

IGNEOUS STRUCTURES, DEFORMATION AND CONTACT METAMORPHISM ASSOCIATED WITH THE EMPLACEMENT OF BOUSSOUMA DOLERITE DYKE (BURKINA FASO, WEST-AFRICAN CRATON).

Urbain WENMENGA* and Pascal AFFATON**

ABSTRACT

The dolerite/gabbro dyke of Boussouma area in Burkina Faso, more than one hundred km in length, cuts Birimian volcano-sedimentary series following E-W to NWW-SEE trend. Petrologic studies highlight a layered structure within the dyke due to magmatic segregation flow and accumulation processes as well as grain-size change from the margin to the core of the intrusion. Deformation of the surrounding Birimian country rocks took place and thermal metamorphism reaching near the contact to the biotite-garnet isograd occurred. The presence of Birimian rocks xenoliths in dolerite and the development of microlitic or microgranular chilled margin at the contact, indicates a post Eburnean (2200-2000Ma) probably a Mesoproterozoic emplacement of this dyke which is undeformed and unmetamorphosed. Similar characters were enhanced in numerous post-Birimian doleritic dykes of Burkina Faso and of West African countries.

Key words - Burkina Faso - Dyke - Dolerite/gabbro - Layering - Birimian - Volcano-sedimentary-Contact metamorphism.

STRUCTURES IGNÉES, DÉFORMATION ET MÉTAMORPHISME DE CONTACT ASSOCIÉS À LA MISE EN PLACE DU DYKE DE DOLÉRITE DU BOUSSOUMA (BURKINA FASO, CRATON OUEST AFRICAIN).

RÉSUMÉ

Le dyke de dolérite/gabbro de la région de Boussouma au Burkina Faso, long de près d'une centaine de km, recoupe les séries volcano-sédimentaires birimiennes suivant une orientation E-W à NWW-SEE. Des études pétrologiques ont permis de mettre en évidence des structures litées au sein du dyke dues à des processus de ségrégation, de fluidalité et d'accumulation magmatiques, ainsi que des variations texturales de la bordure au cœur de l'intrusion. Une déformation des formations birimiennes encaissantes et un métamorphisme thermique atteignant au contact, l'isograde biotite-grenat a également été mis en évidence. La

* Département des Sciences de la Terre, UFR/SVT, 03 BP 7021 Université Ouagadougou 03, Burkina Faso. Fax : (226) 50-30-72-42. e-mail : urbain_wenmenga@univ-ouaga.bf ; adresse de correspondance.

** CEREGE-UMR 6635 CNRS, Université d' Aix- Marseille III

B.P. 80, 13545 Aix-EN-Provence cedex 04. France. Fax : (33) 04 91071398. e-mail : affaton@cerege.fr.

- *Manuscrit déposé le 04 Octobre 2006, accepté après révision le 08 Août 2007.*

présence de xénolites de roches birimiennes dans la dolérite et les bordures figées microgrenues ou microlitiques développées à leur contact, indiquent une mise en place post éburnéenne (2200-2000Ma), probablement mésoprotérozoïque du dyke qui en outre ne présente ni traces de déformation, ni de métamorphisme. Des caractères pétrologiques similaires apparaissent dans les autres dykes doléritiques post birimiens du Burkina Faso et d'autres régions de l'Afrique de l'Ouest.

Mots clés - Burkina Faso - Dyke - Dolérite/gabbro - Litage - Birimien - Volcano-sédimentaire- Métamorphisme de contact.

VERSION ABRÉGÉE

INTRODUCTION

Le dyke de dolérite/gabbro de la région de Boussouma (Burkina Faso) recoupe suivant une direction E-W à NWW-SEE, les séries birimiennes de la ceinture de Kaya (fig.1A-B). Il est marqué par une nette signature aéromagnétique et spectrale, un atout important et utile en matière de cartographie géologique. Des études de terrain ont permis d'identifier quelques structures magmatiques et post ignées dans ce dyke et de préciser ses relations chronologiques avec l'encaissant.

CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Le dyke est encaissé par des formations volcaniques et volcano-sédimentaires birimiennes (fig.1C), métamorphisées dans le faciès schiste vert et recoupées par un cortège de petites intrusions de microgranite, de microdiorite, de diorite, de gabbro et d'ultrabasite liées à l'orogénie éburnéenne (2200-2000Ma).

CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES

Le dyke est constitué de la bordure au cœur, de microdolérite, de dolérite et de gabbro à texture intergranulaire à ophitique, rarement intersertale caractérisés par d'importantes variations du grain. L'augite et le plagioclase basique constituent les phases majeures associées à des

phases mineures d'olivine ferrifère, d'orthopyroxène, d'ilménite, de quartz et de micropegmatite. Cette composition minéralogique est compatible avec une signature tholéiitique confirmée par les investigations géochimiques (Castaing *et al.*; 2003 a).

STRUCTURES MAGMATIQUES ET POST MAGMATIQUES

Ces structures sont de nature variée et ont un caractère local, bien que souvent oblitérées par l'altération en boules du dyke. Les structures ignées sont représentées par des fluidalités plano-linéaires et des rubanements minéralogiques (figs.2-1,2-2), par des litages grossiers (fig.2-3) et des figures de lamination. Elles ont largement été décrites dans de nombreuses intrusions basiques à travers d'autres régions du monde (Baer and Reches, 1987; Bickford, 1963; Leaman, 1975). L'évolution post magmatique du dyke se traduit par le développement d'un système de diaclases en extension lié à des contraintes tectoniques tardives mineures.

RELATIONS AVEC L'ENCAISSANT

Le dyke contient des xénolites de roches birimiennes (figs.2-4,2-5), émet de rares filonets dans l'encaissant, développe un métamorphisme de contact et montre des bordures figées à texture volcanique (fig.2-7). Le long du dyke, les séries volcano-sédimentaires birimiennes et les intrusions ultrabasiques, basiques et

granitiques mineures, montrent une schistosité de directions majeures N50E et N100E avec un pendage subvertical à vertical. Ces faits démontrent la postériorité du dyke vis à vis du système birimien et sa mise en place probable à l'état vertical. D'autres auteurs (Bassot, 1963; Napon, 1988; Leaman, 1975; Maaloe, 1978; Loney and Himmelberg, 1983; Sawadogo, 1983) ont établi les mêmes types de relations au sein d'autres dykes doléritiques.

