

Chapitre I : Cadre géographique et Contexte géologique

I. Cadre géographique

La boutonnière Kédougou - Kéniéba constitue la partie la plus occidentale des provinces birimiennes du Craton Ouest Africain. Elle couvre une superficie de 15000 Km² qui se répartit entre le Sud - Est du Sénégal et l'Ouest du Mali.

Le Sénégal oriental comprend deux régions naturelles :

- le massif de Mali constitue la partie septentrionale du massif montagneux de Fouta Djallon, sa limite Nord est marquée par une falaise grossièrement orientée Est – Ouest, qui vers l'Est en territoire malien, prend une direction W – NW pour constituer la falaise de Tambaoura ;
- la plaine de la Falémé – Gambie est une pénéplaine légèrement pentée vers le Nord et l'Ouest, elle est limitée à l'Est par la Falaise de Tambaoura qui constitue la terminaison occidentale du plateau mandingue.

La région de Kédougou se trouve au Sénégal oriental. Le village de Mako fait partie de la région de Kédougou, arrondissement de Bandafassi et communauté rurale de **Tomborokoto**. Cette dernière compte 14 villages et est répartie en haut Niokolo, bas Niokolo et Niokolo dans lequel se situe le village de Mako. Mako se positionne sur l'axe Kédougou – Tambacounda (RN7) à 43,1 km au Nord-Ouest de la ville de Kédougou, à 191 km au Sud-Est de la ville de Tambacounda et à 654 km au Sud-Est de la Cité Universitaire de Dakar (UCAD). Le village de Mako compte 3000 habitants avec comme principales ethnies les peuls, les malinkés et les bassaris. Ils vivent essentiellement de l'agriculture, de l'élevage, du commerce et de l'orpaillage

Le relief très accidenté est formé de plaines qui séparent parfois des collines de latérites ou de roches vertes.

L'hydrographie se résume à deux principaux cours d'eau qui prennent leurs sources dans le Fouta Djallon ; la Falémé, gros affluent du fleuve Sénégal, constitue sur une grande partie de son cours la frontière naturelle entre le Sénégal et le Mali et le fleuve Gambie.

Le secteur d'étude se localise au Nord du village de Mako, au niveau des localités de Dioubéla-Laminia-Léoba-Moussala-Sandiako ; pas loin de la rivière Falémé. Il se caractérise

par la présence d'une zone de cisaillement : la zone de cisaillement de Léoba- Moussala (Figure 3).

II. Contexte géologique

II.1. Le Craton Ouest Africain (COA)

Selon Rocci (1965), le continent africain est constitué d'un ensemble de blocs soudés entre eux par des zones mobiles (figure 1).

Le Craton Ouest Africain représentant l'un des blocs (figure 2), occupe 20% de la superficie du continent africain. Il est limité au Nord par l'Anti – Atlas, à l'Est par la zone mobile de l'Afrique centrale comprenant les chaînes panafricaines du Hoggar et de l'Adrar des Iforas au Nord et des Dahoménides au Sud et à l'Ouest par la zone mobile des Mauritanides et des Rockélides. Il est recouvert en grande partie par des formations sédimentaires d'âge Protérozoïque supérieur et Paléozoïque des bassins de Tindouf au Nord et de Taoudéni au centre (Peucat et al., 2005 modifiée).

Le craton peut être subdivisé en trois grands ensembles structuraux :

- la dorsale Réguibat au Nord ;
- la dorsale de Léo au Sud ;
- et les boutonnières de Kédougou - Kéniéba et de Kayes entre les deux précités. Les deux premiers ensembles sont constitués à la fois de terrains archéens et birimiens alors que les boutonnières ne sont formées que de terrains birimiens.

