

## Analyse des données lithologiques du district aurifère du Yaouré

### [ Analysis of lithological data from the Yaouré gold district ]

*Niamien Michael Kouadio KOUAKOU<sup>1</sup>, Barthélémy Gnammytchet KOFFI<sup>1</sup>, Gbele OUATTARA<sup>1</sup>, Cisse AMADOU<sup>2</sup>,  
and Guillaume Yao YAO<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STéRMi), Laboratoire du Génie Civil, des Géosciences et Sciences Géographiques, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Exploration Manager-Fr West Africa, 28 BP 571 Abidjan 28, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Senior Geologist Exploration Perseus Mining, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The Yaouré gold district is located in the central-western part of Ivory Coast. The lithostratigraphy of this district is characterized from bottom to top as follows: (a) a series of metamorphic rocks, consisting of biotite gneiss and granodiorite gneiss; (b) a series of metasedimentary rocks, composed of medium to fine-grained sandstones and graphitic schists with elongated linear quartz-feldspar crystals and a north-south oriented schistosity.; (c) a series of volcanic rocks, consisting of pillow basalt flows associated with late-stage intrusive rocks (granodiorite, diorite, gabbro, tonalite, microgranodiorite, microdiorite, microgabbro), marking the end of magmatism; (d) a series of volcanoclastic rocks, composed of polygenic conglomerates. The petrographic study of the geological formations in the Yaouré gold district has allowed us to identify three main groups of rocks: (i) magmatic rocks (plutonic, subvolcanic, and volcanic); (ii) metamorphic rocks; (iii) volcano-sedimentary rocks (volcanoclastic and metasedimentary). Most of the lithologies in our study area are affected by greenschist metamorphism, characterized by minerals such as chlorite, sericite, epidote, as well as hydrothermal activity with carbonate fillings (calcite), quartz, potassium feldspar, sulfides, and varying amounts of gold.

**KEYWORDS:** Petrography, Gold-bearing district of Yaoure, Lithostratigraphy, Mining exploration, Central-Western of Ivory Coast.

**RESUME:** Le district aurifère du Yaouré est situé au centre-ouest de la Côte d'Ivoire. La lithostratigraphie de ce district se présente du bas vers le haut comme suit: (a) -un ensemble de roches métamorphiques, constitué de gneiss à biotites et gneiss granodioritique; (b) -un ensemble de roches métasédimentaires, composé de grès moyens à fins et de schistes graphitiques constitués de linéation d'étirement de cristaux quartzo-feldspathiques allongés et une schistosité orientée N-S; (c) -un ensemble de roches volcaniques, constitué de coulées basaltiques en coussins, associées à des épisodes tardives de roches intrusives (granodiorite, diorite, gabbro, tonalite, microgranodiorite, microdiorite, microgabbro) marquant la fin du magmatisme; (d) -un ensemble de roches volcanoclastites, composé de conglomérat polygénique. L'étude pétrographique des formations géologiques du district aurifère du Yaouré nous a permis de mettre en évidence trois principaux groupes de roches. (i) -les roches magmatiques (plutoniques, sub-volcaniques et volcaniques); (ii) -les roches métamorphiques; (iii) -les roches volcano-sédimentaires (volcanoclastites et métasédimentaires). La plupart des lithologies de notre zone d'étude sont affectées par un métamorphisme de schiste vert marqué par des minéraux tels que la chlorite, la séricite, l'épidote et également par un hydrothermalisme avec les remplissages des fracturations de carbonates (calcite), de quartz, de feldspath potassique, de sulfure et plus ou moins d'or.

**MOTS-CLEFS:** Pétrographie, district aurifère du Yaouré, Lithostratigraphie, Exploration minière, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire.

## 1 INTRODUCTION

Le district du Yaouré est caractérisé par la rareté d’affleurement dû à l’épaisse couverture végétale et à l’altération supergène, favorisant une large couche de cuirasse et rendant difficiles l’accessibilité des données pétrographiques. C’est ce qui fait que la pétrographie est incomplète. Ainsi, grâce aux nombreux sondages carottés, les connaissances pétrographiques doivent être améliorées. Par conséquent, le but de ce travail est d’améliorer les connaissances pétrographiques de la minéralisation aurifère du Yaouré.

## 2 CADRE D’ETUDE

### 2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D’ETUDE

La zone d’étude est située au centre-ouest de la Côte d’Ivoire, plus précisément dans le département de Bouaflé situé à 300 km d’Abidjan (capitale économique) et à 50 km de Yamoussoukro (capitale politique). Elle se situe entre les coordonnées UTM (X= 190 000 et Y=790 500) et (X=220 500 et Y=770 000) (Figure 1).

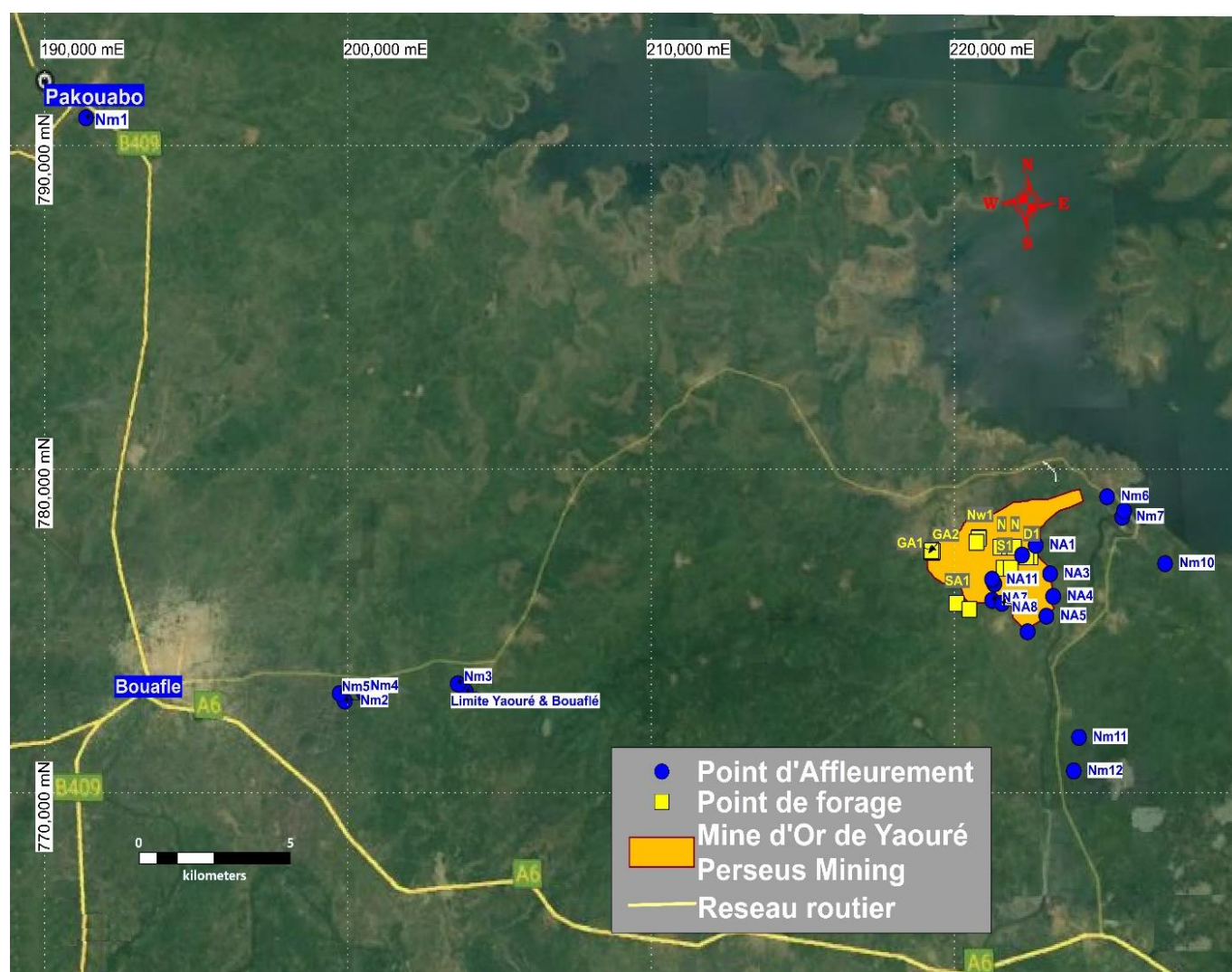


Fig. 1. Carte de localisation, d’affleurement et point de forage

## 2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL ET LOCAL

Les travaux [2] - [3] - [4] - [6], ont permis d'établir la lithostratigraphie du Yaouré. La lithostratigraphie du complexe du Yaouré central, appartenant au domaine Baoulé-Mossi du craton ouest-africain présente du bas vers le haut (Figure 2):

- Un ensemble de gneiss migmatiques à biotites, marqués par une foliation serrée, pouvant s'atténuer et disparaître par endroit pour donner à la roche l'aspect d'un granite homogène. Ces gneiss se rencontrent seulement sur la bordure ouest du yaouré et correspondent à un niveau structural catazonal;
- Un ensemble sédimentaire constitué d'un matériel vert sombre argilo-silteux passant à des grès fins grauwackeux parfois enrichis en niveaux quartzeux. Ces séquences ont une amplitude métrique avec un litage à la millimétrique. La stratification est généralement transposée dans le plan de schistosité (s1), correspondant à la première phase de déformation (d1). Le métamorphisme synchrone de cette déformation est de type schiste vert;
- Un ensemble essentiellement volcanique, constitué de coulées basaltiques en coussins qui sont associées à de minces niveaux d'épiclastites et de hyaloclastites. Tardivement, des intrusions plutoniques de gabbros, de l'ultrabasites, de diorites, de dykes, de rhyolites-dacites et de granites discordants marqueraient la fin du magmatisme régional;
- Un conglomérat polygénique de base, assimilable aux formations tarkwaiennes du ghana, remanie l'ensemble des formations précédentes avec des galets.

En résumé, l'histoire géologique de la zone d'étude se succéderait en sept (7) périodes:

1. Une période de pénéplanation d'un socle granitique marquant le dépôt du birimien essentiellement sédimentaire B1, péritique;
2. Une phase compressive D1, au régime tectonique hypothétique, affecte le birimien inférieur B1 et son socle. Des critères de déformations tangentielles existent dans le Yaouré et pourraient être les traces de l'évènement collisionnel D1 décrit dans la phase occidentale de la Côte d'Ivoire et daté à 2,1 Ga [5];
3. Une période distensive donne naissance à un rift intra-continental dans lequel se développe un volcanisme de type MORB (Mid-Ocean Ridge Basalts) et un plutonisme basique tardif. B2 s'achève par le dépôt de séries détritiques de démantèlement des ensembles décrits;
4. La seconde phase tectonique D2 est marquée par le plissement schisteux. Cette phase est liée à un contexte tectonique transcurrent marqué par des zones de cisaillement sénestre subméridiens caractéristiques de la Côte d'Ivoire et du craton ouest-africain;
5. La mise en place d'importants massifs de granodiorites à hornblende et biotite, souvent orientés;
6. Tardivement, des décrochements conjugués traduisent une compression est-ouest. Cette déformation est responsable de failles cassantes concomitantes (N130-150° dextres et N50-60° senestres). La minéralisation aurifère est associée à cet épisode;
7. Ensuite, se déposent les conglomérats, type Tarkwaien. Enfin, au cénozoïque, s'est développé un profil latéritique classique (cuirasse des plateaux). Plus récemment, ce profil a été rajeuni et partiellement tronqué; réduction de l'épaisseur de la saprolite, un nouveau glacis cuirassé (cuirasse inférieur) s'est développé en contrebas des deux surfaces ou se prolonge sous la cuirasse inférieure (partie nord). L'or est redistribué dans les cuirasses latéritiques qui sont enrichies à leur base ainsi qu'à proximité du bed-rock dans les collusions mixtes de versant.