ÉTUDE DU MÉTAMORPHISME DE CONTACT

Le métamorphisme thermique induit par le dyke, transforme localement les roches basiques encaissantes en amphibolites et les pyroclastites felsiques en cornéennes. Ces facies sont souvent enrichis en sulfures et oxydes de fer, révèlent également des paragenèses à biotite-grenat (fig.2-8bis) et la recristallisation d'amphibole métamorphique de type tschermackite. Les formations encaissantes sont affectées d'une part par une altération hydrothermale, type silicification, chloritisation, carbonatation ou une métagénèse sodique (Bassot, 1963), d'autre part par une déformation ductile. L'utilisation de géothermomètres à biotite et grenat (Baltatzis, 1979) ou à amphibole seule (Laird and Albee, 1981) situe la température de contact dans la zone à grenat (figs. 6,7) estimée par certains auteurs dans d'autres contextes géologiques à 500-600°C (Baltatzis, 1979; Doumbia, 1998). Les compositions des phases minérales sont indiquées sur les tableaux I à III et les figures 3 à 5.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les déformations ductiles, le contact thermique dans la zone à grenat et le redressement induits par le dyke de Boussouma sur les séries birimiennes encaissantes de la ceinture de Kaya, suggèrent une injection tardive du magma doléritique à travers les fractures et zones de

cisaillement préexistantes (Cadman and *al.*, 1990; Tokarski, 1990; Leaman, 1975). Une mise en place probablement à un stade fluidal et à l'état vertical est une hypothèse émise par certains auteurs (Botha and Hodgson, 1976; Delfour et Jeambrun, 1970; Machens, 1973; Somda, 1995). Le processus s'est manifesté sans doute dans les conditions de non turbulence apparente du liquide (Bickford, 1963). La désagrégation en boules et le développement fréquent d'un cortex d'altération des roches, oblitèrent les structures linéaires ignées et leur mesure systématique indispensable à l'étude cinématique du dyke. Les sills doléritiques de la couverture néoproterozoïque occidentale, ont fourni des âges K/Ar proches de 250± 13 Ma (Hottin et Ouédraogo, 1975) tandis que les dykes de dolérite/gabbro traversant la ceinture birimienne de Pissila au nord du pays donnent des âges fini paléoproterozoïques de 1814 Ma (Castaing et *al.*, 2003 b). D'après les travaux de Bassot et *al.* (1986), le dyke de Boussouma aurait un âge mésoproterozoïque, contemporain des filons de dolérite du Niger occidental datés au K/Ar à 1379± 26 Ma (Ama Salah, 1991), mais postérieur aux filons basiques mis en place entre 1750 et 1609 ± 45 Ma dans la dorsale Reguibat (Dosso et *al.*, 1979). Ces indications amènent à conclure sur l'existence de plusieurs cycles d'émission doléritique au Burkina Faso, à l'instar du craton Ouest Africain.

I- INTRODUCTION

The doleritic dyke of Boussouma area occurring in the geological map of Ouagadougou (Castaing et *al.*, 2003 a) intrudes the Birimian volcano-sedimentary series of Kaya belt, following E-W and NWW-SEE trend (fig.1A-B). It is a significant component of a great dyke of more than 300km long, cutting all the lithological units mapped in the square degrees of Boulsa (Ouédraogo, 2003), of Ouagadougou (Ducelier, 1963; Castaing et *al.*, 2003a) and

Koudougou (Chevremont et al., 2003) of the central plateau of Burkina Faso. Its photogeologic, thermographic (TM) and aeromagnetic signature is clear, in spite of the discontinuous and sporadic character of the outcrops on the ground. Boulders disintegration of variable size of dolerite and gabbro, restricts observations of petrologic relationships with the country rocks. Detailed field studies and microscopic observations, permit the identification of local igneous structures, deformation and contact metamor-

phism (Machens, 1973; Somda, 1995) related to the emplacement of this post Birimian dyke.

II- PETROGRAPHIC FEATURES

The dyke consists from the margin to the core of chilled microdolerite, intergranular to ophitic, intersertal dolerite and gabbro and pegmatitoid, displaying minor scale grained variation within facies. Augite and calcic

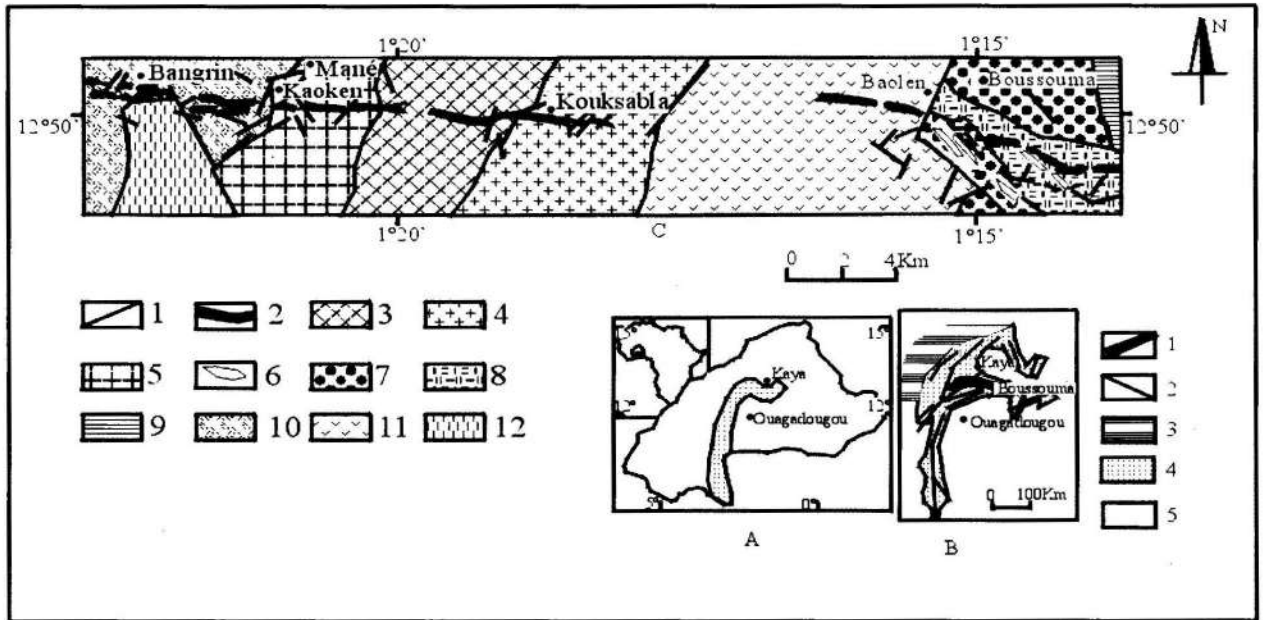


Fig. 1 A. Location map of Kaya Birimian belt (*Carte de localisation de la ceinture birimienne de Kaya*)

B. Geological sketch map of Kaya Birimian belt and location of Boussouma area (*Esquisse géologique de la ceinture birimienne de Kaya et localisation de la région de Boussouma*).