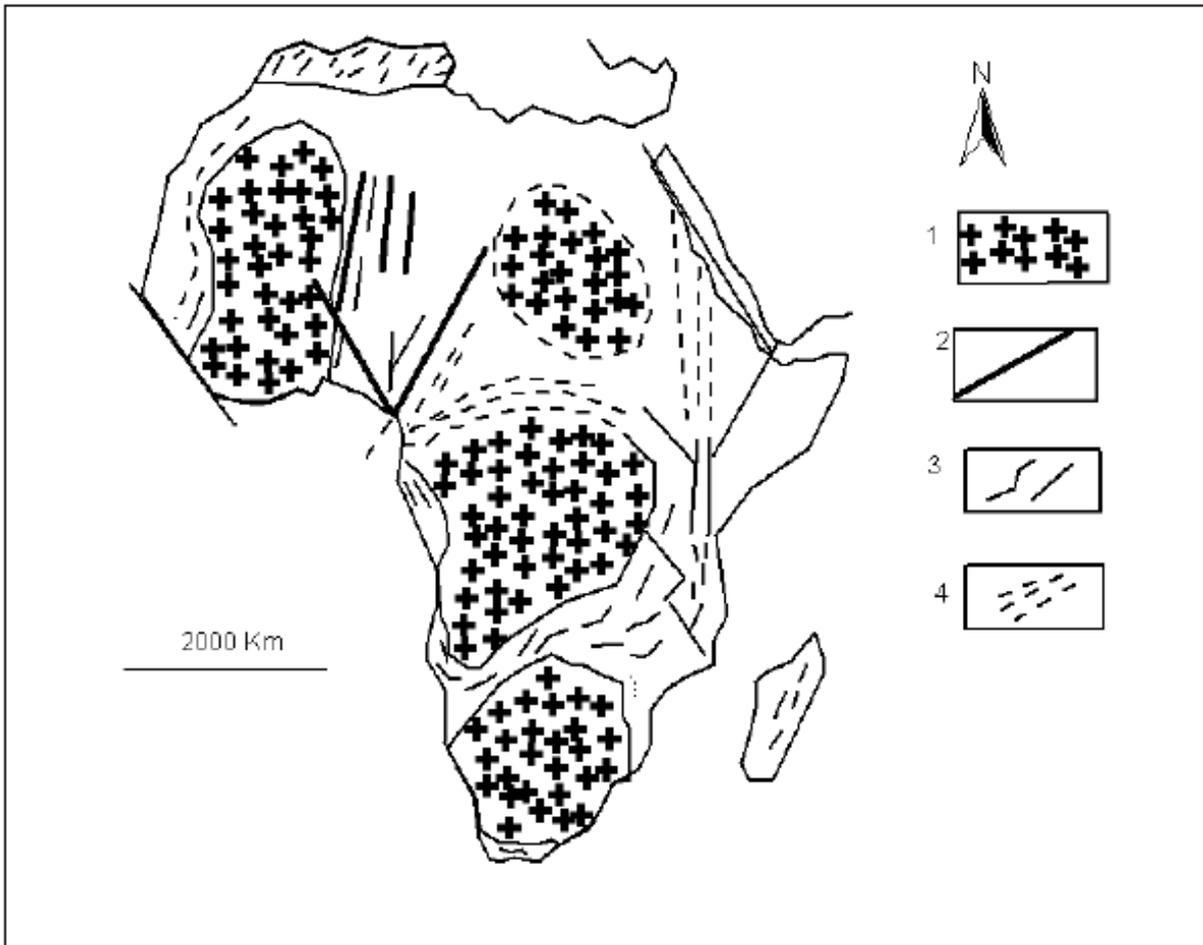


Figure 1: – Structure d’ensemble de l’Afrique (Rocci, 1965).

Légende : 1 – Zones stables, 2 – Fractures profondes (linéaments), 3 – Zones de plissement (Paléozoïque), 4 – Zones de rajeunissement (mobiles).

