn+1 et Sn+2/C), on reconstitue les paragenèses successives reflétant l'évolution tectono-métamorphique de l'ensemble occidentale (GLS) du Massif Kabyè.

A la phase de déformation Dn, correspondent les paragenèses Cpx+Opx+Pl+Qtz+Ilm+Grt (des granulites) et Qtz+Pl+Ky+Grt (des gneiss à disthène) qui traduisent un métamorphisme à faciès granulite. Dans certaines granulites, la paragenèse syn-Dn succède à l'assemblage Cpx+Opx±Pl que l'on peut mettre en parallèle avec l'assemblage de même type représenté dans les granulites mélanocrates à structure métagabbroïque (GKS). Cet assemblage anté-Dn compose principalement des métacumulats pyroxéniques et plagioclasiques. Il correspond à une association relique de minéraux magmatiques primaires ou résulte d'une recristallisation métamorphique anté- ou pré-granulitisation syn-Dn. Pour Affaton *et al.* (2000), un tel assemblage témoignerait d'une éclogitisation anté-collisionnelle, datée d'environ 640 ± 12 Ma (Bernard-Griffiths *et al.*, 1991) et suivie par la granulitisation syn-Dn vers 612.5 ± 0.8 Ma.

L'épisode de développement de la foliation régionale (Sn+1) est pénécotemporain de la rétro-morphose des granulites dans le faciès amphibolite. Cette rétro-morphose syn-Dn+1 se traduit par des paragenèses caractéristiques de types Hbl+Pl+Grt+Qtz dans les granulites et Qtz+Pl+Grt+Ky dans les gneiss. La rétro-morphose s'est poursuivie dans le faciès schiste vert, au cours de la phase de plissement Dn+2. Celle-ci est matérialisée par la

paragenèse post-tectonique ou post-Dn+1 (Grt+Bt+Sph+Act+Ep+Mag+Chl), particulièrement développée dans les amphibolites.

En résumé, l'évolution tectono-métamorphique des granulites leucocrates à grenat (GLS) est comparable à celle des granulites métagabbroïques (GKS) et consiste en une granulitisation syn-Dn, suivie d'une large rétro-morphose, d'abord amphibolitique (syn-Dn+1) puis à faciès schiste vert (syn- à post-Dn+2).

IV. – SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Le massif Kabyè correspond à un édifice de nappes granulitiques de la zone de suture de la Chaîne des Dahomeyides au Nord-Togo (figures 1 et 2). Il s'intègre dans l'organisation des ensembles lithostructuraux due à la tectonique tangentielle et plicative panafricaine. Ce massif comprend deux ensembles pétrographiques majeurs constituant respectivement ses nappes occidentales, à granulites leucocrates à grenat (GLS), et orientales, à granulites métagabbroïques mélanocrates (GKS).

L'analyse des microstructures et des paragenèses minérales permet de définir, dans la zone de suture panafricaine, une tectogenèse à trois phases (Dn, Dn+1 et Dn+2) pénécotemporaines des recristallisations métamorphiques bien tranchées. Trois générations de structures planaires (Sn, Sn+1 et Sn+2/C) traduisent cette tectogenèse panafricaine. Les composantes minérales des granulites et des roches associées se répartissent dans les paragenèses anté-Dn, syn-Dn, syn-Dn+1 et syn- à post-Dn+2 (tableau I).

Les paragenèses anté-Dn sont plus évidentes dans les granulites métagabbroïques et surtout dans les métacumulats pyroxéniques ou plagioclasiques. Ce sont des reliques de recristallisation anté-Dn. Ces paragenèses anté-Dn et à Opx+Cpx+Pl représenteraient une cristallisation magmatique à $P < 8$ kbar et $T > 800^\circ\text{C}$ (Duclaux *et al.* 2006). Ils pourraient également témoigner d'une éclogitisation anté-collisionnelle et datée d'environ 640 Ma (Affaton *et al.*, 2000).

Les paragenèses syn-Dn succèdent donc à celles des protolithes magmatiques ou à celles issues d'une recristallisation métamorphique anté-Dn. Elles traduisent un pic métamorphique défini par les associations Opx+Cpx+Pl+Qtz+Grt+Ilm+Rt et Qtz+Pl+Ky+Grt+Ilm, correspondant à une granulitisation à $P = 19 \pm 1$ kbar et $T = 900 \pm 100^\circ\text{C}$ (Duclaux *et al.*, 2006), pénécotemporaine de l'épisode de collision panafricaine dans les Dahomeyides, vers 612 \pm 0,5 Ma (Affaton *et al.* 2000). Pour Ducleaux *et al.* (2006), la granulitisation dans le Massif Kabyè serait matérialisée par les paragenèses Grt+Cpx+Pl±Opx et Opx+Cpx+Pl. Et ces paragenèses traduiraient un métamorphisme initial à 9 kbar et 900°C . Celui-ci serait suivi par un pic métamorphique à 18 ± 3 kbar et $850 \pm 20^\circ\text{C}$, dans la partie frontale des nappes occidentales (GLS), ou à 12 ± 2 kbar et $775 \pm 15^\circ\text{C}$, dans les nappes orientales (GKS).