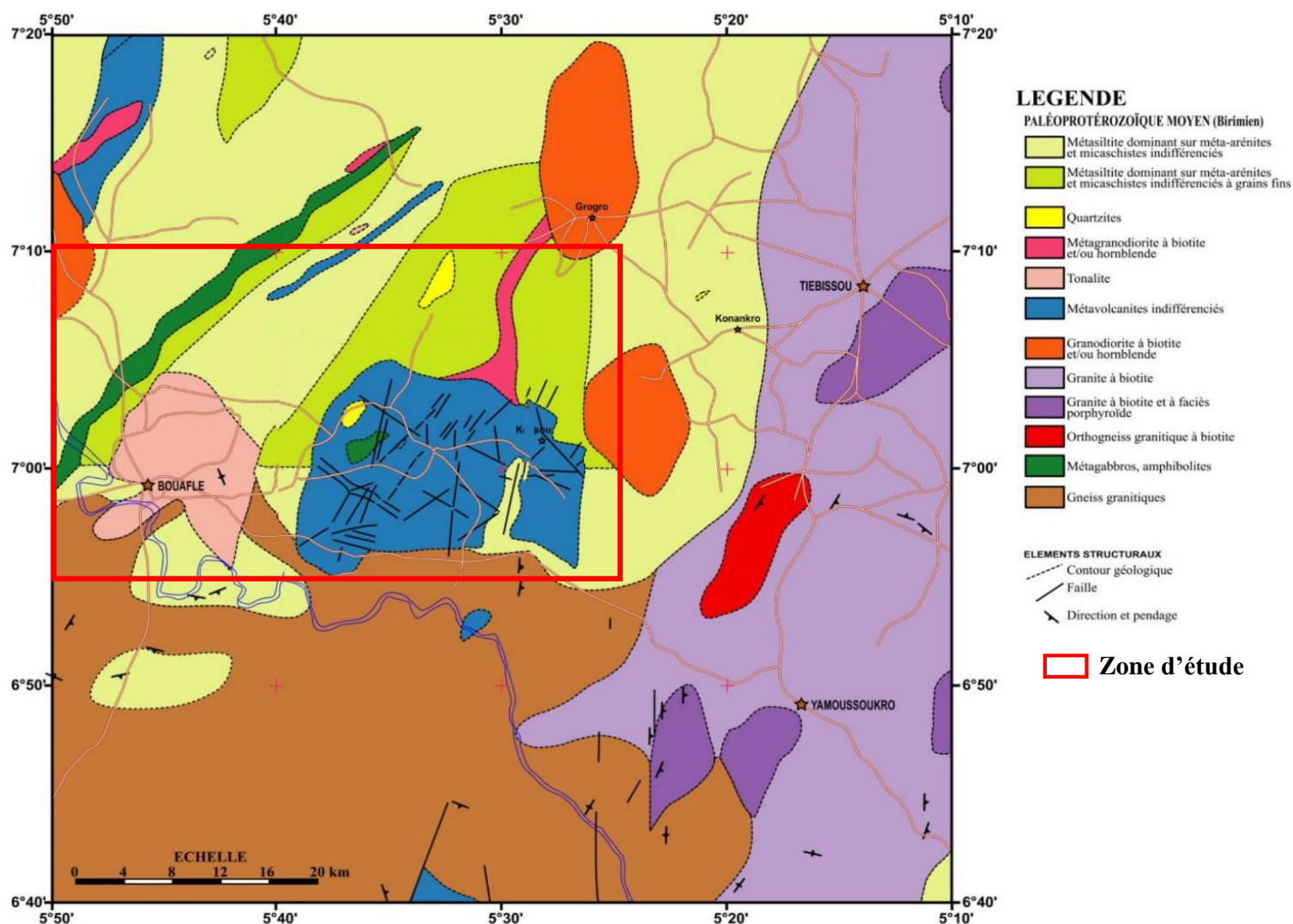


Fig. 2. Carte géologique simplifiée de la mine d'or d'Angovia [1], modifiée d'après [11]

### 3 MATÉRIEL ET METHODES

Le district du Yaouré est caractérisé par la rareté d'affleurement dû à l'épaisse couverture végétale et à l'altération supergène. Par conséquent, la méthodologie utilisée pour étudier les lithologies du gisement du Yaouré s'est axée non seulement sur plusieurs missions de terrain mais également à consister à l'observation, à la description macroscopique de 36 (trente-six) échantillons de carottes et à la réalisation de lame mince pour l'observation microscopique

### 4 RESULTATS ET DISCUSSION

#### 4.1 RESULTATS

##### 4.1.1 DONNÉES PÉTROGRAPHIQUES

Les formations géologiques du district du Yaouré observées sur les affleurements et dans les sondages carottés lors de notre mission peuvent être regroupées en trois groupes: les roches magmatiques (plutons, sub-volcaniques et volcaniques), les roches métamorphiques et les roches volcano-sédimentaires.

4.1.1.1 ROCHES MAGMATIQUES

4.1.1.1.1 PLUTONS

GRANODIORITE

Affleurant au centre de la ville de Bouaflé, cette roche s'observe dans la partie ouest de la zone d'étude et dans le prospect de Yaouré. Dans la partie ouest la granodiorite sous forme de dôme présente deux faciès F1 et F2. Le faciès F1 présente un aspect massif, de couleur leucocrate à mésocrate, de texture grenue grossière porphyroïde avec des phénocristaux de feldspaths. Le faciès F2 est grenue moyenne porphyroïde avec des phénocristaux de quartz et plagioclase et se présente sous forme de filon. Le faciès F2 est en intrusion dans le faciès F1 sous forme de filon de direction N120°. Par ailleurs, dans le prospect du Yaouré (dans la concession de la mine) la granodiorite identifiée se présente sous dyke intrusif dans les formations volcaniques a les mêmes caractéristiques minéralogiques que celle (Faciès F1) observée dans la partie ouest de la zone d'étude (Centre-ville de Bouaflé). L'examen microscopique de F1 et F2 révèle une abondance de plagioclases (30%) marqués par un début de damouritisation et d'autres individus de plagioclases sont saussuritisés et albitisés. Le quartz, le microcline, l'amphibole et la muscovite sont aussi présents. On note occasionnellement la présence de calcite, de sphène, de chlorite, d'épidote et de séricite et des minéraux opaques. (Figures 3A & B, et Figures 3C & D).

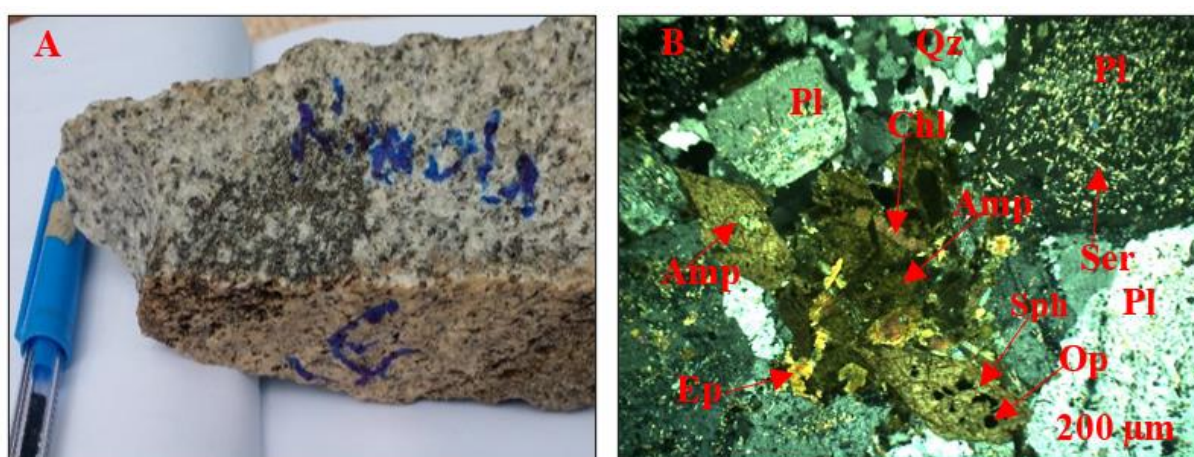


Fig. 3. A & B. Aspect macroscopique et microscopique de la granodiorite F1

A : Echantillon de la granodiorite F1 ; B : Microphotographie de la granodiorite F1, Pl : Plagioclase, Amp : Amphibole, Ep : Epidote, Chl : Chlorite, Op : minéraux opaques, Qz : Quartz, Sph : Sphère, Ser : Séricite

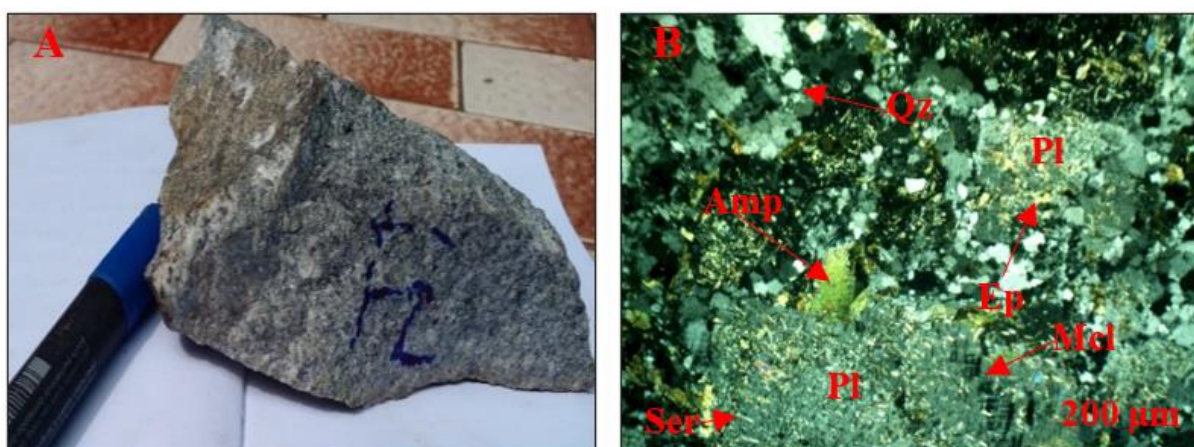


Fig. 3. C & D. Aspect macroscopique et microscopique de la granodiorite F2

A : Echantillons de la granodiorite F2 ; B : Microphotographies de la granodiorite F2, Pl : Plagioclase, Amp : Amphibole, Ep : Epidote, Mcl : Microcline, Qz : Quartz, Ser : Séricite

#### DIORITE GABBROÏQUE

Ces roches se rencontrent dans la partie nord de la zone d'étude dans le prospect du Yaouré (Govisou). Ces unités sont d'aspect massif, de couleur verdâtre, avec des grains grossiers. L'examen microscopique révèle une texture grenue et une abondance de cristaux d'olivine (35%) de forme automorphe et de teinte variable (bleu-violacé). Ces roches contiennent aussi du pyroxène et du plagioclase. On a accessoirement la calcite, la chlorite et les sulfures (Figures 4A & B).

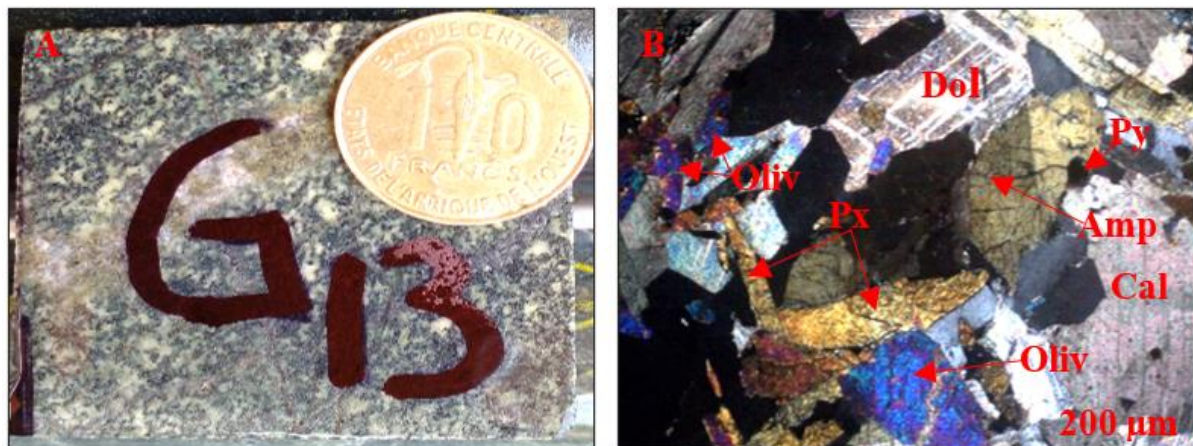


Fig. 4. Aspect macroscopique et microscopique de diorite gabbroïque

A : Echantillon de diorite gabbroïque ; B : microphotographie de diorite gabbroïque ; Amp : Amphibole, Cal : Calcite, Dol : Dolomite, Pl : Plagioclase, Px : Pyroxène, Oliv : Olivine

#### DIORITE

Les diorites sont des roches basiques intrusives observées dans la partie ouest de la zone d'étude. Elles sont d'aspect massif, mésocrate et de texture grenue porphyroïde. L'examen microscopique révèle une abondance de plagioclase de grande taille dont la plupart a subi une séricitisation. Ces unités sont également constituées de l'amphibole, de pyroxène, de muscovites et de biotites. Les minéraux accessoires sont la chlorite, le sphène, la séricite, le quartz et les minéraux opaques (Figures 5A & B).