1. Dolerite dykes (*Dyke de dolérite*), 2. Strike-slip fault (*Décrochement*), 3. Neoproterozoic sedimentary cover (*Couverture sédimentaire néoprotérozoïque*), 4. Birimian volcano-sedimentary rocks (*Formations volcano-sédimentaires birimiennes*), 5. Undifferentiated Palaeoproterozoic granitoids (*Granitoïdes paléoprotérozoïques indifférenciés*).

C. Country rocks sketch map of Boussouma dolerite dyke (*Schema géologique de l'encaissant du dyke de dolérite du Boussouma*)

1. Photofracture (*Photofracture*), 2. Dolerite dyke (*Dyke de dolérite*), 3. Quartz microdiorite (*Microdiorite quartzique*), 4. Diorite (*Diorite*), 5. Porphyreous granodiorite (*Granodiorite porphyroïde*), 6. Ultrabasite (*Ultrabasite*), 7. Metagabbro (*Métagabbro*), 8. Dacitic tuff (*Tuf dacitique*), 9. Volcano-sedimentary series (*Séries volcano-sédimentaires*), 10. Metadacite (*Métadacite*), 11. Metabasalt (*Métabasalte*), 12 Amphibolite (*Amphibolite*).

plagioclase represent major intergrowth major phases occurring with ferriferous olivine, orthopyroxene, Fe-Ti oxides, quartz and micropegmatite as minor components. This mineralogical composition is compatible with tholeiitic basalt signature reported by Castaing and *al.* (2003a).

III- GEOLOGICAL SETTING

Photo- interpretation and perpendicular cross sections to the direction of the dyke, allow to outline the geological map (fig.1C) of this intrusion and of the host rocks which include volcanic and volcano-sedimentary units metamorphosed in the greenschist facies and cut by a cortège of various intrusions. The volcanic unit consists of tholeiitic basalt and dacite flows and ejectas (tuff, lapillis), while the volcano-sedimentary units associated in alternance, felsitic tuffs, chemical sediments such as garnet chert, graphitic schist and pelitic sediment. The cortège of intrusions comprises gabbro, ultramafite, microdiorite, diorite and porphyreous granodiorite.

IV - MAGMATIC AND POST MAGMATIC STRUCTURES

1- Magmatic structures.

Punctually in the doleritic facies and accessorially in the gabbro, two types of magmatic structures, such as linear and planar structures are recognized. The first corresponds to a relatively discrete linear fluidity, generally underlined by a preferential orientation of small plagioclase crystals, the second appears mainly in the doleritic facies as layering. The layering consists of rhythmic alternation of vertical dark beds rich in ferromagnesian minerals (Pyroxene, ± olivine, opaques) and of light rich plagioclase, with a thickness lower than 10 cm (fig.2-1). This type of layering due to the variation of modal mineral composition, was described in the dolerites of Deccan Trap in India, and in a layered

gabbro intrusion of North Western Ontario in Canada (Shaw, 1997). Truncation (Bickford, 1963; Leaman, 1975) and the beds displacement by microfractures (fig.2-2) are common features. The bedding is made of regular and parallel jointing units of decimetric to metric thickness (fig.2-3). They are oriented N60 - 140E and display subvertical to sub-horizontal (20°) dip. The thickness of bedding in some dykes swarms may be more important according to Baer and Reches (1987).

2- Post magmatic structures

The role of joints and the action of fluids in the boulders alteration of variable size of dolerites, fall under the post magmatic microtectonic evolution of Boussouma dyke. Two systems of extension joints were highlighted in the two facies of the dyke. A system of vertical and orthogonal joints and a set of horizontal to sub-horizontal joints striking N20E, are recognized in the Boussouma dyke. These systems may be present in other types of dyke as well felsic (Mueller and Donaldson, 1992) than basic (Sethna and *al.*, 1999), and are interpreted as «grid lock» fractures, related to late regional tectonic stress.

V- RELATIONS WITH COUNTRY ROCKS

1- Dykes

The injection of the dykelets in the host rocks seems to be scarce and local. Only a small injection of microdolerite of 5-10cm thickness and one meter long, were observed in amphibolites host rock in the western part of the intrusion. Fine grained dolerite locally cross cuts medium to coarse grain facies and established their relative chronology.

2- Enclaves

Rare small ovoid xenoliths (>20 cm) of dacitic tuff (fig.2-4) and quartz microdiorite (fig.2-5)

appear in the contact zones of dolerite with the country rocks and were also observed in the doleritic dyke of Kiakia by Sawadogo (1983). The septa of dacitic tuff and ultramafite of decametric thickness, are occasionally packed by the dyke.

3- Chilled margins

The contacts of dolerite with the country rocks are frequently underlined by discontinuous narrow centimetric to metric chilled margins which would be in connection with the nature of lithologic context of the dyke (Mueller and Donaldson, 1992), when the dyke cuts a quartz microdiorite intrusion. The contact with it (fig.2-6) can be followed over one hundred meters, in particular in the Kouksabla area (fig.1). Near these contact zones, the dolerite acquires porphyritic or aphanitic chilled texture (fig.2-7). The chilled margins are usually described in numerous dolerite dykes (Bassot, 1963; Napon, 1988; Leaman, 1975; Maaloe, 1978) and in layered gabbro pluton (Loney and Himmelberg, 1983).