Le pic métamorphique syn-Dn, à faciès granulite, est suivi de deux épisodes rétro-morphiques. La rétro-morphose syn-Dn+1 reprend profondément les granulites dans le faciès amphibolite. Elle est matérialisée par la paragenèse Hbl+Pl+Qtz+Grt ou Qtz+Pl+Grt+Ky et correspondrait à une phase d'hydratation progressive des granulites (700 à 800°C et 8 à 10 kbar ou 630°C et 8 kbar). Un tel phénomène serait lié à la mise en place des nappes pendant la phase tangentielle ou d'obduction Dn+1 de l'orogène panafricaine (Castaing *et al.*, 1993 ; Agbossoumondé *et al.*, 2001, 2004 ; Tairou, 2006 ; Ducleaux *et al.*, 2006). Cette première rétro-morphose des granulites daterait de 587 ± 4.3 à 582 ± 2 Ma (âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur hornblende ; Attoh *et al.*, 1997) et coïnciderait ainsi avec la

blastomylonitisation des éclogites du Mont Lato, vers 580 Ma (Bernard-Griffiths *et al.*, 1991), ou avec l'amphibolitisation des granulites du Massif Akuse entre 590 et 570 Ma (âge U/Pb sur zircon ; Attoh *et al.*, 1991).

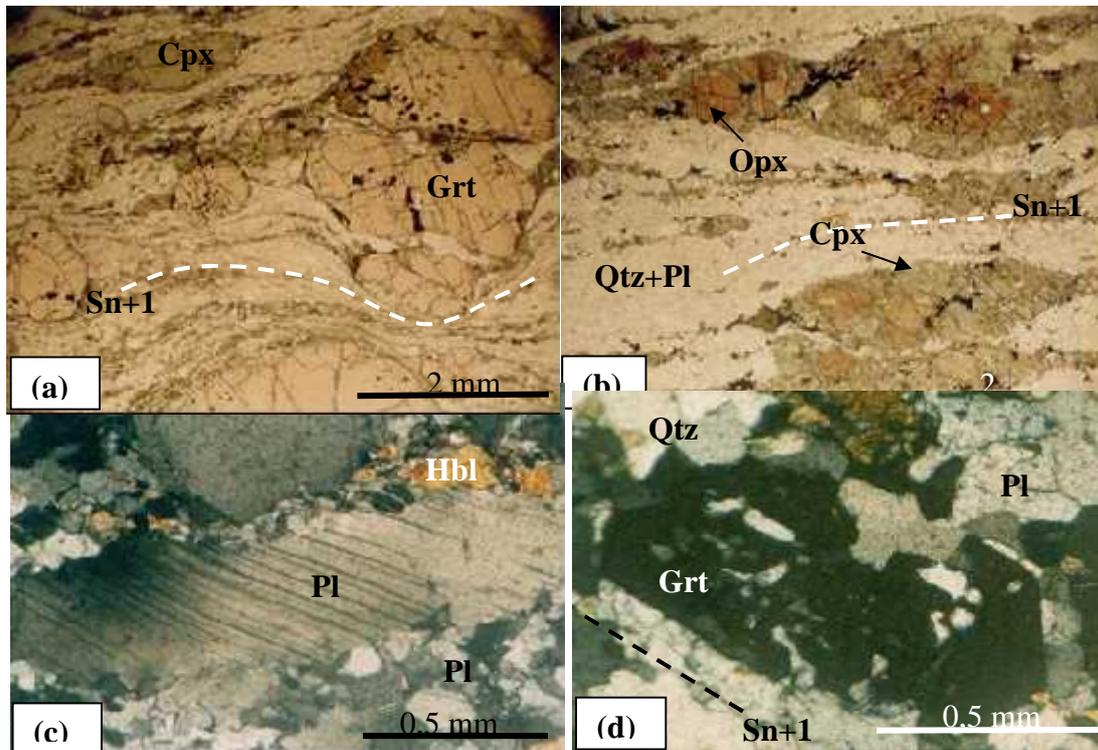
La seconde rétro-morphose est définie par des paragenèses du faciès schiste vert associées à la phase de plissement Dn+2, qui se traduit localement par un régime de cisaillement dextre. Elle clôturait définitivement la recristallisation métamorphique panafricaine dans le Massif Kabyè. Pour Attoh *et al.* (1997), la dernière phase tectono-métamorphique majeure, considérée ici comme la phase Dn+2, daterait de 566.2 ± 1.9 Ma dans les granulites du Massif de Shai (âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur hornblende). Cet âge est comparable aux âges K/Ar (572 ± 15 Ma) et Rb/Sr (545 ± 11 Ma) obtenus dans ce même massif sur biotite des métasyénites du Complexe de Kpong (Agyei *et al.*, 1987). Il est également peu différent des âges 566 – 535 Ma attribués à la dernière phase cisailante majeure dans l'Adrar des Iforas (Lancelot *et al.*, 1983).