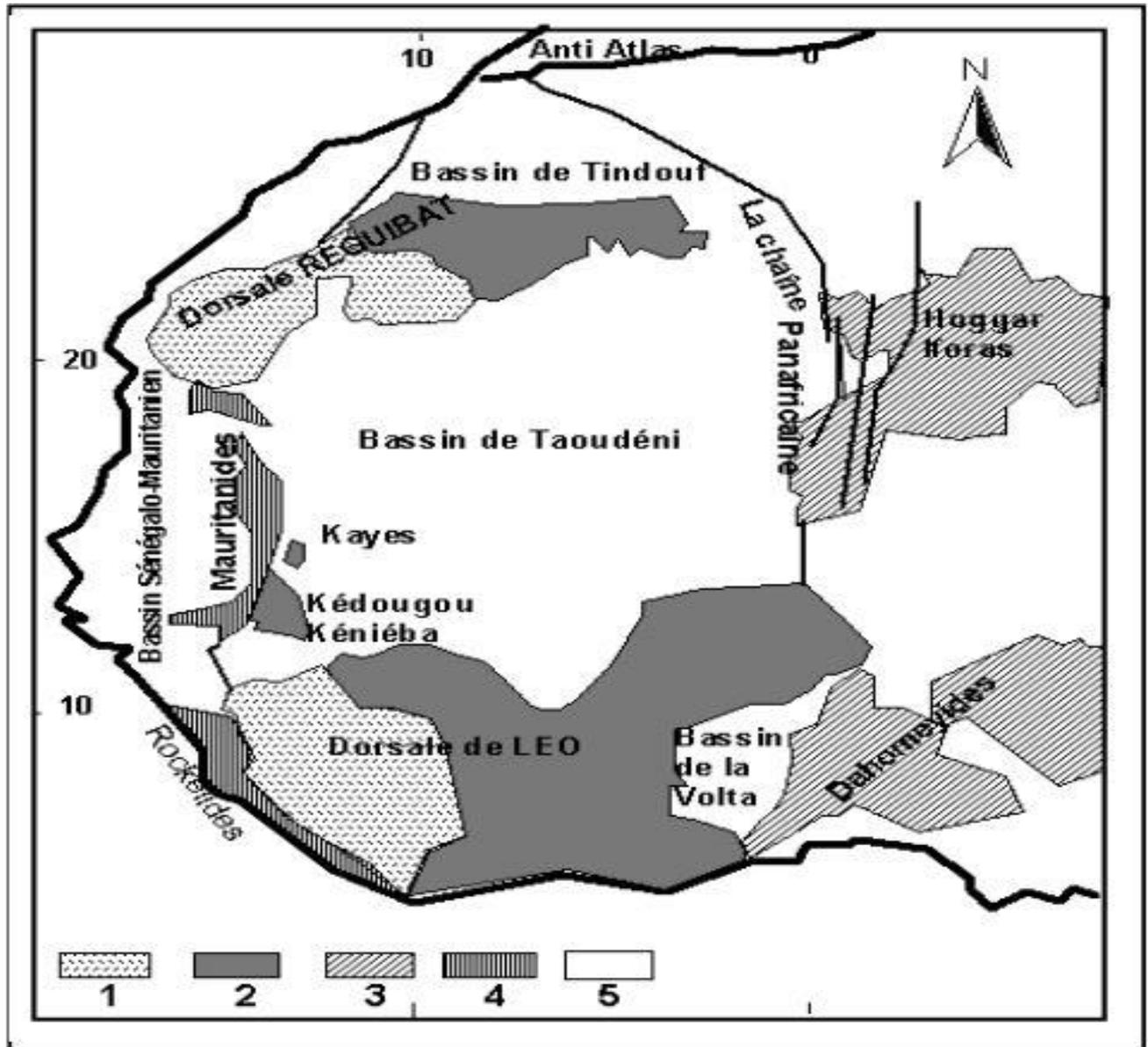


Figure 2: – Carte géologique du Craton Ouest Africain (Peucat et al., 2005 modifiée)

Légende : 1- Domaine Archéen, 2- Domaine Paléoprotérozoïque, 3- Segments affectés par le Panafricain, 4- La chaîne Hercynienne, 5- Ensembles de couverture sédimentaire.

II.2 La Boutonnière de Kédougou-Kéniaba (BKK)

Plusieurs études ont été menées dans la BKK afin de bien caractériser les formations qui s’y trouvent. Les formations birimiennes (paléo protérozoïques) de la boutonnière de Kédougou-Kéniéba, sont réparties en deux Super-groupes (Bassot, 1987), séparés par un important accident tectonique, la MTZ (Main Transcurrent Zone) : le Super-groupe de Mako à l’Ouest et celui de Dialé-Daléma à l’Est. Les formations géologiques de ces deux Super-groupes sont recoupées par plusieurs générations de massifs de granitoïdes répartis dans deux batholites : Badon-Kakadian et Saraya, intrusifs respectivement dans les Super-groupes de Mako et de Dialé-Daléma.