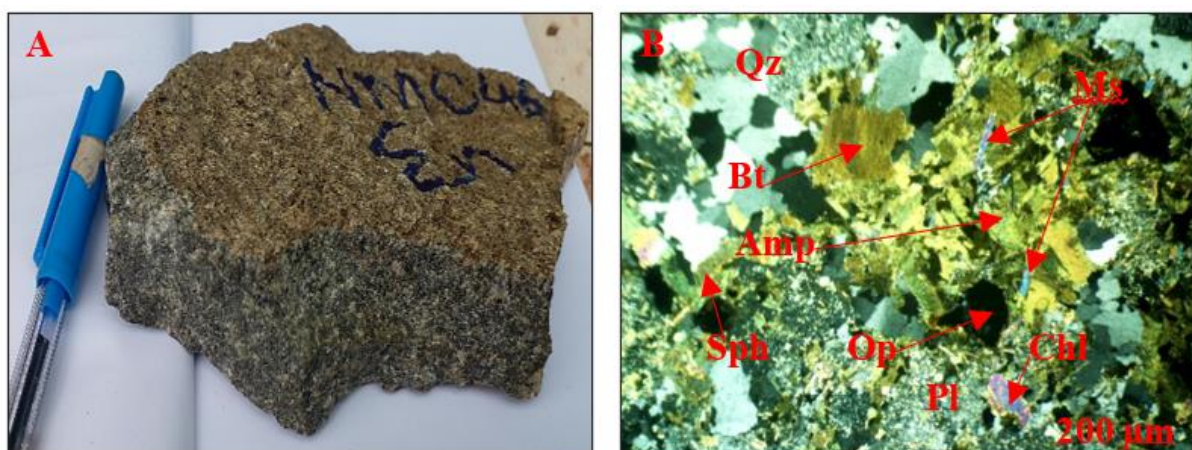
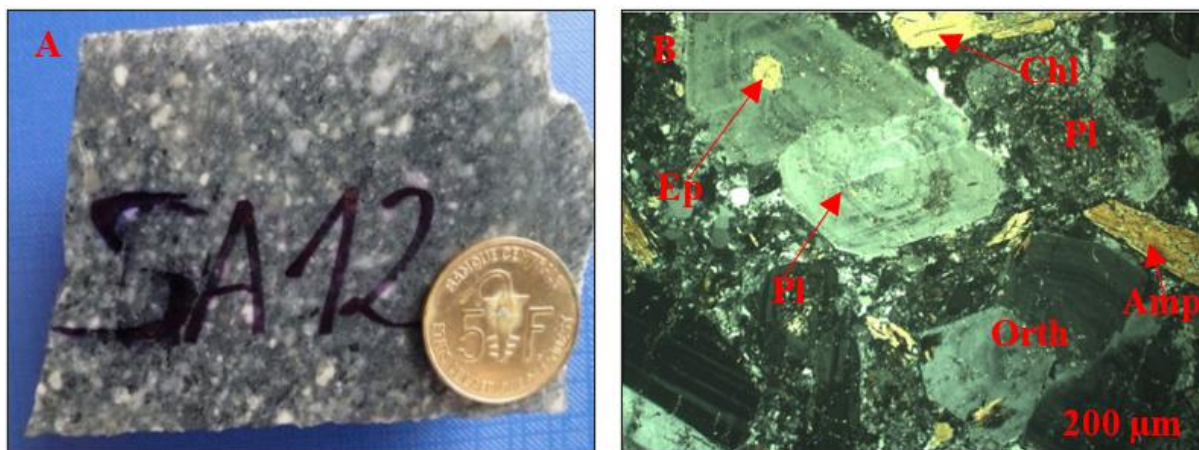


Fig. 5. Aspect macroscopique et microscopique de diorite

A : Echantillon de diorite ; B : Microphotographie de diorite, Amp : Amphibole, Bt : Biotite, Chl : Chlorite, Ms : Muscovite, Pl : Plagioclase, Op : Minéraux opaques, Sph : Sphène, Qz : Quartz.

**TONALITE**

Les tonalites ont été décrites dans le prospect du Yaouré. Les tonalites sont des granitoïdes felsiques intrusives observées dans le prospect de Yaouré et sous forme d'enclave dans la granodiorite dans la partie ouest de la zone d'étude. Ces unités sont d'aspect massif, mésocrate et de texture grenue porphyroïde avec des phénocristaux de plagioclase permettant d'identifier macroscopiquement les minéraux de feldspaths et le minéraux ferromagnésiens. Au microscope, ces roches sont composées de cristaux de plagioclases de grande taille et de forme subautomorphe à automorphe dont la plupart a subi une zonation récurrente caractérisée par un changement de composition chimique, d'orthose, de quartz, d'amphibole et de biotite. Les minéraux accessoires sont la chlorite et l'épidote (Figures 6A & B).

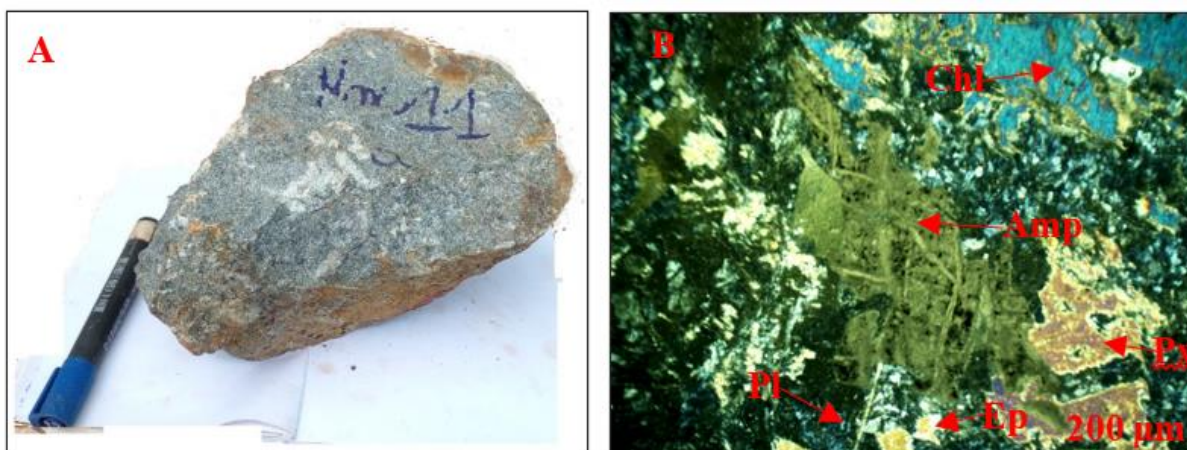


**Fig. 6. Aspect macroscopique et microscopique du tonalite**

A: Echantillon de carotte de la tonalite, B: Microphotographie de la tonalite, Amp: Amphibole, Chl: Chlorite, Ep: Epidote, Orth: Orthose, Pl: Plagioclase.

**GABBRO**

Ces formations géologiques se rencontrent dans la partie nord de la zone d'étude dans le village d'Allaiyaokro. Elles sont d'aspect massif, de couleur mésocrate à mélanocrate, avec des grains grossiers. Elles sont composée de feldspaths, amphiboles, pyroxènes et contient une faible quantité de quartz et de biotite. L'observation microscopique révèle que ces unités ont une texture grenue et sont composées de pyroxènes de couleur jaune-orangé à marron et de forme subautomorphe à automorphe, ces cristaux sont généralement allongés et parfois altérés en chlorite. Le plagioclase et l'amphibole sont également présents. Les minéraux accessoires présents sont l'épidote et la chlorite (Figures 7A & B).



**Fig. 7. Aspect macroscopique et microscopique de gabbro**

A : Echantillon de gabbro, B : Microphotographie de gabbro, Amp: Amphibole, Chl: Chlorite, Ep: Epidote, Pl: Plagioclase, Px: Pyroxène.

## DIORITE QUARTZITE

Les diorites quartzites ont été observées dans le prospect de Yaouré. Ces roches sont d'aspect massif, mésocrate et de texture grenue. Au microscope, ces unités sont composées d'une abondance d'amphiboles en forme d'aiguilles, généralement associées au minéraux felsiques et plus ou moins chloritisés. Elles sont constituées de plagioclases, de microcline et de quartz. Les minéraux accessoires présents sont la chlorite, l'épidote, et la calcite (Figures 8A & B).

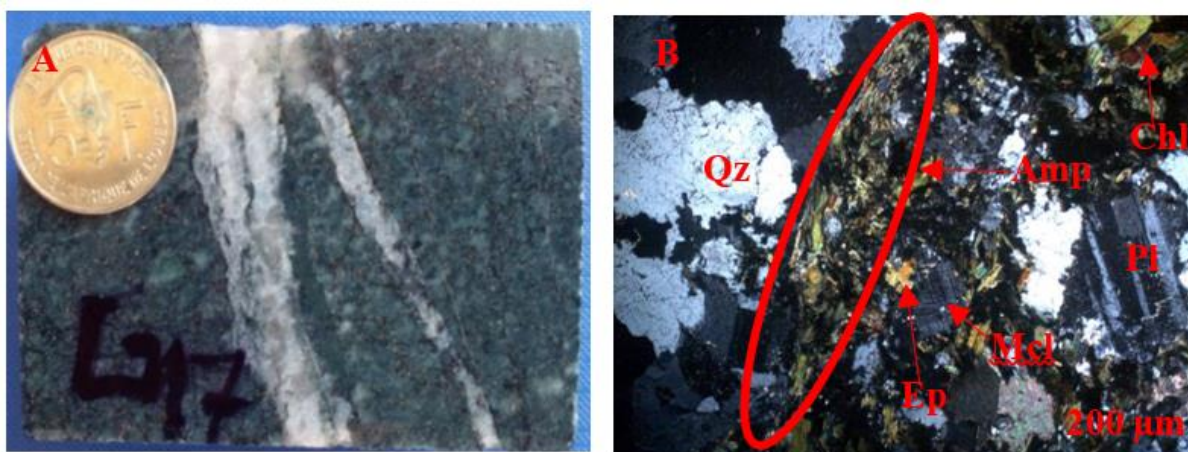


Fig. 8. Aspect macroscopique et microscopique de la diorite quartzite

A : Echantillon de carotte de diorite quartzite, B : Microphotographie de diorite quartzite, Amp: Amphibole, Chl: Chlorite, Ep: Epidote, Mcl : Microcline, Pl: Plagioclase, Qz: Quartz.

### 4.1.1.2 ROCHES SUB-VOLCANIQUES

Ces unités sont représentées par les microgranites, microgranodiorites, microgabbros et les microdiorites.

#### MICROGRANITE

Ces formations ont été observées dans le prospect du Yaouré au nord-ouest (Govisou). Ces unités sont d'aspect massif, de couleur mésocrate et présentent une texture microgrenue porphyrique. Au microscope, ces roches sont composées de phénocristaux de quartz de forme subautomorphes à automorphes. Les cristaux de plagioclases, d'orthoses et de biotites. Les minéraux accessoires sont de petits cristaux de quartz xénomorphes recristallisés associés aux plagioclases (Figures 9A & B).

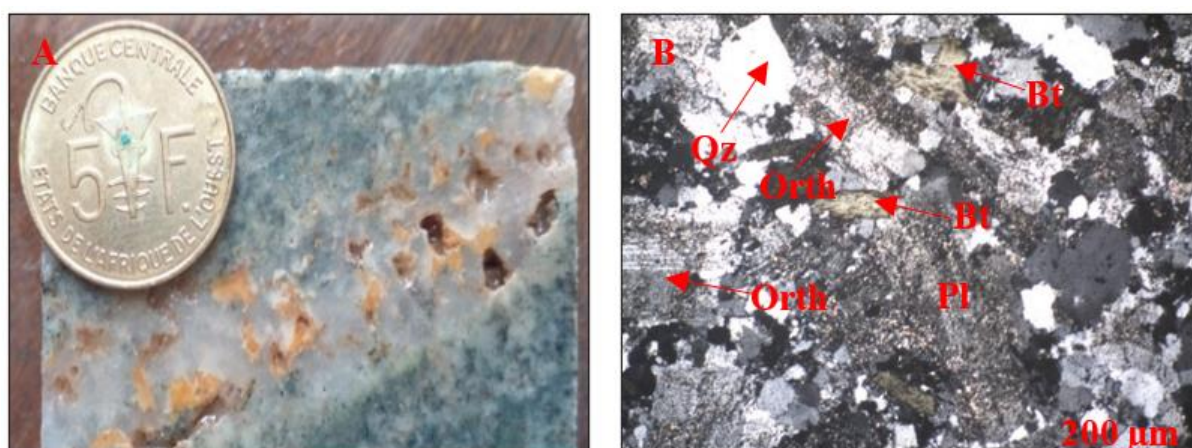


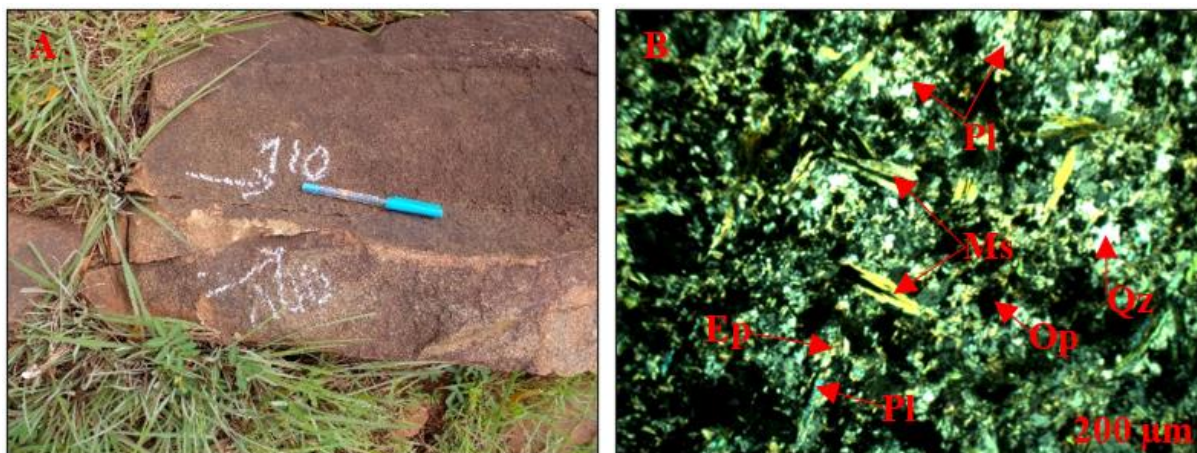
Fig. 9. Aspect macroscopique et microscopique de microgranite

A : Echantillon de carotte de microgranite, B : Microphotographie de microgranite, Bt : Biotite, Orth : Orthose, Pl : Plagioclase, Qz : Quartz.