La présente analyse microstructurale recadre les données géochronologiques et thermo-barométriques disponibles sur les granulites du Massif Kabyè ou sur l'ensemble de la zone de suture panafricaine dans les Dahomeyides. En reconstituant les paragenèses successives par rapport aux différentes phases tectoniques enregistrées dans les granulites du Massif Kabyè, cette étude confirme l'implication de ce massif dans le processus complexe de collision continentale panafricaine au niveau de l'orogène des Dahomeyides.

Tableau I : Synthèse des paragenèses traduisant l'évolution tectono-métamorphique des ensembles pétrographiques du Massif Kabyè. Les symboles des minéraux sont ceux de Kretz (1983).

Ensembles Lithostructuraux	Composants Pétrographiques	Paragenèses			
		Ante-Dn	Syn-Dn	Syn-Dn+1	Syn à post-Dn+2
Granulites de Lassa – Soumdina (GLS)	Granulites claires à grenat	Opx+Cpx+Pl	Opx+Cpx+P+Grt+Qtz+ Ilm	Hbl+Pl+Qtz+Grt	Qtz+Grt+Sph+Ep+Bt+Chl+Act+Mag
	Pyroxénites	Opx+Cpx±Pl	Opx+Cpx+Pl+Grt	Hbl+Pl+Grt	Act+Chl+Tlc+Serp
	Gneiss à disthène et grenat		Ky+Qtz+Pl+Grt+Ilm	Qtz+Pl+Grt+Ky	Qtz+Bt+Ms
	Amphibolites		Opx+Pl+Qtz	Hbl+Pl+Qtz+Grt	Qtz+Grt+Sph+Ep+Bt+Chl+Act+Mag
Granulites de Kéao-Sirka (GKS)	Granulites mélanocrates	Opx+Cpx+Pl	Opx+Cpx+Pl+Qtz+Ilm	Hbl+Pl+Qtz+Grt	Qtz+Grt+Ep+Bt+Chl+Act+Mag
	Pyroxénites	Opx+Cpx±Pl	Opx+Cpx+Pl	Hbl+Pl	Act+Chl+Serp+Tlc
	Amphibolites		Opx+Pl	Hbl+Pl+Qtz+Grt	Qtz+Grt+Ep+Bt+Chl+Act+Mag
Métamorphisme		Faciès éclogite ?	Faciès granulite	Faciès amphibolite	Faciès schiste vert

Figure 4 : Quelques microstructures caractéristiques des granulites leucocrates à grenat de Lassa-Soumdina (GLS). (a) texture composée par de nombreux porphyroclastes (Cpx et grenat anté-Dn+1) moulés par la foliation principale Sn+1 ; (b) lentilles pyroxéniques à Opx (hypersthène) et Cpx (diopside) transposées dans la foliation Sn+1 ; (c) microfabriques de granulite métaplagioclasiq à épidote, avec porphyroclastes anté-Dn de plagioclase montrant une macle polysynthétique flexueuse et une extinction ondulante (d) Blaste de grenat post-Dn+1, subautomorphe et portant des inclusions de quartz définissant Si = Se = Sn+1.



BIBLIOGRAPHIE

- 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 & Theses, Paris, 500 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). *Am J Sci.*; 280: 224 – 248
- 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 J Earth Sci.*; 88: 778–790.
- Affaton P., Rahaman M.A., Trompette R., Sougy J., 1991 – The Dahomeyide orogen: tectonothermal evolution and relationships with the Volta basin. In: Dallmayer and Lécorché (Eds.), *The West-African Orogen and Circum Atlantic Correlatives*. Projet 233. ICGP, IUGS, UNESCO, pp 107-122.
- Agbossoumonde Y., Guillot S., Menot R.-P., 2004 – Pan-African subduction – collision event evidence by high-P coronas in metanorites from the Agou massif (southern Togo). *Precambrian Research*; 135: 1–21.
- Agbossoumonde Y., Menot R.P., Guillot S., 2001 – Metamorphic evolution of Neoproterozoic eclogites from South Togo (West Africa). *J Afr. Earth Sc.*; 33 (2): 227–244.
- Agbossoumonde Y., Menot 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): 476-488.
- Agyei E.K., van Landewijk J.E.J.M., Armstrong R.L., Harakal L.F., Scott K.L., 1987 – Rb-Sr