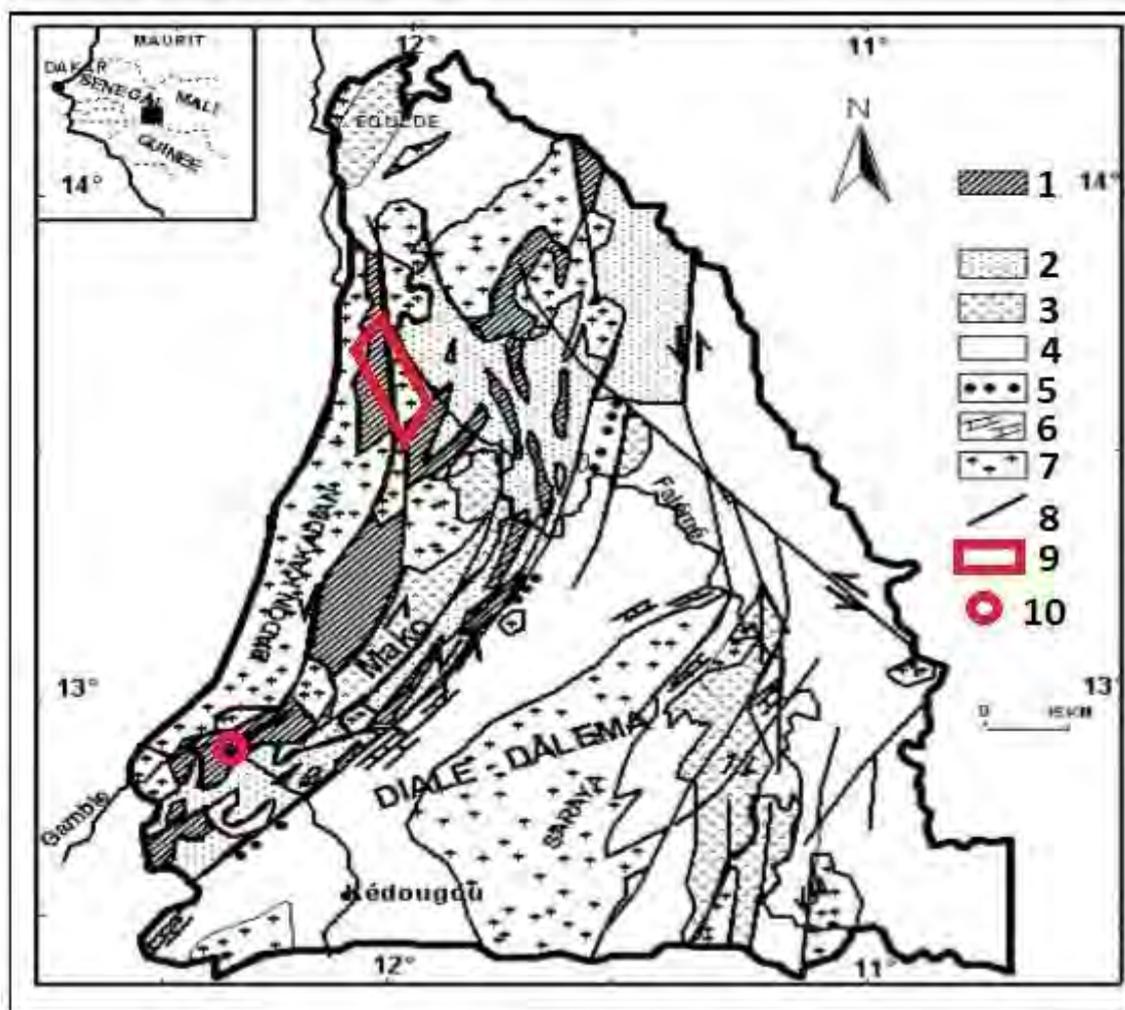


Figure 3 : Carte géologique de la boutonnière de Kédougou - Kéniéba (Bassot, 1966 ; Ledru et al. 1989. modifiée).

1- Coulées de basaltes, 2- Roches volcanodétritiques, 3- Andésites, 4- Métasédiments, 5- Conglomerats, 6- Carbonates, 7-Granitoïdes indifférenciés, 8-Failles transcurrentes, 9-Secteur d'étude, 10-Mako village.