### MICROGRANODIORITE

Ces formations ont été observées à la sortie ouest du barrage de Kossou et dans le prospect du Yaouré au nord-ouest (Govisou). Ces unités sont d'aspect massif, de couleur mésocrate et présentent une texture microgrenue porphyrique. Au microscope, elle présente une texture microgrenue avec des cristaux de plagioclases de taille variable qui moulent avec les cristaux de quartz et de muscovites. Ces unités sont composées également de muscovites, de quartz et d'amphiboles. Les minéraux accessoires sont représentés par l'épidote et les minéraux opaques (Figures 10A & B).

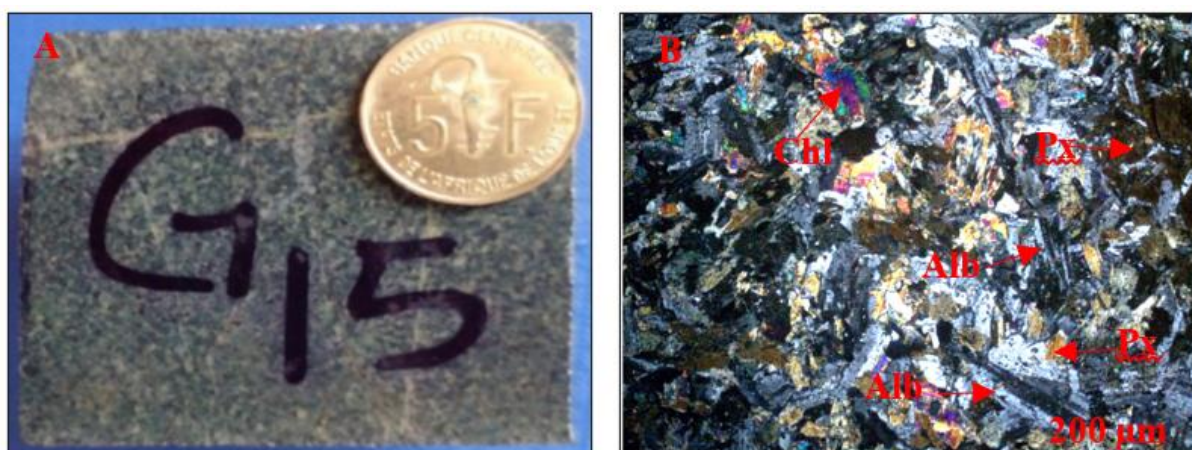


**Fig. 10.** Aspect macroscopique et microscopique de la microgranodiorite

A : Échantillon de microgranodiorite, B : Microphotographie de microgranodiorite, Ep : Epidote, Ms : Muscovite, Op : Minéraux opaques, Pl : Plagioclase, Qz : quartz

### MICROGABBRO

Les microgabbros ont été observés dans la partie nord (route d'Angovia), et ouest (route de Dégbézré) et dans le prospect du Yaouré. Dans la partie nord et dans le prospect du Yaouré la roche est massive. Tandis que dans la partie ouest elle se présente sous forme d'enclave en sigmoïde contenant des pyrites. La roche est de couleur mésocrate à mélanocrate, avec un aspect massif et des grains moyens. Au microscope, ces unités sont composées d'albites allongées et entrecroisées entre lesquelles se trouvent les minéraux de pyroxène parfois altérés en chlorite et en amphibole (Figures 11A & B).

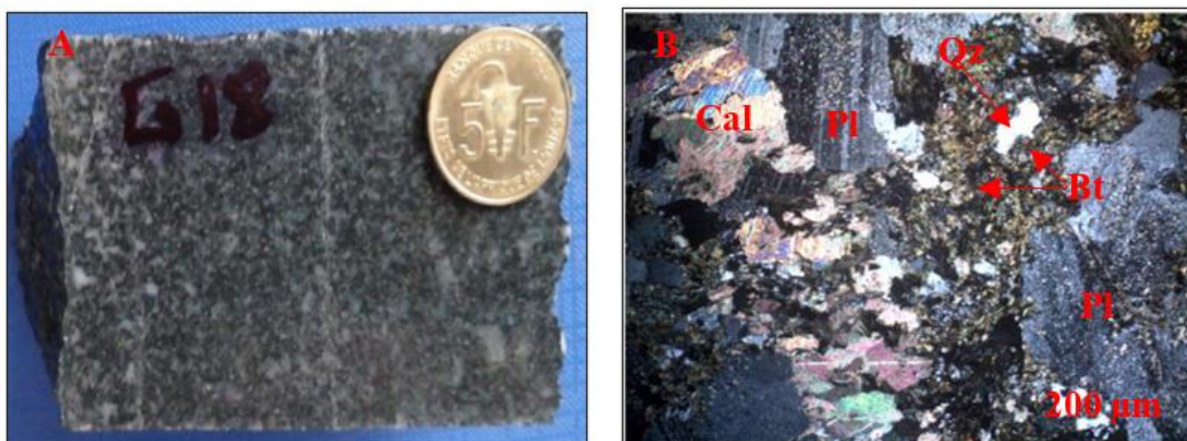


**Fig. 11.** Aspect macroscopique et microscopique de microgabbro

A : Échantillon de carotte de microgabbro, B : Microphotographie de microgabbro, Alb : Albite, Chl : Chlorite, Px : Pyroxène

## MICRODIORITE

Les microdiorites ont été observées dans le prospect du Yaouré (Govisou). Ces formations géologiques sont d'aspect massif, de couleur mésocrate et caractérisées par une texture microgrenue porphyrique. Au microscope, ces unités sont composées d'une abondance de cristaux de plagioclase saussuritisés. Elles sont constituées aussi de biotite chloritisée. Les minéraux accessoires sont composés de chlorite, d'épidote et de calcite (Figures 12A & B).



**Fig. 12.** Aspect macroscopique et microscopique de la microdiorite

*A : Echantillon de carotte de microdiorite, B : Microphotographie de microdiorite, Bt : Biotite, Cal : Calcite, Pl : Plagioclase, Qz : Quartz.*

### 4.1.1.2.1

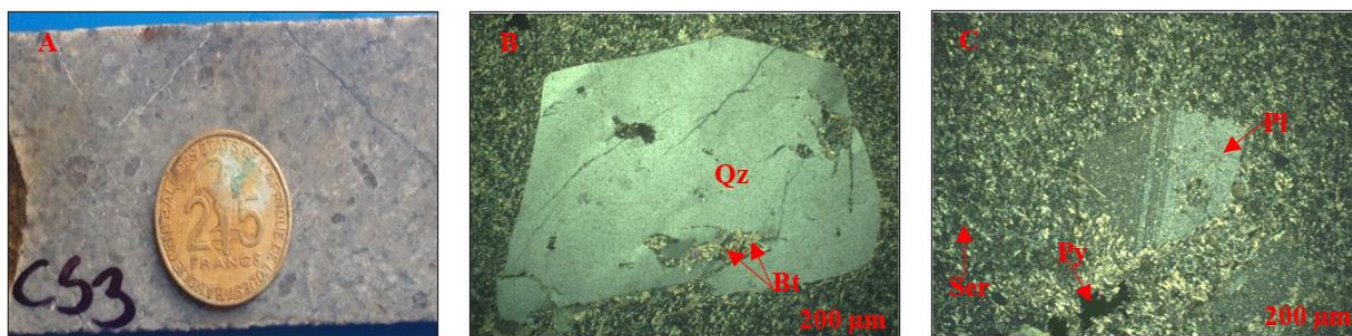
#### 4.1.1.2.1.1 ROCHES VOLCANIQUES

Ces roches sont composées de volcaniques felsiques (dacite, rhyolite, rhyodacite, andésite, trachyandésite) et de volcaniques mafiques (basalte, basalte en cousin, basalte andésitique, basalte à olivine, hornblende basaltique, basalte bréchique).

#### 4.1.1.2.1.2 ROCHES VOLCANIQUES FELSIQUES

### DACITE

Cette roche s'observe presque dans le prospect du Yaouré. Elle est de couleur gris-clair et composée macroscopiquement de phénocristaux de quartz et de plagioclase. Au microscope, elle présente une texture microlithique porphyrique avec des phénocristaux de quartz subautomorphe à automorphe contenant des inclusions de minéraux ferromagnésiens (biotite chloritisée). Elle est constituée également de phénocristaux de plagioclase subautomorphe à automorphe. On note accessoirement la présence de chlorite, séricite et de sulfure (Figures 13A, B & C).

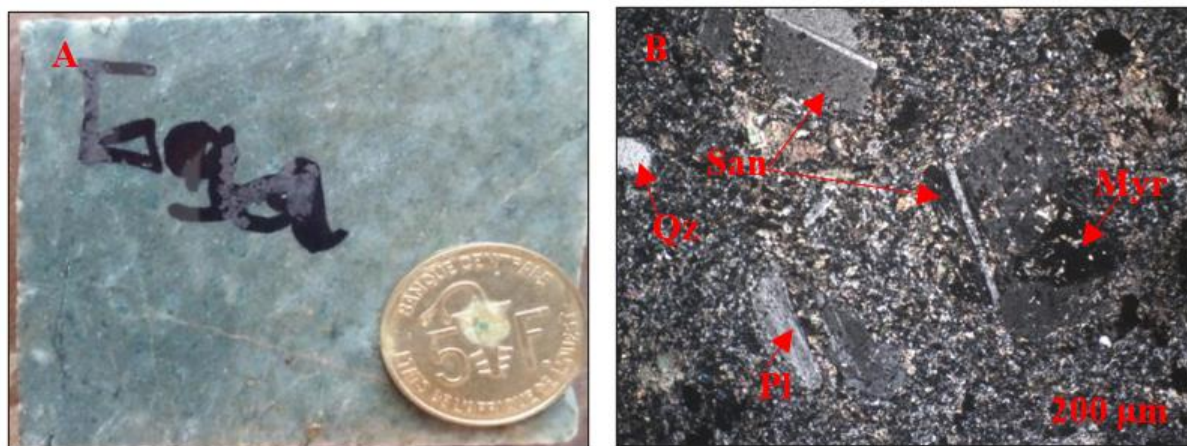


**Fig. 13. Aspect macroscopique et microscopique de la dacite**

A : Echantillon de carotte de la dacite; B & C : Microphotographie de la dacite, Bt : Biotite, Pl : Plagioclase, Qz : Quartz Ser : Séricite

#### RHYODACITE & RHYOLITE

Les rhyodacites ont été observées dans le prospect du Yaouré (Govisou). Ces roches sont d'aspect massif, de couleur grise et sont caractérisées par une texture microlithique porphyrique. Au microscope, ces roches sont composées de grands cristaux plagioclase, de feldspath alcalin (sanidine), de biotite aux périphéries chloritisée et quartz automorphe. Les rhyolites comportent des veines de quartz-carbonaté parallèles à la schistosité NE-SW. Au microscope cette même direction NE-SW de veines de quartz-carbonaté syntectonique à la schistosité a été observée dans les rhyolites. Ces veines contiennent des sulfures. Ces unités présentent une texture microlithique et sont constituées de quartz. On observe aussi des reliques de plagioclase (Figures 14A, B & 15C, D).



**Fig. 14. Aspect macroscopique et microscopique de la rhyodacite**

A : Echantillon de carotte de rhyodacite ; B : Microphotographie de dacite, Pl : Plagioclase ; Myr : Myrmékite ; San : Sanidine ; Qz : Quartz.