4- Deformation and metamorphism

The country rocks show near the contact with dolerite/gabbro dyke, a joint cleavage of variable direction with a constant vertical dip. Horizontal mineral lineations often carried by this planar structure, are directed N50E or N100E. The contact also induces in felsic tuffs and cinerites crenulation microfolds or meter-scale upright folds. The transformation of Birimian dacitic tuff into biotite or biotite and garnet hornfels and the gabbro into amphibolites of metric to decametric thickness commonly rich in sulphides, is the consequence of contact metamorphism of the dyke. In the greenschist facies host rocks, in addition to their cleavage structure, the contact metamorphism with dolerite dyke involves to albite and magnetite crystallization.

VI- STUDY OF CONTACT METAMORPHISM

1- Mineralogical signature of metamorphism and metasomatism

Modifications of texture and structure, and various mineralogical recrystallization follow the thermal metamorphism of the country rocks. The hornfels are characterized by microcrystalline and knobly microtexture, and contain biotite-garnet paragenesis (fig.2-8). "Framboïdal" garnets of layered cherts are cemented by oxide phases and destabilized into minor acicular stilpnomelane, while "atoll" garnets of hornfels display biotite kelyphitic aureole. In amphibolites, sigmoidal bluish amphibole poekiloblasts with helicitic inclusions (quartz) and pressure shadows, are invaded by iron oxides and form intergrowth which point out the polygonal arcs structures and shearing deformation. Near the contact, quartz microdiorite exhibits rare igneous clinopyroxenes relicts with reactional hornblende rims (fig.2-9) of thermal origin. Fine grained microtexture appears in sheared dacitic lavas (fig.2-10), while mosaic recrystallization affects garnet rich chert. The frequent albitization of the country rocks in the contact with the dyke, may be related to a sodic metasomatic process (Bassot, 1963) also observed in Birimian basic rocks metamorphosed by granitic intrusions (Yao, 1998; Doumbia, 1998). According to these authors, the circulation of hydrothermal fluids may have produced a significant silicification, carbonatation, epidotization and chloritization of some host rocks.

2- Estimation of the geothermometric conditions

The thermal metamorphism conditions in hornfels and in amphibolites, were respectively evaluated using in a one hand « biotite-garnet » geothermometer defined in Baltatzis (1979) and amphibole in the other hand (Laird and Albee, 1981). According to electron microprobe analysis,

IGNEOUS STRUCTURES, DEFORMATION AND CONTACT METAMORPHISM ASSOCIATED WITH THE EMPLACEMENT OF BOUSSOUMA
DOLERITE DYKE (BURKINA FASO, WEST- AFRICAN CRATON)

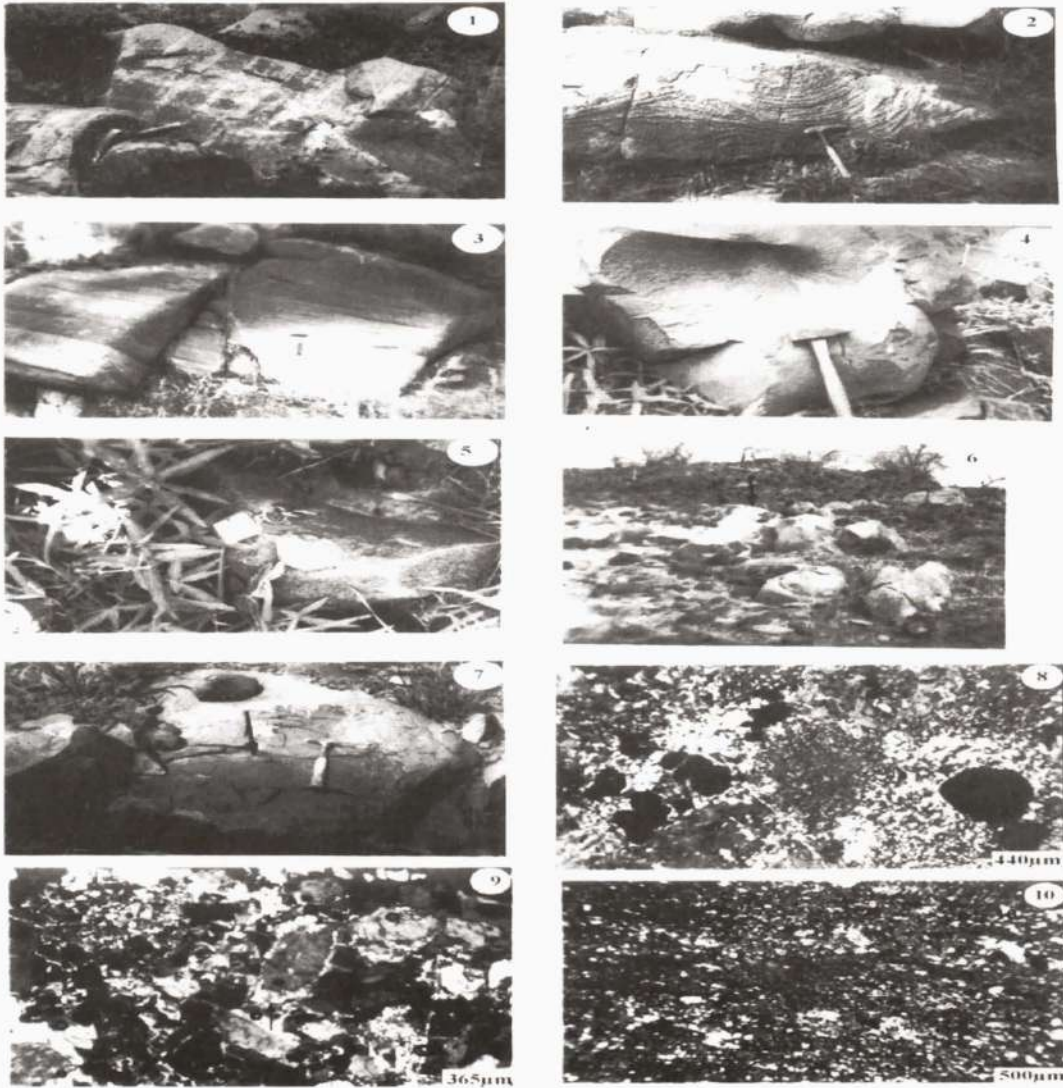


Fig. 2 - Photographs.