II.2.1 Le groupe de Mako (GM)

Le groupe de Mako forme la partie occidentale de la boutonnière de Kédougou-Kéniéba. Il est constitué par une bande de roches vertes, d'une vingtaine de kilomètres de large, allongée NNE-SSW. Il a fait l'objet de nombreux travaux qui ont contribué à une meilleure connaissance de sa lithologie, sa pétrographie, sa géochimie et sa géochronologie (Bassot, 1963 ; Ngom, 1985 ; Dia, 1988 ; Dioh, 1995 ; Gueye et al., 2007). Il est constitué de complexes volcanique, volcano-sédimentaire et sédimentaire généralement métamorphisés dans le faciès épizonal ou mésozonal au contact des intrusions.

Les travaux de Dia (1988), Dia et al. (1997) dans le secteur de Sandikounda-Laminia-Kaourou montrent que la base du Birimien est constituée de panneaux de roches amphibolo-

gneissiques. Diallo (1994 et 2001) propose que la base du groupe de Mako de sédiments indifférenciés. Ngom (1985, 1989, 1995), Ngom et al. (2007) indiquent dans la partie centrale et méridionale du groupe une base constituée de roches basaltiques.

D'une manière générale, le groupe de Mako comprend des basaltes en pillow-lavas, des andésites, des rhyolites, des dacites, des gabbros etc. Ces roches volcaniques sont interstratifiées avec des roches volcano-sédimentaires et sédimentaires comprenant des grès, des grauwackes et quelques passées carbonatées ; le tout recoupé par des intrusions.

Par ailleurs, les formations du Super-groupe de Mako constituent l'encaissant de nombreuses intrusions plutoniques notamment des granitoïdes.

Théveniault et al (2010) précisent que le groupe de Mako comprend deux Formations : l'une à dominante volcanique de nature volcano-plutonique constituée par des ultrabasites, des basaltes, des dacites et des rhyodacites ; l'autre à dominante sédimentaire comprend des volcano-sédiments et sédiments avec des grès, des pélites et des conglomérats.

Cissokho (2010) distingue dans la partie méridionale du groupe de Mako, deux types de volcanisme. De la base au sommet, on a :

1)- un volcanisme sous – marin représenté par de puissantes coulées de metabasaltes en pillow interstratifiées avec des niveaux de quartzites d'aspect jaspéroïde associés à des massifs de métagabbros et de péridotites. L'absence de métasédiments détritiques intercalés ou de pyroclastites atteste d'une mise en place profonde.

2)- un volcanisme basique - intermédiaire - acide composé de metabasaltes à structure massive d'aspect amygdalaire, de méta-andésites, de métrarhyodacites, d'abondantes pyroclastites associés à des métasédiments volcanodétritiques. Le caractère explosif de ce volcanisme atteste d'une mise en place peu profonde à subaérienne.

Ces roches volcaniques sont recoupées par des granitoïdes syn à post tectoniques et des filons felsitiques de nature variée.

Dabo et al, (2017) soulignent que le groupe de Mako est composé de bas en haut par : (i) de roches ultramafiques (ii) de métagabbros qui passent progressivement à des metabasaltes (iii) des metabasaltes massifs et en coussin à vésicules (iv) de quartzites recouvrant localement les roches mafiques. Par ailleurs ces auteurs ont reconnu trois générations de granitoïdes éburnéens : (i) précoces (2215 à 2160 Ma) ; (ii) syn-tectonique (2150 à 2100 Ma) et post-tectonique (2090 à 2040 Ma).

II .2. 2 Le groupe de Dalé-Daléma (DD)

Il constitue la partie orientale de la boutonnière de Kédougou-Kéniéba, regroupant les anciennes séries du Dialé et de la Daléma, séparées par le batholite de Saraya (Bassot, 1966).

Au Sénégal oriental, les roches de ce groupe sont limitées, à l'Ouest et en contact anormal avec les formations du Groupe de Mako par la MTZ. Elles se disposent de part et d'autre du batholite de Saraya avec les segments Dialé à l'Ouest et Daléma à l'Est. Ce groupe qui affleure aussi bien au Sénégal qu'au Mali est recouvert en discordance au Sud et à l'Est par les formations du Précambrien supérieur et du Primaire (Falaise de la Tambaoura). Il est constitué essentiellement par un ensemble sédimentaire comprenant un groupe de base à caractère épicontinental tectoniquement instable, constitué par une alternance de quartzites, de pélites et de cipolins d'origine calcaireuse ou calcaro-dolomitique.