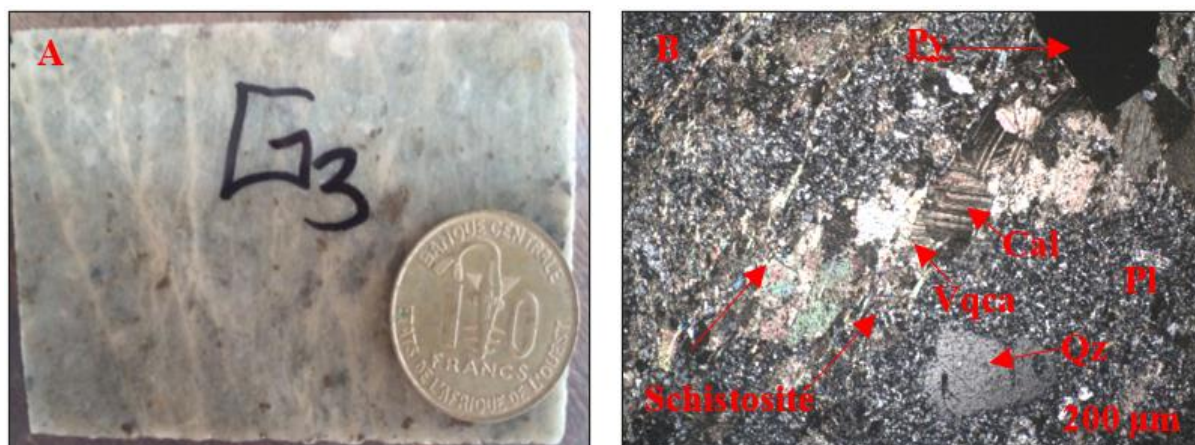


Fig. 15. Aspect macroscopique et microscopique de la rhyolite

A : Echantillon de carotte de rhyolite ; B : microphotographie de rhyolite, Cal : Calcite, Pl : Plagioclase, Py : Pyrite, Qz : Quartz.

#### ANDÉSITE

Les Andésites ont été décrites dans le prospect de Yaouré. Du point de vue macroscopique, ces roches sont d'aspect massif, mélanocrates. Leur texture microlithique porphyrique permet d'identifier aisément les phénocristaux de plagioclases. Au microscope, on observe une abondance de plagioclases de grande taille dont une large portion a subi deux types d'altérations : la séricitisation et la carbonation. On note accessoirement la présence de calcite, de séricite, de sulfure et quartz xénomorphe et recristallisé (Figures 16A & B).

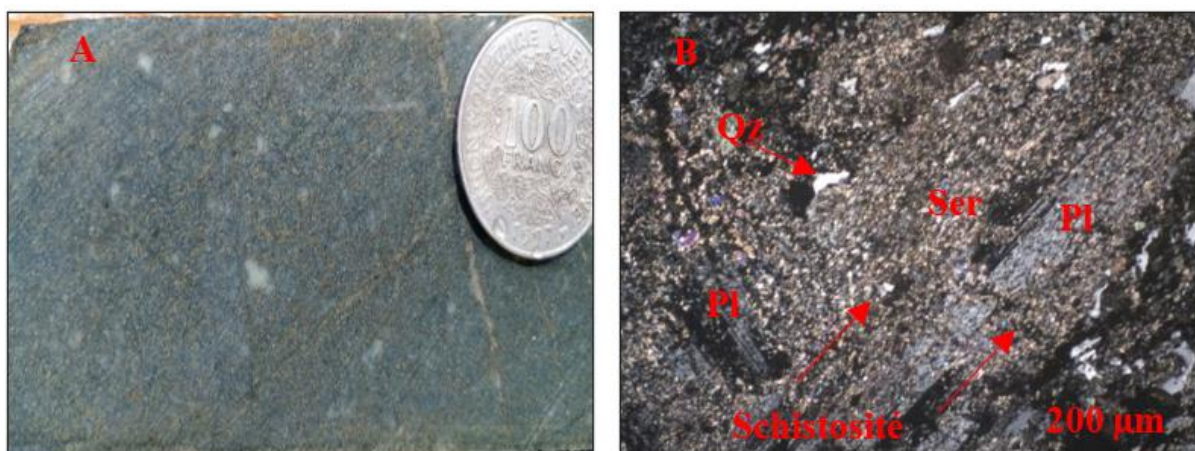


Fig. 16. Aspect macroscopique et microscopique de l'andésite

A : Echantillon de carotte d'andésite ; B : Microphotographie d'andésite, Pl : Plagioclase ; Qz : Quartz, Ser : Séricite

#### TRACHYANDÉSITE

Les trachyandésites ont été décrits dans le prospect du Yaouré. Ces roches sont d'aspect massif, de couleur mélanocrate et sont caractérisées par une texture microlithique porphyrique avec phénocristaux de feldspath allongés sous forme de baguettes. L'examen microscopique révèle une abondance de petits cristaux de feldspaths alcalins de forme allongée. Ces roches contiennent également de grands cristaux de feldspaths alcalins (Figures 17A & B).

4.1.1.2.1.3 ROCHES VOLCANIQUES MAFIQUES

BASALTE & BASALTE EN COUSSIN

Ces roches ont été observées dans notre zone d'étude. Ces formations sont des roches volcaniques à texture aphanitique, d'aspect massif et parfois déformées. Ces formations de composition basaltique sont économiquement les plus importantes lithologies du district aurifère de Yaouré dans la mesure où l'or y est régulièrement encaissé. Au microscope, ces roches présentent une texture microlitique et sont composées de baguette de microlithes de plagioclases, de pyroxènes qui se moule avec les microlithes de plagioclase. On observe aussi de l'olivine sous forme d'agrégat. On note accessoirement la présence de calcite et d'épidote qui sont les produits d'altération des plagioclases (Figures 18A, B, & 19A, B).

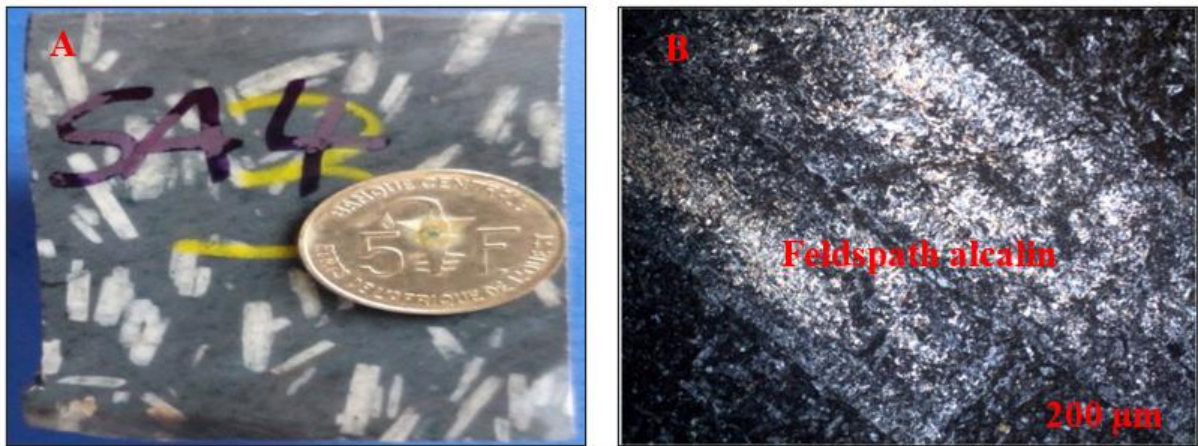


Fig. 17. Aspect macroscopique et microscopique du trachyandésite

A : Echantillon de carotte de la trachyandésite, B : Microphotographie de la trachyandésite.



Fig. 18. Aspect macroscopique et microscopique du basalte

A : Echantillon du basalte, B : Microphotographie du basalte, Cal : Calcite, Pl : Plagioclase ; Px : Pyroxène

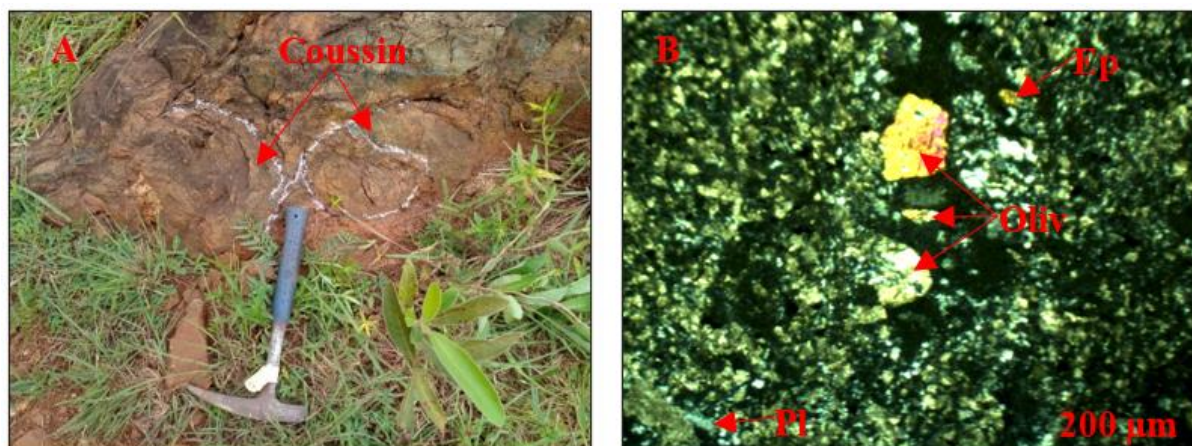


Fig. 19. Aspect macroscopique et microscopique du basalte en coussin

A : Affleurement de basalte en coussin, B : Microphotographie du basalte en coussin, Ep : Epidote, Pl : Plagioclase ; Oliv : Olivine

#### BASALTE ANDÉSITIQUE

Ces roches ont été observées dans la partie nord-est de la zone d'étude, précisément à l'entrée est du barrage de Kossou. Elles sont aphanitiques, d'aspect massif et de couleur mélanocrate. Au microscopique, ces unités présentent une texture microlithique et sont composées d'une abondance de plagioclases (35%) qui s'observent essentiellement dans la pâte noire ou mésostase. Ces cristaux sont des microlithes allongés sous forme de baguette. Elles sont constituées aussi de pyroxènes et d'olivines. On note accessoirement la calcite, la magnétite et les minéraux opaques. (Figures 20A & B).

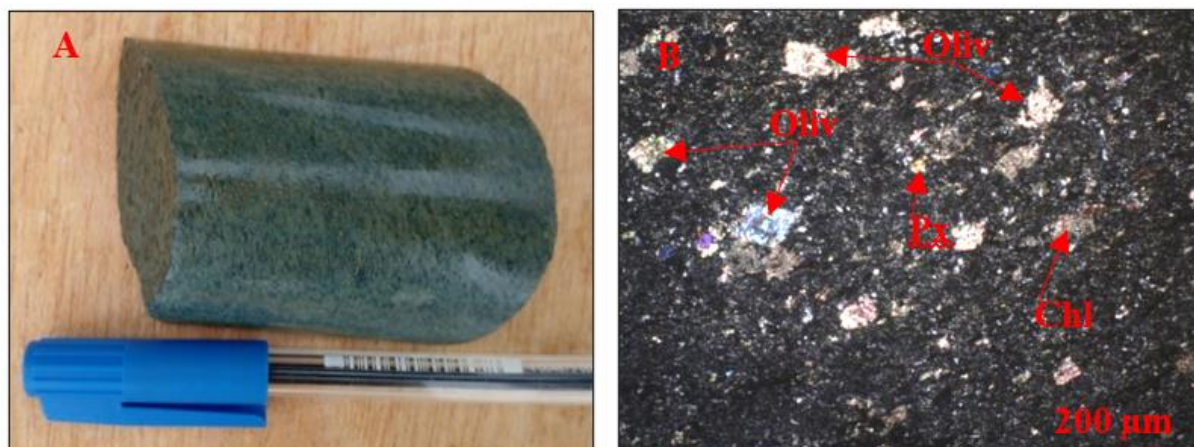


Fig. 20. Aspect macroscopique et microscopique du basalte andésitique

A : Echantillon de basalte andésitique, B : Microphotographie de basalte andésitique, Cal : Calcite, Ep : Epidote, Pl : Plagioclase, Py : Pyrite

#### BASALTE À OLIVINE

Les basaltes à olivines sont une variété des formations basaltiques. Ces roches ont été observées dans le prospect de Yaouré. Ces unités sont d'aspect massif, de couleur mélanocrate et de texture aphanitique porphyrique avec phénocristaux d'olivine plus ou moins étirés. Au microscope, ces unités présentent une texture grano-lépidoblastique et sont composées majoritairement d'olivines (70%) de taille variable qui ont tendance à suivre une direction donnée. Le pyroxène (2%) y est présent, mais en très petit nombre. On note accessoirement l'épidote, la calcite et les sulfures (Figures 21A & B).