1. Modal and vertical rhythmic layering in doleritic facies (*Litage vertical rythmique et modal dans le faciès doléritique*), 2. Small scale layering showing truncation of layers (*Litage à petite échelle, montrant une troncation des lits*), 3. Magmatic bedding of doleritic facies disrupted by minor fracture (*Stratification magmatique du faciès doléritique, perturbée par une fracture mineure*), 4. Ovoid quartz xenolith of dacitic tuff in dolerite (*Enclave ovoïde de tuf dacitique dans la dolérite*), 5. Rounded quartz microdiorite xenolith in dolerite (*Enclave arrondie de microdiorite quartzique dans la dolérite*), 6. Contact between dolerite (small dark spheroidal boulder) and quartz microdiorite (light boulder) (*Contact entre la dolérite (petites boules sombres) et de microdiorite quartzique (grosses boules claires)*), 7. Basaltic chilled margin (dark) at the contact of dolerite with dacitic tuff (light) (*Bordure figée basaltique (sombre) de la dolérite au contact avec un tuf dacitique (clair)*), 8. Biotite garnet pairs assemblage in microcrystalline hornfels (*Assemblage du couple grenat – biotite dans les cornéennes microcristallines*), 9. Hornblende rim around pyroxene crystals in quartz microdiorite (*Couronne de hornblende métamorphique thermique autour des cristaux de pyroxène dans la microdiorite quartzique*), 10. Microcrystalline recrystallization of dacitic lava in the contact with dolerite (*Recrystallisation microcristalline de lave dacitique au contact avec le dyke de dolérite*).

the biotite of hornfels is of ferriferous nature (FeOt = 19-20%) and aluminous (Al₂O₃ = 17-18%) (table I), and has a composition which draws near that of lepidomelane (fig.3). Hornfels garnets show average ferro-manganesiferous composition FeOt=(19.92%), MnO=(21.17%),

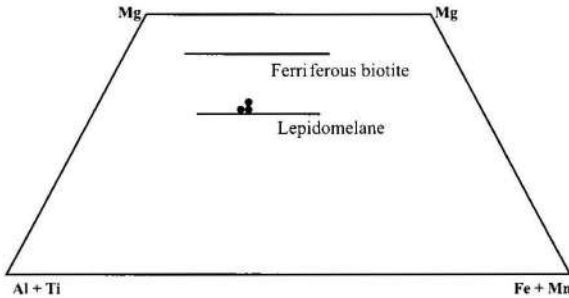


Fig. 3 - Plots of biotites of hornfels in Mg - Al + Ti - Fe + Mn after Foster (1960)

Position des biotites des cornéennes dans le diagramme Mg-Al+Ti-Fe+Mn d'après Foster (1960)

low in CaO (1.18%) (table II) associated with these biotites different from spessartine garnets of chert, which are more rich in MnO (30.92%), in CaO (6.5%) and less in FeOt (4.46%) (table II). These two types of garnets belong to the almandine-spessartine series (fig.4). Mn rich garnets may be also markers of contact

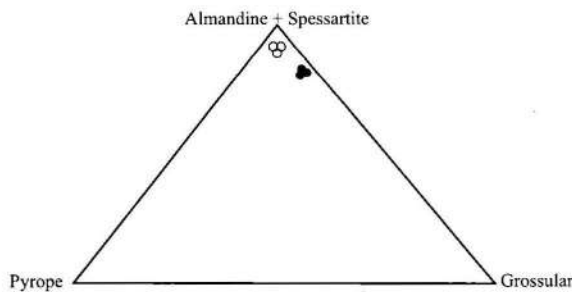


Fig. 4 - Plots of garnets of cherts (solid circle) and of hornfels (open circle) in almandine + spessartite - pyrope - grossular diagram, showing composition of almandine + spessartite series.

Position des grenats des cornéennes (cercles vides) et des cherts (cercles pleins) dans le diagramme almandin + spessartine - pyrope - grossulaire, indiquant une composition proche de la série almandin + spessartine.

metamorphism according to Napon (1988). In amphibolites, is observed recrystallization of ferriferous amphiboles (FeOt=25%) (table III) of tschermakite-hornblende type (fig.5),

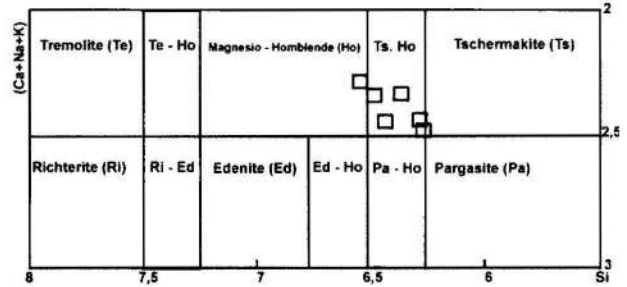


Fig. 5 - Tschermakite hornblende composition of amphiboles of amphibolites in (Ca + Na + K) - Si diagram, after Leake (1978).

Composition de Tschermakite hornblende des amphiboles des amphibolites dans le diagramme (Ca+Na+K)-Si d'après Leake (1978).

containing abundant Fe-Ti oxides of the ilmenite group. Tschermakite-hornblende appears under thermal conditions of garnet zone (Laird and Albee, 1981) (fig.6), in agreement with results provided by the biotite-garnet geothermometer after Baltatzis (1979) (fig.7). The temperature reached by this geothermometer is about 500°C

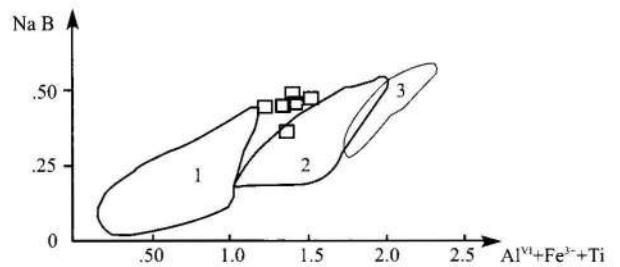


Fig. 6 - Affinity for garnet zone of amphiboles of amphibolites in NaB - Al^{VI} + Fe³⁺ + Ti diagram (Laird and Albee, 1981)

Affinité des amphiboles des amphibolites pour la zone à grenat dans le diagramme NaB - Al^{VI} + Fe³⁺ + Ti (Laird and Albee, 1981)

1. Biotite zone (**Zone à biotite**), 2. Garnet zone (**Zone à grenat**), 3. Staurolite - kyanite zone (**Zone à staurolite - disthène**).