Ces formations sédimentaires et volcano-sédimentaires ont été intrudées par le granitoïde à clinopyroxène, hornblende et biotite de Boboti puis le granite de Saraya se mettant en place autour de 2000 Ma (Bassot et Caen Vachette, 1984) entraînant des skarnifications et une déstabilisation des paragenèses primaires dans l'encaissant volcanique et sédimentaire.

Ndiaye (1986) et Ndiaye et al. (1989) soulignent que les formations du Groupe de Dialé-Daléma ont été plissées isoclinalement et schistosées au cours d'une phase de déformation qui s'est accompagnée d'un métamorphisme régional de faible degré qui est plus jeune que la mise en place du granite de Saraya.

Des manifestations post-magmatiques d'albitisation et de tourmalinitisation affectent l'ensemble des formations du groupe de Dialé-Daléma (Bassot, 1987 et 1997 ; Ndiaye, 1994).

Dabo, (2011) souligne que le secteur de Frandi-Boboti comprend un ensemble sédimentaire recoupé par un complexe hypo-volcanique et volcanique puis par un complexe plutonique intrusif. Des sédiments détritiques et un volcanisme tardi- à post-birimien se sont mis en place ultérieurement. Ces formations sont affectées par la tectonique éburnéenne. Une minéralisation aurifère présente dans des veines et shear zones "orientées N20° serait liée à une activité tectono-magmatique post-birimienne qui aurait exercé un rôle important dans la remobilisation de l'or.

II.2.2. Le secteur de Dioubéla-Moussala-Laminia-Léoba-Sandiako

Les travaux antérieurs de cartographie géologique notamment ceux de Théveniaut et al., 2010, effectués dans ce secteur distinguent la **lithologie** suivante : des roches plutoniques constituées de granites, de granodiorites, de diorites et du complexe lité tonalito-dioritique ; des basaltes en pilow et roches vertes associées ; d'andésites et brèches andésitiques ; et des volcano-sédiments indifférenciés (**Figure 14**).

Sur le plan **tectonique**, le secteur est affecté par une faille décrochante senestre : il s'agit de la zone de cisaillement ductile de Léoba-Moussala. On note aussi la présence de failles inverses et de fractures.

1. Basales en pilows et roches vertes associées (figure 4)



Figure 4 : vue en détail des pilows du basalte de massakounda.

Ces pilows sont intacts et ne montrent pas de déformation pénétrative. Des vacuoles peuvent y être observées, en plein coeur, dues au retrait de la matière volcanique au moment du refroidissement. D'un point de vue géochimique, l'affinité tholéiitique caractérise les laves volcaniques. Ces tholéiites sont caractéristiques de basaltes de type MORB.

2. Volcano-sédiments indifférenciées (Figure 5)



Figure 5 : A gauche Gauche : schistosité et stratification subparallèles ; droite : ni stratification, ni schistosité ne sont visibles en apparence dans les tufs.

Dans le détail, cette formation est particulièrement composite. On retrouve, associées aux volcano-sédiments sensu stricto, de nombreuses variétés de roches magmatiques non seulement basiques, mais aussi intermédiaires à acides. A toutes les échelles, interstratifiées/interfoliées ou même sécantes sur la stratification, elles soulignent l'importante contribution du magmatisme et surtout du volcanisme à l'édification du Groupe de Mako.