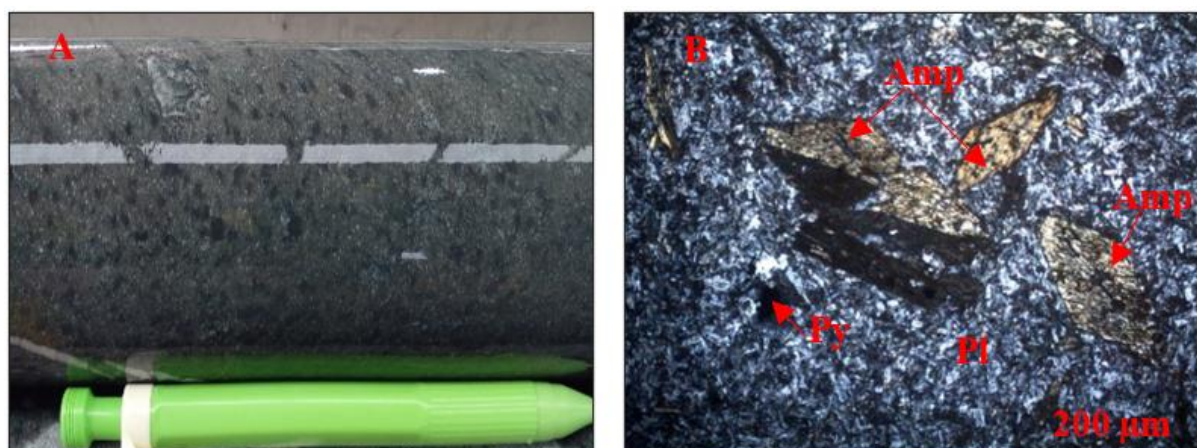


**Fig. 21. Aspect macroscopique et microscopique du basalte à olivine**

A : Echantillon de carotte de basalte à olivine ; B : microphotographie de basalte à olivine, Chl : Chlorite, Px : Pyroxène, Oliv : Olivine.

#### HORNBLENDE BASALTIQUE

Ces unités ont été observées dans le prospect de Yaouré. Ces roches se présentent sous forme de dyke intrusif. Elles sont d'aspect massif, de couleur mésocrate à mélanocrate et de texture microlithique porphyrique avec phénocristaux d'amphibole. Au microscope, ces formations sont composées d'une abondance cristaux d'hornblende (50%), de couleur brune à vert et de forme automorphe plus ou moins losangique. Ces cristaux d'amphibole se moulent avec les microlithes de plagioclases. Cette unité contient des sulfures (Figures 22A & B).



**Fig. 22. Aspect macroscopique et microscopique de la hornblende basaltique**

A : Echantillon de carotte de la hornblende basaltique; B : microphotographie de la hornblende basaltique, Amp : Amphibole, Pl : Plagioclase, Py : Pyrite.

#### BASALTE BRÈCHIQUE

Les basaltes brèchiques ont été décrits dans le prospect de Yaouré. Ces unités sont des basaltes saturés en silice. Ces roches contiennent du quartz, parfois sous forme de reliques et de claste. Ces formations sont d'aspect massif, de couleur mésocrate, de structure aphanitique et sont composées de brèches hydrothermales. Au microscope, ces unités présentent une texture microlithique et sont composées d'une abondance cristaux de plagioclases en baguette sous forme de microlithe, de quartz et de pyroxène. Les minéraux accessoires présents sont constitués de calcite et sulfures (pyrite) (Figures 23A & B).

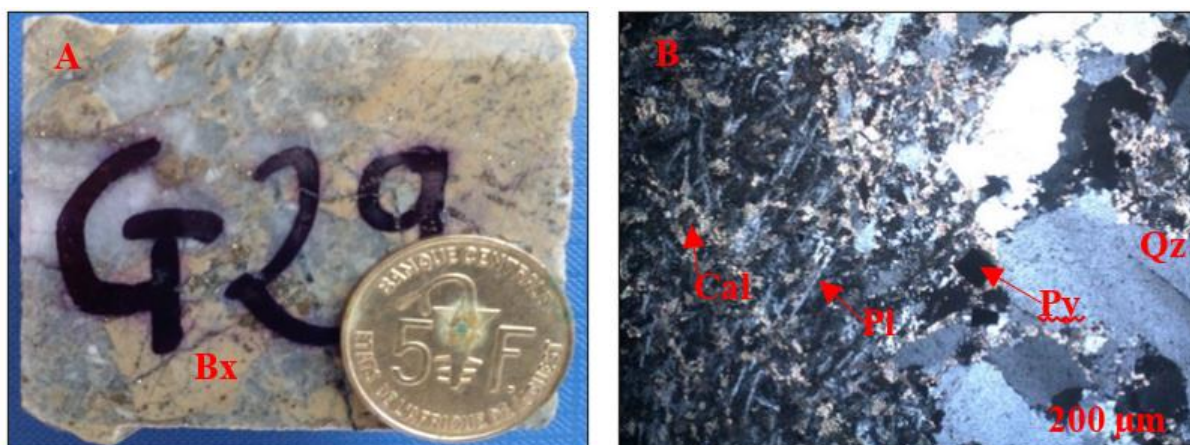


Fig. 23. Aspect macroscopique et microscopique du basalte bréchique

A : Echantillon de carotte du basalte bréchique, B : microphotographie du basalte bréchique, Cal : Calcite, Pl : Plagioclase, Py : Pyrite, Qz : Quartz

#### 4.1.1.3 ROCHES METAMORPHIQUES

Les roches métamorphiques sont constituées de gneiss à biotite, gneiss granodioritique, quartzite, amphibolite, amphibolo-pyroxénite, méta-arénite et blastomylonite.

##### GNEISS À BIOTITE

Ces unités ont été décrites dans le prospect de Yaouré (CMA Sud). Ces roches métamorphiques sont formées par déformation ductile lors d'un cisaillement intense. De couleur brunâtre, ces unités présentent des plans de schistosité et sont affectées par de nombreuses veines de quartz carbonaté et sont constituées de minéraux ferromagnésiens étirés. Au microscope, ces formations présentent une texture grano-lépidoblastique et sont composées d'une abondance de biotites brune étirées sous forme de baguette suivant deux plans de schistosités orientés NNE-SSW et NW-SE. La schistosité orientée NW-SE, recoupe celle orientée NNE-SSW. On observe aussi du quartz xénomorphe parfois déformé. Les reliques de plagioclase sont altérés en en épidote et en calcite. On note occasionnellement les minéraux accessoires que sont l'épidote, la calcite et les sulfures (pyrites, pyrrhotites) (Figures 24A & B).

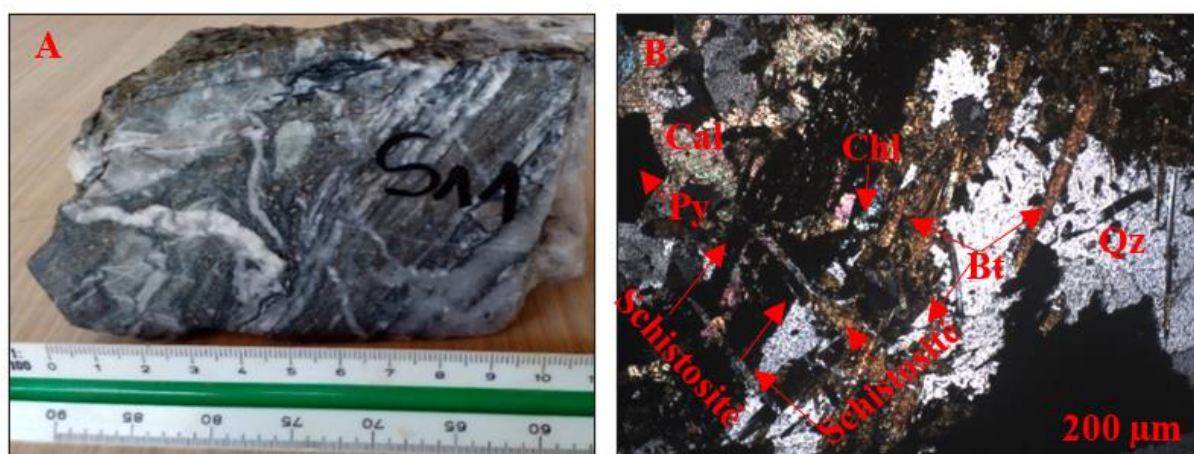


Fig. 24. Aspect macroscopique et microscopique du gneiss à biotite

A : Echantillon de gneiss à biotite, B : microphotographie de gneiss à biotite, Bt : Biotite, Cal : Calcite, Chl : Chlorite, Py : Pyrite, Qz : Quartz



### GNEISS GRANODIORITIQUE

Cette formation s'observe à la limite Yaouré et Bouaflé de la zone d'étude. Elle a un aspect massif, une couleur mésocrate, avec des grains grossiers. Elle est constituée de quartz, plagioclases, feldspaths potassiques et de biotites. Cette formation est affectée par une légère foliation de direction N40°. Au microscopique ces unités présentent une texture grano-lépidoblastique et sont constituées de cristaux plagioclase subautomorphes à automorphes, marqués par un seul type d'altération : damouritisation. Ces unités sont aussi composées de quartz, amphibole, microcline, orthose et de biotite. On note accessoirement la présence de chlorite, épidote et de séricite (Figures 25A & B).

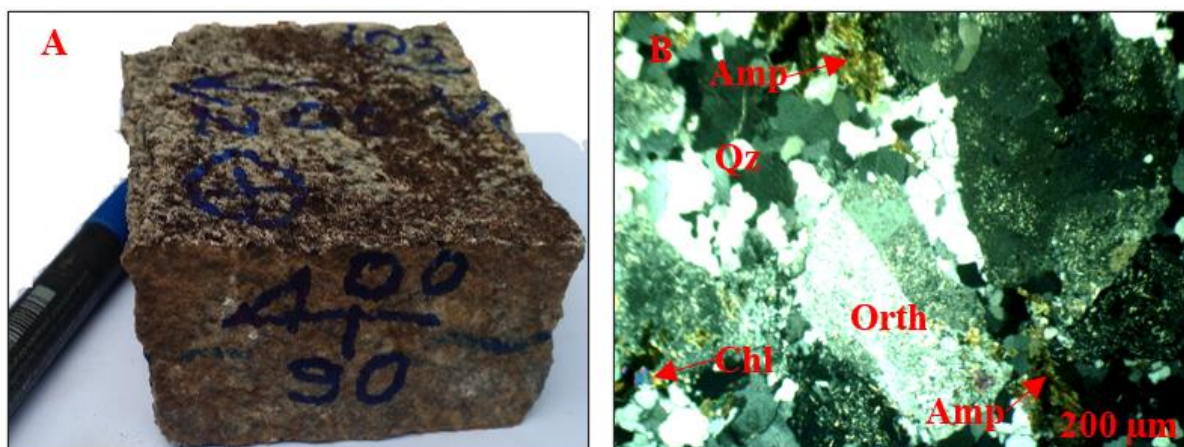


Fig. 25. Aspect macroscopique et microscopique du gneiss granodioritique

A : Echantillon de gneiss granodioritique, B : microphotographie de gneiss granodioritique, Amp : Amphibole, Chl : Chlorite, Orth : Orthose, Qz : Quartz.

### QUARTZITE

Cette roche a été observée le long de la route Angovia-Digue (partie nord de la zone d'étude). Elle se présente sous deux aspects, parfois sous forme de volante (Figure 26A), ou souvent intercalée (Figure 26C) entre les métasédiments affectés de schistosités orientées NE-SW et plongeant vers le nord-ouest. Le premier faciès est mélanocrate, avec des grains moyens à fins. Au microscope, le premier faciès présente une texture granoblastique avec trois générations de quartz (avec des cristaux de quartz non orientés) (Figure 26B). Par contre, le deuxième faciès est holomélanocrate, avec des grains très fins. Au microscope, le deuxième faciès présente une texture grano-lépidoblastique et est composé de deux générations de quartz (avec des cristaux de quartz orientés respectivement N-S et NE-SW) (Figure 26D).

### AMPHIBOLITE

Cette roche se présente sous forme de volante. Elle est observable dans la partie nord de la zone d'étude le long de la route d'Angovia. Elle a un aspect massif, de couleur mélanocrate. Au microscope, elle présente une texture grano-nématoblastique avec une abondance de cristaux d'amphiboles de couleur vert-sombre. Ces cristaux sont automorphes trapus à aciculaires, de taille variable. Ces amphiboles sont plus ou moins ordonnées dans les plans de schistosité et contenus dans une bande cisailée sombre orientée N-S. Ces cristaux d'amphiboles contiennent des inclusions de minéraux opaques, automorphes ou xénomorphes leur caractérisant de texture poeciblastique. On observe aussi des cristaux de plagioclases et quartz. Les cristaux de plagioclases sont associés au quartz, avec lesquels ils constituent des lits quartzo-feldspathiques alternant avec les amphiboles (amphibolite rubanée). La plupart des cristaux de quartz sont présents sous forme de veine de quartz dans la matrice rubanée. Ces cristaux de quartz présentent une extinction roulante avec une silicification sécante la schistosité. Les minéraux accessoires sont composés de minéraux opaques (Figures 27A & B).

### MÉTA-ARÉNITE

Cette formation se présente sous forme de volante. Elle est observable dans la partie nord de la zone d'étude le long de la route de Kossou-Toumokra. Elle a un aspect massif, de couleur leucocrate, avec des grains moyen à fins. Elle est formée par les grains de sable enrobé dans un ciment. Au microscope, elle présente une texture grano-lépidoblastique avec une abondance

cristaux de quartz de taille variable, ces cristaux de quartz se présentent sous forme de claste disséminés dans la roche. Cette roche contient aussi du plagioclase et de l'amphibole. Marqués par l'épidotisation, ces plagioclases sont subautomorphes à automorphes et saussuritisés. Quant aux amphiboles, elles sont de forme automorphe et se moulent avec les cristaux de plagioclases et de quartz. Accessoirement on a l'épidote (Figures 28A& B).