(Baltatzis, 1979) and is between 500 to 600°C for tschermakitic hornblende, a temperature range, similar to amphibolite facies formed near granitic intrusions under medium pressure conditions (Doumbia, 1998; Sondo, 1986; Zonou, 1987).

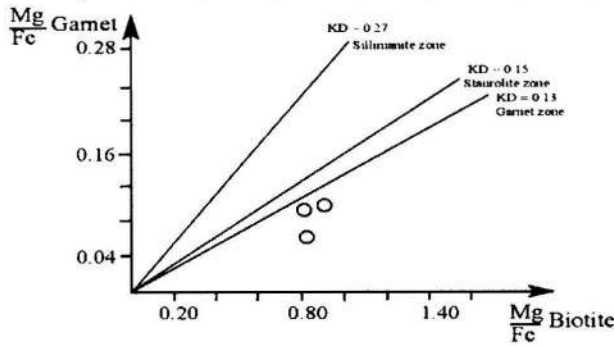


Fig. 7 - Affinity for garnet zone of biotite – garnet pair of hornfels, according to (Mg/Fe) distribution diagram of biotites and garnet after (Baltatzis, 1979).

Affinité pour la zone à grenat du système grenat – biotite des cornéennes, d'après le diagramme de distribution (Mg / Fe) entre la biotite et le grenat d'après (Baltatzis, 1979).

VII - DISCUSSION

Boussouma dolerite/gabbro dyke was emplaced during post Eburnean tectonic distension which favoured basic magma injection in brittle fractures or shear zones (Cadman and *al.*, 1990; Leaman, 1975; Tokarski, 1990). The emplacement of the dyke lead to a strong deformation of country rocks. Microfolds crenulation and asymmetric folds are noticed in a microscopic observation. The sigmoidal character and the presence of pressure shadows in the metamorphic minerals of the contact facies, indicate emplacement of the dyke in shearing environment. The straightening of cleavage of the country rocks and the vertical behaviour of the layering, suppose a vertical emplacement of the magma, process frequently observed in many intrusions systems (Botha and Hodgson, 1976; Delfour and Jeambrun, 1970; Machens, 1973; Somda, 1995). Modal rhythmic layering and bedding, however is locally encountered in the dolerite/gabbro facies, represents primary main igneous structures, frequently described in more famous

thickness layered gabbros in the world (Bickford, 1963; Irvine, 1982; Loney and Himmelberg 1983; Maaloe, 1978). Vertical rhythmic layering alternating pyroxene and plagioclase rich layers, is interpreted in the doleritic system of Deccan in India as the consequence of difference of the rates of chemical and thermal diffusion in the liquids (Sethna and *al.*, 1999), or of differential rate of mafic and plagioclase minerals settling (Bickford, 1963). It may be in all cases a process which indicates a non apparent magmatic turbulence (Bickford, 1963). The contact metamorphism induced in the country rocks by this dyke, locally reached to the garnet isograd with a temperature may be ranging from 500-600°C, similar to that caused by Eburnean syntectonic granites in the Birimian volcanic series (Delfour and Jeambrun, 1970; Doumbia, 1998). Bassot and *al.* (1986) reported that Boussouma E-W dyke may be of Mesoproterozoic age, contemporaneous of dolerite dykes of western Niger which provide 1319 ± 26 Ma K/Ar age (Ama Salah, 1991) but later than Pissila dyke (1814 Ma) in the north part of Burkina Faso (Castaing and *al.*, 2003b) and Reguibat shield basic intrusions emplaced between 1750 and 1609 ± 45 Ma (Dosso and *al.*, 1979). This dyke is older than doleritic sills of the western Neoproterozoic cover which are of Mesozoic age (250 ± 13 Ma) (Hottin et Ouédraogo, 1975).

VIII - CONCLUSION

Boussouma dolerite/gabbro dyke develops volcanic chilled microtextures, deformation and contact metamorphism in the Birimian volcano-sedimentary and plutonic series of Kaya belt. In the contact zones, xenoliths of Birimian country rocks are packed in the dyke which from the point of view of the relative chronology, indicates the post Eburnean emplacement of this intrusion through early fractures or brittle/ductile «shear zones». The straightening of cleavage of host rocks along the route of the dyke, the presence of vertical rhythmic character of the layering, suppose an injection of non turbulent basic magma in

probable vertical structures. These characters are also found in numerous post Birimian doleritic dykes of Burkina Faso and in West African countries. The mineralogical signature of dolerite/gabbro of the dyke is consistent with tholeiitic basalt composition. Compared to petrological features of Eastern Senegal and Western Niger basic intrusions of mesoproterozoic K/Ar age, Boussouma dyke may be a contemporaneous intrusion.

Acknowledgments : We are thankful to Michele Veschambre and Jean Luc- Devidal from «Magmas et Volcans» laboratory of Clermont Ferrand University, for mineralogical electron microprobe analysis.