3. Andésites et brèches andésitiques avec intercalations intermédiaires à acides (figure 6)

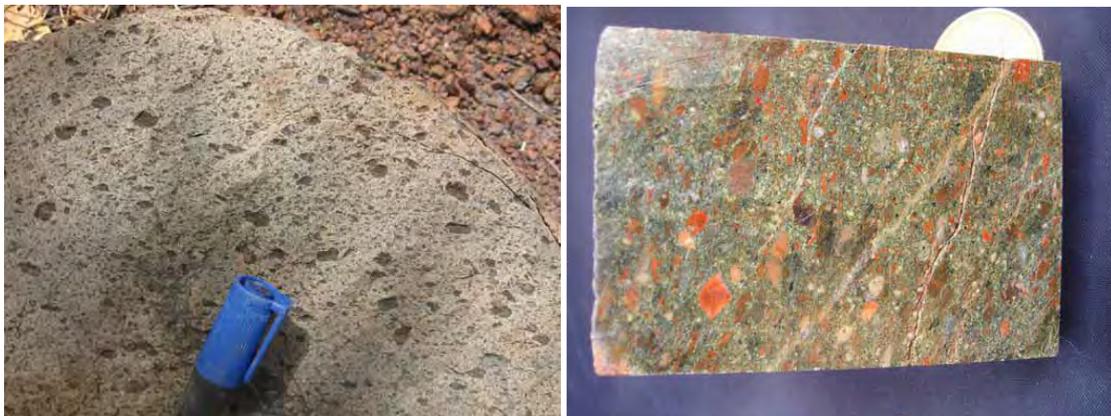


Figure 6 : Gauche Andésite porphyrique à phénocristaux de pyroxène ; droite Section vernie de roche volcanique acide de type rhyolite associée aux andésites .

Des intercalations intermédiaires à acides sont fréquentes dans la Formation andésitique où elles sont représentées par des roches volcaniques rhyolitiques et des tufs rhyolitiques avec feldspath orange, rouge brique à bordeaux. Ils portent une foliation marquée soulignée par des cristaux de forme ovale dans le plan d'aplatissement.

Du point de vue géochimique, les échantillons étudiés ont des compositions basiques à intermédiaires avec de fortes teneurs en Al_2O_3 ($11.5\% < Al_2O_3 < 16.5\%$), en CaO ($4\% < CaO < 9\%$), en Na_2O ($2.5\% < Na_2O < 7.7\%$), des teneurs variables en K_2O ($0.2\% < K_2O < 5.2\%$), et des teneurs en TiO_2 inférieures à 1%. Ces laves présentent une affinité calcoalcaline faiblement à fortement potassique.

Ces roches se situent essentiellement dans le champ du magmatisme calco-alcalin des zones de subduction.

4. Complexe lité tonalito-dioritique, avec présence locale de migmatite (Figure 7)

Ce Complexe plutonique est essentiellement composé de gabbro et de diorite disposés en lits de composition différente (Dioh *et al.*, 1991) (voir aussi Dia, 1988 et Gueye *et al.*, 2000).

Cette Formation affleure selon un axe N-S entre Sonfara et Dioubéba, avec une dominante tonalito-dioritique (Théveniaut *et al.*, 2010).



Figure 7: Gauche détail d'un des affleurements du complexe lité entre Sonfara et Dioubéba comportant une petite enclave basique allongée dans la foliation majeure, droite détail d'un affleurement de migmatite.

D'un point de vue géochimique ces roches ont des compositions basiques à intermédiaires ($52\% < SiO_2 < 63\%$) avec de fortes teneurs en Al_2O_3 ($14\% < Al_2O_3 < 17\%$), en CaO ($5\% < CaO < 10\%$), en Na_2O ($3.5\% < Na_2O < 5\%$), et des teneurs en TiO_2 inférieures à 1%. Elles présentent une affinité calco-alcaline faiblement potassique. Elles se situent essentiellement dans le champ du magmatisme calco-alcalin des zones de subduction.

5. Granite à granodiorite (Figure 8)



Figure 8 : Gauche foliation gneissique de la granodiorite soulignée par l'alignement des enclaves basiques effilées. Droite : texture porphyroïde nettement orientée.

Cet ensemble correspond à la partie thorifère de la Suite magmatique de Sandikounda-Soukouta (ex Badon-Kakadian). Ces roches se rencontrent, par exemple, sur la piste reliant Léoba à Laminia. La proximité d'importants couloirs de déformation subméridiens dans le secteur est responsable d'une gneissification locale de ces faciès porphyroïdes les transformant en véritables orthogneiss ocellés.

6. Tonalite (Figure 9)

Il s'agit de petits pointements de tonalite, plus ou moins alignés, dans la suite de Soukouta-Sandikounda, y compris dans le complexe lité, à l'ouest de l'ensemble basaltique de Tonkoto



Figure 9 : Gauche affleurement de tonalite à rares enclaves basiques provenant *très* probablement du panneau de roches basaltiques de Tonkoto, droite section vernie d'échantillon de tonalite.

7. Granite à biotite (Figure 10)

Il s'agit de granite en massifs circonscrits appartenant à la suite de Saraya. On trouve ce type au sein du massif de Laminia intrusif dans les andésites et brèches andésitiques.



Figure 10 : Granite à biotite