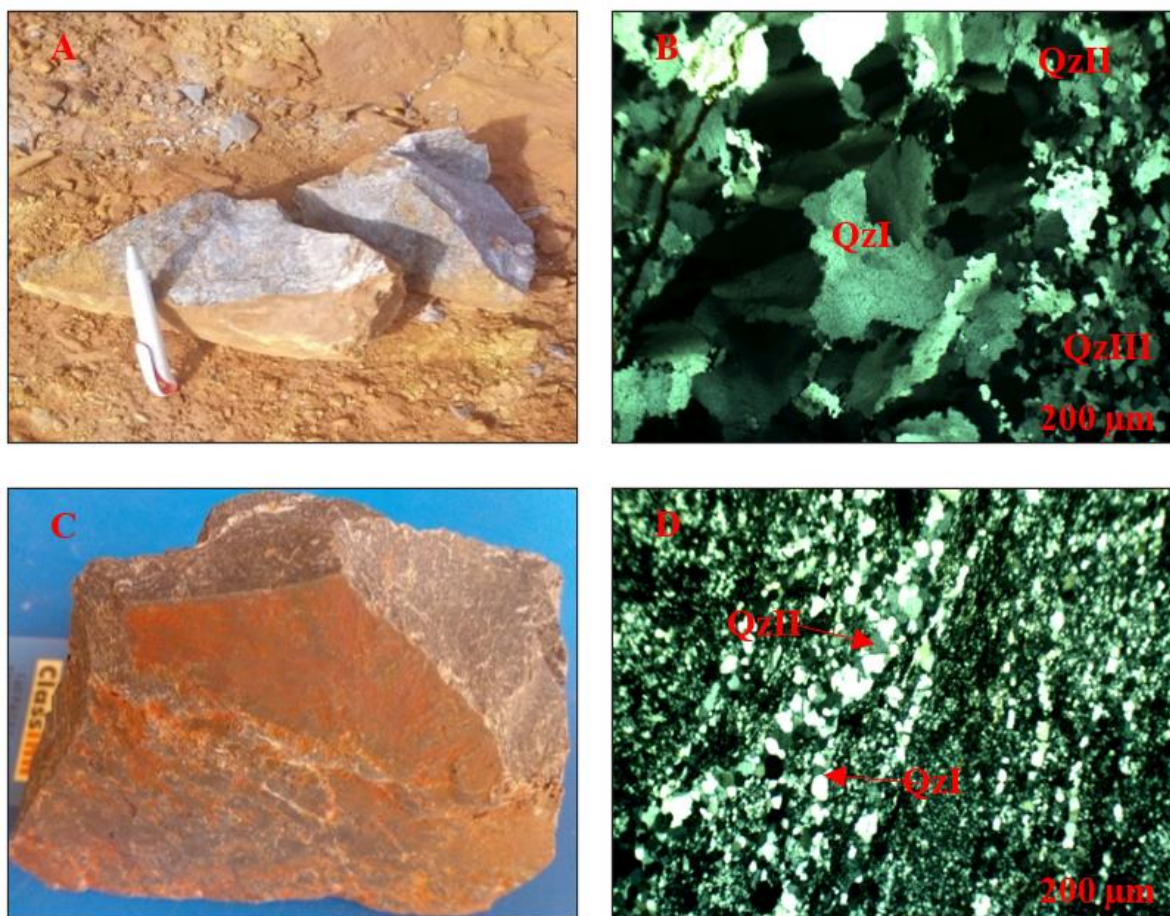


Fig. 26. . Aspect macroscopique et microscopique du quartzite

A : Echantillon du quartzite, B : microphotographie du quartzite, QzI : Quartz primaire, QzII : Quartz secondaire, QzIII : Quartz tertiaire

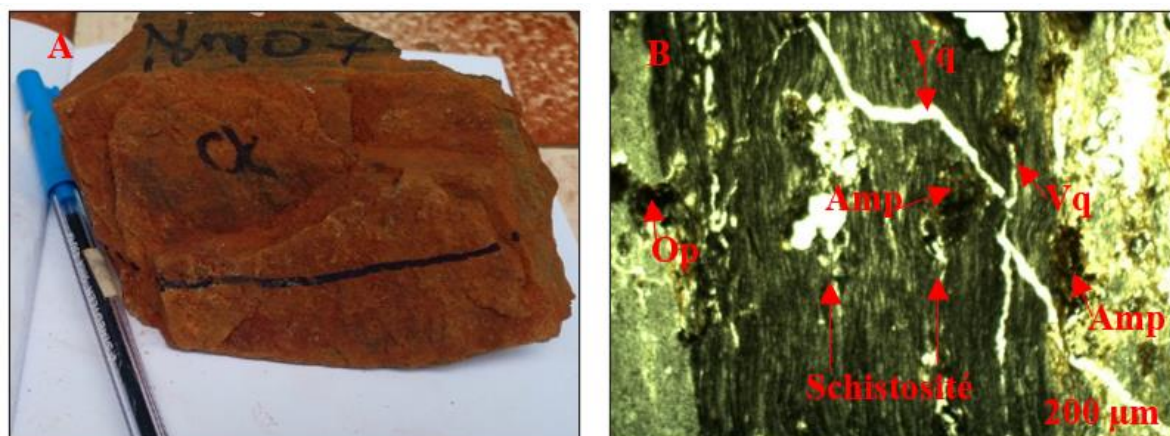


Fig. 27. Aspect macroscopique et microscopique de l'amphibolite

A : Echantillon de l'amphibolite, B : microphotographie de l'amphibolite, Amp : Amphibole, Op : Minéraux opaques, Vq : Veine de quartz.

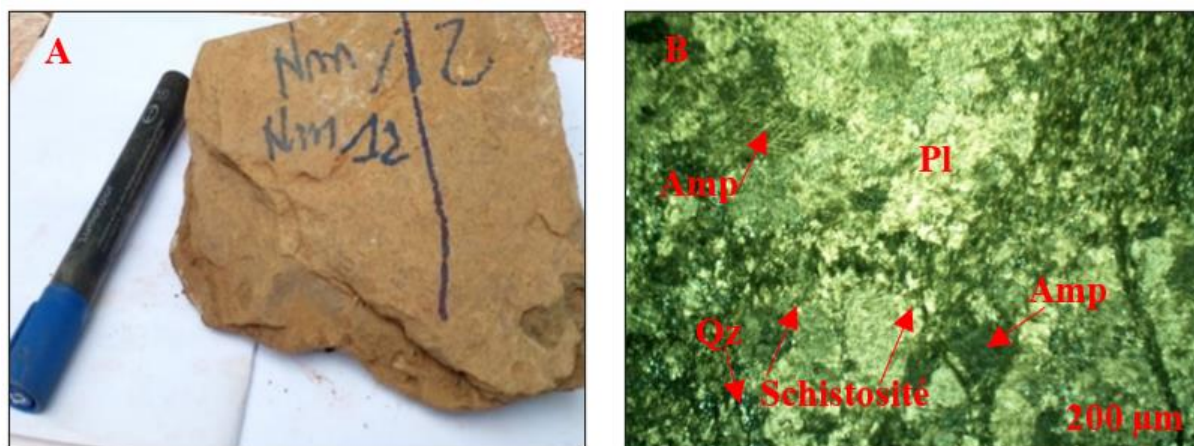


Fig. 28. Aspect macroscopique et microscopique du méta-arénite

A : Echantillon de méta-arénite, B : microphotographie de méta-arénite, Amp : Amphibole, Pl : Plagioclase, Qz : quartz.

#### BLASTOMYLONITE

Ces roches ont été décrites dans le prospect de Yaouré. Ces unités sont des roches de cisaillement, c'est-à-dire roches dont la déformation a été tellement intense que la roche est entièrement déformée. Les minéraux qui la composent sont allongés. Ces roches sont d'aspect massif, de couleur grisâtre et ayant une composition de grains moyen à fin. Au microscope, ces roches grano-lépidoblastique et sont composées d'une abondance de quartz néoformé, xénomorphe plus ou moins étirés et aux périphéries cisailées, de feldspaths altéré en carbonate (calcite et dolomite). On note accessoirement l'épidote, la calcite, la chlorite et les sulfures (pyrite, chalcoppyrite, pyrrhotite) (Figures 29A & B).

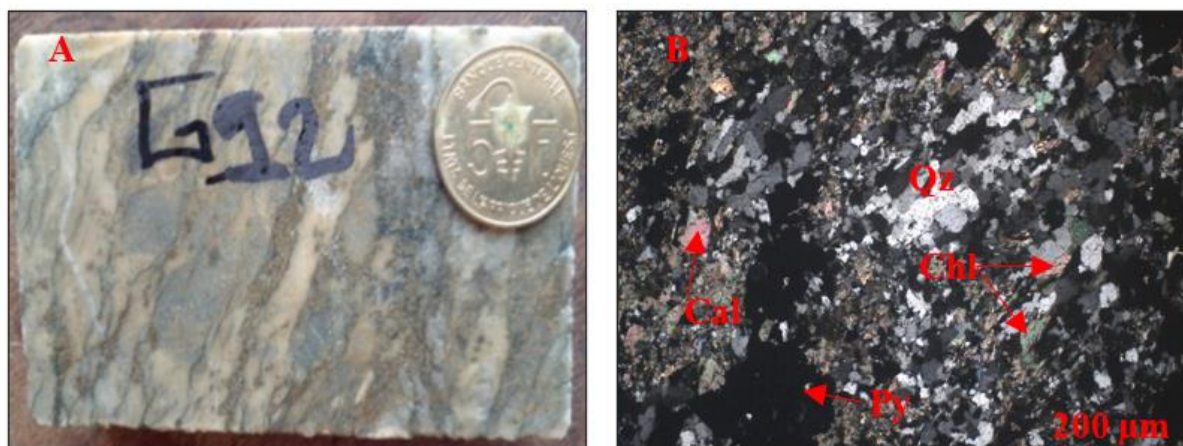


Fig. 29. Aspect macroscopique et microscopique du blastomylonite

A : Echantillon de carotte du blastomylonite, B : microphotographie du blastomylonite, Cal : Calcite, Chl : Chlorite, Py : Pyrite, Qz : Quartz

#### AMPHIBOLO-PYROXÉNITE

Les amphibolo-pyroxénites ont été observés dans le prospect du Yaouré. Ces roches sont intercalées dans un couloir de cisaillement orientée N80°. Ces unités sont d'aspect massif, de couleurs rouge de rouille à sombre. L'examen microscopique montre que ces formations sont caractérisées par une texture grano-lépidoblastique avec une abondance de minéraux d'amphiboles et de pyroxènes. Généralement de couleurs vert à brun, les cristaux d'amphiboles sont automorphes et s'entrecroisent avec les pyroxènes. Les minéraux de pyroxènes sont de couleur jaune orangé à marron, plus ou moins étirés ayant tendance à suivre une orientation préférentielle. Ces roches contiennent aussi du feldspath qui se moule avec les minéraux d'amphiboles et de pyroxènes. On note accessoirement la présence de minéraux de quartz néoformés issus de l'altération du feldspath (Figures 30A & B).

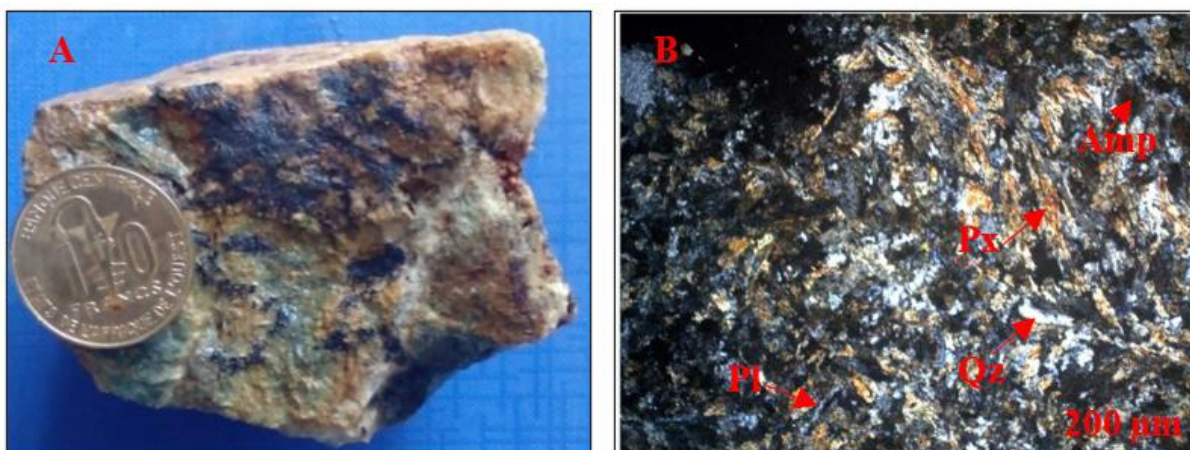


Fig. 30. Aspect macroscopique et microscopique de l'amphibolo-pyroxénite

A : Echantillon de l'amphibolo-pyroxénite, B : microphotographie de l'amphibolo-pyroxénite, Amp : Amphibole, Pl : Plagioclase, Px : Pyroxène, Qz : Quartz.