REFERENCES

- AMA SALAH, I. 1991.** Pétrographie et relations structurales des formations métavolcaniques et sédimentaires du Birimien du Niger occidental. Problème de l'accrétion crustale au Protérozoïque inférieur. *Thèse, Université d'Orléans, France*, (3), 231 p.
- BAER, G. AND RECHES, Z. 1987.** Flow patterns of magmas in dikes, Makhtesh Ramon., *Geology*, 15, 569-572.
- BALTATZIS, E. 1979.** Distribution of Fe and Mg between garnet and biotite in Scottish Barrovian metamorphic zones. *Mineralogical Magazine*, 43, 155-157.
- BASSOT, J.P. 1963.** Etude géologique du Sénégal oriental et de ses confins guinéo-maliens. *Thèse, Université de Clermont Ferrand, France*, 322 p.
- BASSOT, J.P., CANTAGREL J.-M., JAMOND, C. ET DE CARVALHO, H. 1986.** Nouvelles données géochronologiques sur les dolérites et gabbros de l'Est Sénégal et de la Guinée Bissau. Réflexions sur l'âge de mise en place et répartition du magmatisme tholéiitique «continental» à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest. *Garcia de Orta, Service Géologique, Lisboa*, 9, (1-2), 1-14.
- BICKFORD, M.E. 1963.** Petrology and structure of layered gabbro, Pleasant Bay, Moine. *Journal of Geology*, 71, (2), 215-237.
- BOTHA, B.J.V. AND HODGSON, F.D.I. 1976.** Karoo dolerites in Northwestern Damaraland. *Transaction Geological Society of South Africa*. 79. 186-190.
- CADMAN, A., TARNEY, J. AND PARK, R.G. 1990.** Intrusion and crystallization features. In: Parker, Rickwood - Tucker (Editors). *Proterozoic dyke swarms: in Mafic Dykes and Emplacement Mechanisms, Balkema, Rotterdam*, 13-24.
- CAPUTO, R. 1995.** Evolution of orthogonal sets of coeval extension joints. In *Blackwell Science Ltd, Terra Nova*, 7, 479-490.
- CASTAING, C., CHEVREMENT, P., DONZEAU, M., EGAL, M., OUEDRAOGO, I., KOTE, S., KABORE, E.B., BILLA, M. ET ZIDA, B. 2003 (a).** Carte Géologique Ouagadougou, feuille ND-30-V, 1/200.000. *Ed. B.R.G.M.*
- CASTAING, C., BILLA, M., MILESI, J.P., THIEBLEMONT, D., LE METOUR, J., EGAL, E., DONZEAU, M., GUERROT, C., COCHERIE, A., CHEVREMENT, P., TEGYEY, M., ITARD, Y., ZIDA, B., OUEDRAOGO, I., KOTE, S., KABORE, B.E., OUEDRAOGO, C., KI, J.C., ET ZUNINO, C. 2003 (b).** Notice explicative de la carte géologique et minière à 1/1.000.000 du Burkina Faso. *Ed. B.R.G.M.*, 7, A.C.P. B.K. 074, 147p.
- CHEVREMENT, P., DONZEAU, M., LE METOUR, J., KOTE, S., OUEDRAOGO, I., KABORE, E.B., EGAL, E., BILLA, M., ZIDA, B. ET CASTAING, C., 2003.** Carte géologique Koudougou, feuille ND-30-IV, 1/200.000. *Ed. B.R.G.M.*
- DELFOUR, J. ET JEAMBRUN, M. 1970.** Notice explicative de la carte géologique au 1/200 000 de l'Oudalan. *Ed. B.R.G.M.*, 63 P.
- DOSSO, L., VIDAL, PH., SICHLER, B. ET BONIFAY, A. 1979.** Age précambrien de dolérites de la dorsale Reguibat (Mauritanie). *Comptes rendus académiques des Sciences, Paris* 288, 739-742.
- DOUMBIA, S. 1998.** Géochimie, géochronologie et géologie structurale des formations birimiennes de Katiola - Marabadiassa (Centre - Nord de la Côte d'Ivoire). Evolution magmatique et contexte géodynamique du Paléoproterozoïque. *Thèse, Université d'Orléans, France. Doc. B.R.G. M.*, 276, 251 P.
- DUCELIER, J. 1963.** Contribution à l'étude des formations cristallines et métamorphiques du centre et du Nord de la Haute - Volta. *Mémoire. B.R.G.M.*, N°12, 320 P.

IGNEOUS STRUCTURES, DEFORMATION AND CONTACT METAMORPHISM ASSOCIATED WITH THE EMPLACEMENT OF BOUSSOUMA
DOLERITE DYKE (BURKINA FASO, WEST- AFRICAN CRATON)

- HOTTIN, G. ET OUEDRAOGO, O.F. 1975.** Notice explicative de la carte géologique à 1/1.000.000 de la république de Haute Volta, *Ed. D.G.M.*, 58p.
- FOSTER, M.D. 1960.** Interpretation of the composition of trioctahedral micas. *Geological Survey Professional Paper*, 354 B, 11-49.
- IRVINE, T.N. 1982.** Terminology for layered intrusion. *Journal of Petrology*, 23, (2), 127-162.
- LAIRD, J. AND ALBEE, A.L. 1981.** Pressure, temperature and time indicators in mafic schist. Their application to reconstructing the polymetamorphic history of Vermont. *American Journal of Science*, 281, 127-175.
- LEAKE, B.E. 1978.** Nomenclature of amphibole. *American Mineralogist*, 63, 1023-1052.
- LEAMAN, D.E. 1975.** Form, mechanism and control of dolerite intrusion near Hobart, Tasmania. *Journal of Geological Society of Australia*, 22 (2), 175-186.
- LONEY, R.A. AND HIMMELBERG, G.R. 1983.** Structure and petrology of the La Perouse gabbro intrusion, Fairweather range, southeastern Alaska. *Journal of Petrology*, 24, (4), 377-423.
- MACHENS, E. 1973.** Contribution à l'étude des formations du socle cristallin et de la couverture sédimentaire de l'Ouest de la République du Niger. *Mémoire B.R.G.M.* n°82, , 167 P.
- MAALOE, S. 1978.** The origin of rhythmic layering. *Mineralogical Magazine*, 42, 337-345.
- MUELLER, W. AND DONALDSON, J.A. 1992.** A felsic dyke swarm formed under the sea : the Archean Hunter Mine Group, South – Central Abitibi belt, Quebec. *Canada Bulletin of Volcanology*, 54, 602-610.
- NAPON, S. 1988.** Le gisement d'amas sulfuré (Zn, Ag) de Perkoa dans la province du Sanguié (Burkina Faso, Afrique de l'Ouest). Cartographie, étude pétrographique, géochimique et métallogénique. *Thèse, Université de Franche comté, Besançon, France*, (79), 310P.
- OUEDRAOGO, O.F. 2003.** Carte géologique de Boulsa, feuille ND-3a – VI 1/200.000, *Projet « Sysmin »*, ed. B.R.G.M.
- SAWADOGO, J. 1983.** Etude géologique du sillon birimien de Yalogo dans la région de Gangaol (Nord de la Haute Volta). *Thèse, université Franche-Comté, Besançon, France*, 414, 155 P.
- SETHNA, S.F., KOTHARE, P. AND JAVERI, P. 1999.** A note on inch scale layering in a dolerite dyke of the Deccan trap of Saurashtra, India. *Journal of Geological Society of India*, 54, 187-192.
- SHAW, C.S.J. 1997.** The petrology of the layered gabbro intrusion, eastern gabbro, Coldwell alkaline complex, Northwestern Ontario, Canada. Evidence for multiple phases of intrusion in a ring dyke. *Lithos*, 40, 243-259.
- SOMDA, N.A. 1995.** Etude pétrographique, géochimique et structurale des formations de Gose au sein du permis de recherche et d'exploitation minière d'Essakane (sillon de Dori – Burkina Faso). *D.G.P., Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, France*. 95 P.
- SONDO, D. 1986.** Les minéralisations en or de Bouroum Sud (NE du Burkina Faso, Afrique occidentale) dans leur contexte géologique et structural. Approche métallogénique. *Thèse, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France*. 185 P.
- TOKARSKI, A.K. 1990.** Dyke swarms as stress indicators : two constraints, In Parker, Rickwood and Tucker (Ed.). *Mafic Dyke and Emplacement mechanism, Balkema, Rotterdam*, 101-104.
- YAO, B. D. 1998.** Lithostratigraphie et pétrologie des formations birimiennes de Toumodi – Fettekro (Côte d'Ivoire). Implication pour l'évolution crustale du Paléoprotérozoïque du craton Ouest-africain. *Thèse, Université d'Orléans, France*. 191 P.
- ZONOU, S. 1987.** Les formations letpyno-amphibolitiques et le complexe volcanique et volcano-sédimentaire du Protérozoïque inférieur de Bouroum Nord (Burkina Faso, Afrique de l'Ouest). Etude pétrographique, géochimique, approche pétrogénétique et évolution géodynamique. *Thèse, université de Nancy I, France*, 254 P.