- and K-Ar geochronometry of southeastern Ghana. *J. Afr. Earth Sci.*; 6: 153-161.
9. Attoh K., 1998 – High-Pressure Granulite Facies metamorphism in the Pan-African Dahomeyides Orogen, West Africa. *J Geol.*; 106: 236–246.
 10. Attoh K., Dallmeyer R.D., Affaton P., 1997 – Chronology of nappe assembly in the Pan-Africa Dahomeyides Orogen, West Africa: evidence from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mineral ages. *Precambrian research*; 82: 153–171.
 11. Attoh K., Hawking G.S.A., 1991 – U–Pb Zircon ages from the Pan-African Dahomeyides orogen, West Africa, *EOS Trans. Am. Geophys. Union Spring. Meeting*, 72, abstract.
 12. Attoh K., Morgan J., 2004 – Geochemistry of high-pressure granulites from the Pan-African Dahomeyides Orogen, West Africa: constraints on the origin and composition of lower crust. *J Afr. Earth Sci.* ; 39 : 201-208.
 13. Bard J.P., 1990 – Microtextures des roches magmatiques et métamorphiques. 2^e Edit. Masson, Paris, 208p.
 14. Bernard–Griffiths J., Jeucat J., Menot R.P., 1991 – Isotopic (Rb–Sr, U–Pb and Sm–Nd) and trace element geochemistry of eclogites from the Pan-African belt: a case study from REE fractionation during high-grade metamorphism. *Lithos* ; 26 : 43–57.
 15. Breda I.R., 1982 – Etude de la cartographie géologique et de prospection minière de reconnaissance au Nord du 11^e parallèle (Bénin). Rapp. Final, Projet n° 4105-011-13-20, Geominerarialtuliona, Borgo S. Dalmazzo, Italie, inéd.
 16. CABY R., 1989 – Precambrian terranes of Benin – Nigeria and Northeast Brazil and the Late Proterozoic south Atlantic fit. *Geol. Soc. Am*; 230: 145–158.
 17. Caby R., Boesse J.M., 2001 – Pan–African nappe system in southwest Nigeria: the Ife–Ilesha schist belt. *J. Afr. Earth Sci.*; 33 (2): 211- 225
 18. 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.
 19. Duclaux G. (2003) – Etude pétrologique et structurale des massifs basiques et ultrabasiques de la zone de suture panafricaine de la chaîne des Dahomeyides au Togo : Implications géodynamiques. Mém. DEA, Lab. Dyn. Lithos. Univ. J. Monnet, St-Etienne, 29 p.
 20. Duclaux G., Menot R.P., Guillot S., Agbossoumonde Y., Hilairet 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.
 21. Hilairet N. (2004) – Le massif granulitique HP de Kabyé (Nord-Togo), témoin d'un arc continental impliqué dans l'orogénèse panafricaine. DEA, Univ. J. Monnet St-Etienne, 52 p.
 22. Lancelot J.R., Boullier A.M., Maluski H., Ducrot J. (1983) – Deformation and related radiochronology in a late Pan-African mylonitic shear zone, Adrar des Iforas (Mali). *Contr. Mineral. Petrol.* 82, pp 312-326
 23. Ménot R. P. (1980) – Les massifs basiques et ultrabasiques de la zone mobile panafricaine au Ghana, Togo et au Bénin. *Etat de la question. Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7 : 297 – 303.
 24. Menot R.P., Seddoh K.F. (1985) – The eclogites of Lato Hills (South Togo, West Africa): relics from early tectonometamorphic evolution of the Pan-African orogeny. *Chemical Geology*, 50, pp. 313–330.
 25. Nicolas A. (1988) – Principes de tectonique. Masson (2^e Ed.), Paris, 223p.
 26. Passchier C.W., Trouw R.A.J. (1995) – Micro-tectonics. Springer (Edit), 253 p.
 27. Sabi B.E. (2007) – Etude pétrologique et structurale du Massif Kabyè, Nord-Togo. Thèse Doctorat, Univ. Lomé, 256 p.
 28. 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, n°4, pp. 479–486.
 29. Spry A. (1969) – Metamorphic textures. Edit. Pergamon Press, Oxford, 350 p.
 30. Tairou M.S. (2006) – La tectonique tangentielle panafricaine au Nord-Togo. Thèse Doctorat, Univ. Lomé, n° 135, 401 p.
 31. Tairou M.S., Affaton P., Gelard J.-P., Aite R., Sabi B.E. (2007) – Panafrican brittle deformation and paleostress superposition in northern Togo (West Africa). *CR Géosciences* 339, pp. 849-857.
 32. 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*, vol. 7 n°2, pp. 93 – 100.