Table I - Representative chemical composition of biotites of hornfels

Composition chimique des biotites des cornéennes

N° analysis	5	6	7
SiO ₂	35,68	36,83	36,61
TiO ₂	1,75	1,74	1,65
Al ₂ O ₃	17,58	17,92	17,63
FeOt	19,75	19,17	19,43
MnO	0,26	0,35	0,29
MgO	9,89	8,74	9,40
CaO	0,18	0,12	0,40
Na ₂ O	0,03	0,11	0,12
K ₂ O	9,56	9,27	9,39
Cr ₂ O ₃	-	-	-
NiO	-	-	-
H ₂ O	3,88	3,85	3,87
Total	98,56	98,09	98,80
Si	2,759	2,867	2,835
Ti	0,101	0,101	0,095
Al	1,602	1,644	1,609
Fe	1,277	1,247	1,258
Mn	0,017	0,022	0,019
Mg	1,140	1,014	1,085
Ca	0,014	0,010	0,033
Na	-	0,016	0,018
K	0,942	0,920	0,928
Cr	-	-	-
Ni	-	-	-
OH	2,000	2,000	2,000

IGNEOUS STRUCTURES, DEFORMATION AND CONTACT METAMORPHISM ASSOCIATED WITH THE EMPLACEMENT OF BOUSSOUMA
DOLERITE DYKE (BURKINA FASO, WEST- AFRICAN CRATON)

Table II : Representative chemical composition of garnets of hornfels and cherts

Composition chimique des grenats des cornéennes et des cherts

N° analysis	Hornfels (n=6)			Chert (n=14)		
	Extreme values		Average	Extreme values		Average
	a	b	c	a	b	c
SiO ₂	36,14	36,98	36,46	36,28	37,34	36,64
TiO ₂	0,14	0,06	0,06	0,33	0,46	0,35
Al ₂ O ₃	20,54	20,72	20,57	20,58	21,17	20,81
Fe ₂ O ₃	0,84	0,65	1,03	1,37	0,36	1,37
FeO	19,56	20,12	18,89	3,10	4,34	3,09
MnO	19,99	20,13	21,17	31,44	31,21	30,92
MgO	0,99	1,15	0,99	0,75	0,89	0,72
CaO	1,39	1,3	1,18	5,73	5,77	6,5
Na ₂ O	-	-	0,003	0,02	0,03	0,02
K ₂ O	-	0,01	0,001	-	-	-
Total	99,58	101,13	100,39	99,6	101,57	100,45
Si	2,97	2,99	2,97	2,952	2,971	2,95
Ti	-	-	-	0,02	0,027	0,02
Al	1,98	1,97	1,97	1,973	1,985	1,97
Fe ³⁺	0,05	0,03	0,059	0,084	0,021	0,08
Fe ²⁺	1,34	1,36	1,28	0,21	0,288	0,2
Mn	1,39	1,37	1,45	2,166	2,103	1,96
Mg	0,12	0,13	0,11	0,09	0,105	0,08
Ca	0,12	0,11	0,10	0,499	0,492	0,56
Na	-	-	-	0,002	0,004	0,02
K	-	-	-	-	-	-
Crossular	1,00	1,60	0,80	11,5	13,9	13,52
Almandine	45,10	45,5	43,00	7,1	9,6	7,01
Pyrope	4,10	4,60	4,00	3,1	3,5	2,94
Spessartine	46,70	46,10	49,00	73,00	70,3	71,06
Andradite	2,60	2,00	2,50	4,20	1,1	4,22
Uvarovite	-	-	-	0,00	0,00	-

Table III - Representative chemical composition of amphiboles of amphibolites
Composition chimique des amphiboles des amphibolites

N° analysis	5	8	24	25	28	30
SiO ₂	42,54	40,46	41,81	40,87	41,69	42,18
TiO ₂	0,46	0,49	0,52	0,41	0,37	0,40
Al ₂ O ₃	9,6	11,67	10,64	11,38	10,29	10,07
FeO _t	25,09	25,27	25,09	25,32	24,23	24,96
MnO	0,35	0,35	0,48	0,42	0,38	0,41
MgO	6,19	5,52	6,20	5,77	6,38	6,13
CaO	10,94	11,05	10,58	11,21	11,43	10,61
Na ₂ O	1,34	1,63	1,64	1,61	1,54	1,58
K ₂ O	0,48	0,75	0,62	0,84	0,47	0,63
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0,03	-	-
Total	97,02	97,25	97,61	97,90	96,81	97,01
Si	6,52	6,24	6,36	6,26	6,43	6,47
Ti	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04
Al	1,73	2,12	1,91	2,05	1,87	1,82
Fe	3,22	3,26	3,19	3,24	3,12	3,20
Mn	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05
Mg	1,41	1,27	1,40	1,32	1,46	1,40
Ca	1,80	1,82	1,72	1,84	1,89	1,74
Na	0,39	0,48	0,48	0,48	0,46	0,47
K	0,09	0,14	0,12	0,16	0,09	0,12
Cr	-	-	-	-	-	-
Total	15,29	15,46	15,33	15,48	15,44	15,34