#### 4.1.1.4 ROCHES VOLCANO-SEDIMENTAIRES

Les roches volcano-sédimentaires sont représentées par les pyroclastites, schistes graphitiques, schistes sériciteux, schistes arkosiques, conglomérats, grès, grauwackes et pélites.

##### PYROCLASTITE

Les pyroclastites ont été décrits dans le prospecte Govisou. Ces roches s'observent généralement dans les zones de cisaillement. Sous l'effet du métamorphisme, de la déformation ductile et de l'altération hydrothermale, les minéraux des pyroclastites se déstabilisent, créant ainsi le déséquilibre de leurs structures initiales pour se transformer en mylonites. Ces roches sont de couleur brune et caractérisées par un étirement des minéraux. Au microscope, ces roches montrent une texture lépidoblastique légèrement déformée. Ils sont composés principalement de biotite boudinée parallèle à la schistosité flux, de carbonate tardif plus ou moins étirée, de quartz généralement boudiné, étiré, recristallisé et également parallèle la schistosité et de plagioclase. Les minéraux accessoires sont représentés par l'épidote, les sulfures (Figures 31A & B).

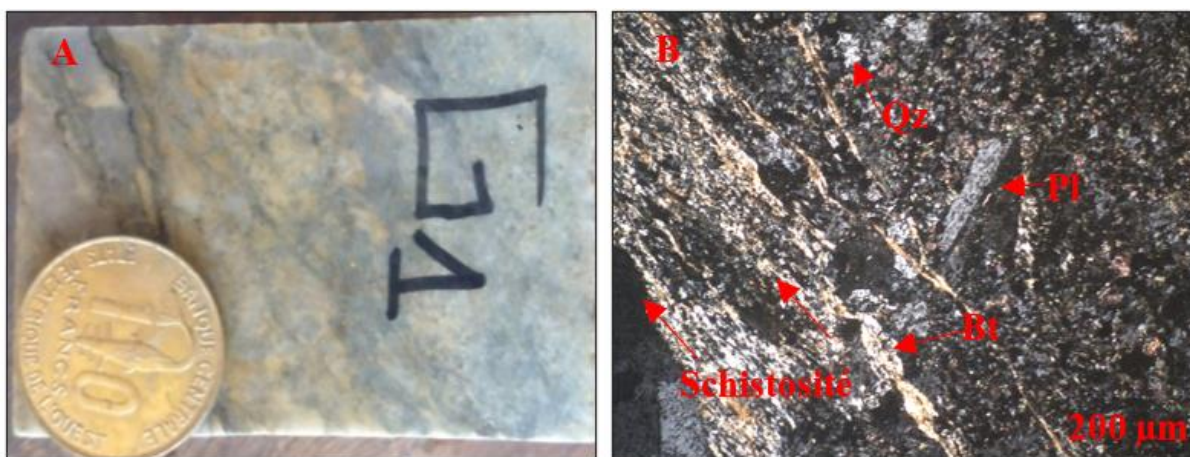
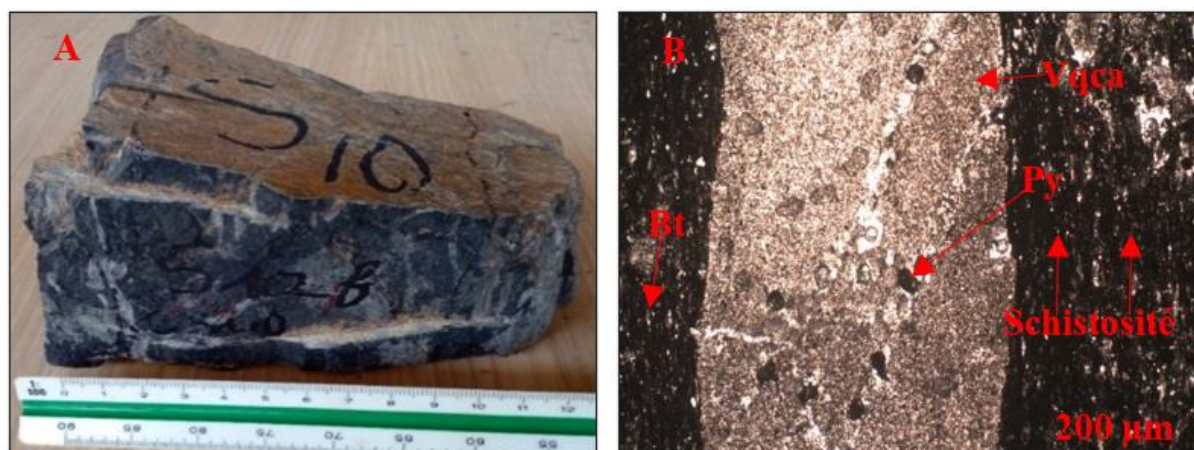


Fig. 31. Aspect macroscopique et microscopique du pyroclastite

A : Echantillon de carotte du pyroclastite, B : microphotographie du pyroclastite, Bt : Biotite, Pl : Plagioclase, Qz : Quartz

### SCHISTE GRAPHITIQUE

Les schistes graphitiques ont été décrits dans le prospect de Yaouré (CMA sud). Ces schistes noirs peu répandus sont intercalés entre les formations basaltiques. Ces sédiments sont à grains fins, d'aspect massif et de couleur très sombre (noire) dû à la présence de graphite qui est l'un des allotropes naturels du carbone. L'observation microscopique montre que ces roches ont une texture lépidoblastique avec une schistosité orientée N-S et des pendages subverticaux. Ces unités sont composées de veines de quartz carbonaté contenant des pyrites et recoupés par des veinules de quartz carbonaté orientés NE-SW créant une texture en stockwork. Ces veinules contiennent également des pyrites. La biotite et le pyroxène sont aussi présents dans la matrice. La biotite de couleur brune est allongée sous forme de petite baguette. Le pyroxène de couleur marron-orangé et de forme plus ou moins subautomorphe à automorphe est moins abondant dans la matrice. Les minéraux accessoires présents sont la calcite et le sulfure (pyrite) (Figures 32A & B).



**Fig. 32.** Aspect macroscopique et microscopique du schiste graphitique

A : Echantillon du schiste graphitique, B : microphotographie du schiste graphitique, Bt : Biotite, Py : Pyrite, Vqca : Veine de quartz carbonaté.

### SCHISTE ARKOSIQUE

Cette roche se localise au nord-ouest à proximité de la localité de Pakouabo de la zone d'étude. Elle présente un aspect massif, une couleur mésocrate, avec des grains moyens à fins. Les schistosités qui affectent la roche sont orientée N020° à N060° et plongent vers le sud-est. La roche est aussi recoupée par des filons de quartz orientés N020° à N040° contenant des fentes de tension en échelon orientées N140°. L'examen microscopique montre que ces roches ont une texture lépidoblastique et sont composées de cristaux de plagioclases subautomorphes à automorphes. Ces cristaux sont parfois serpentinés à leurs périphéries par une matrice de micas blancs. Ces micas épousent la direction NNE-SSW à NE-SW de la schistosité ayant affectée la roche. Certains cristaux de plagioclases se moulent avec les cristaux de quartz et de biotite. Ces unités contiennent aussi du quartz, muscovite et de la biotite plus ou moins chloritisée. On note accessoirement la présence de chlorite, sphène et de minéraux opaques (Figures 33A & B).

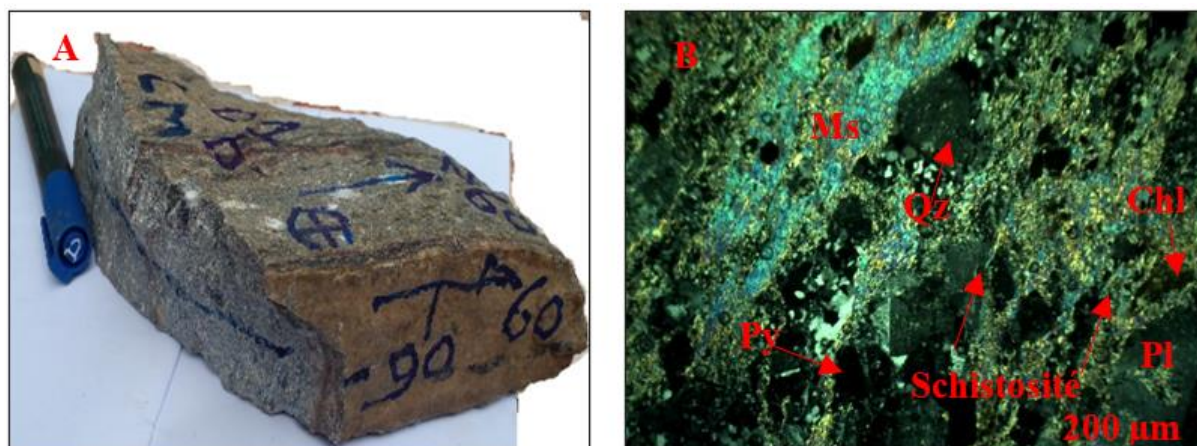


Fig. 33. Aspect macroscopique et microscopique du schiste arkosique

A : Echantillon du schiste arkosique, B : microphotographie du schiste arkosique, Chl : Chlorite, Ms : Muscovite, Pl : Plagioclase, Py : Pyrite.

#### SCHISTE SÉRICITEUX

Les schistes sériciteux ont été observés dans le prospect de Yaouré (CMA sud). Ces formations sont massives. Au microscope, ces roches présentent une texture lépidoblastique et sont riches principalement en séricite, en quartz et en carbonates. La séricite est à grains très fins et d'aspect fibreux. Elle est issue de l'altération de relique de feldspaths. Le quartz et la carbonate se présentent sous forme de veinules boudinées dans la matrice de la roche. Les minéraux accessoires sont représentés par les sulfures (pyrites) automorphes disposés de façon alignée dans la matrice de la séricite. (Figures 34A & B).

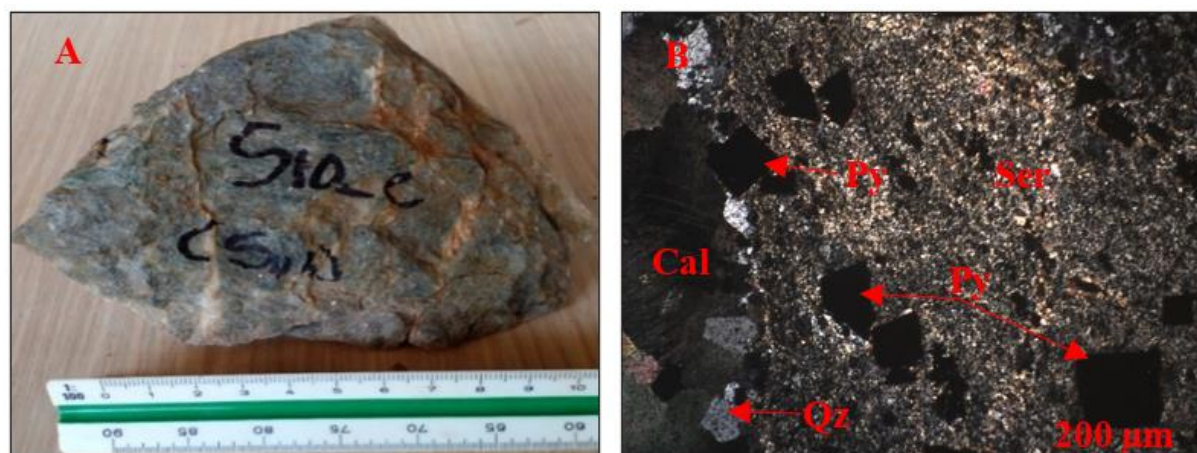


Fig. 34. Aspect macroscopique et microscopique du schiste sériciteux

A : Echantillon du schiste sériciteux, B : microphotographie du schiste sériciteux, Cal : Calcite, Py : Pyrite, Qz : Quartz, Ser : Séricite.

#### CONGLOMÉRAT

Les conglomérats ont été décrits dans le prospect du Yaouré plus précisément dans la partie nord-ouest. Ces unités sont composées de clastes basaltiques qui ont été repris et déposés. Ces clastes de forme subangulaire à arrondis et de taille supérieure à 2 mm sont liés entre eux par un ciment d'origine volcanique. En plus des clastes basaltiques, la matrice contient des galets de feldspathiques arrondis, des oxydes de fer (magnétite) et des cristaux de quartz (Figure 35).



**Fig. 35. Aspect macroscopique et microscopique du conglomérat**

*Echantillon de carotte de conglomérat*

## GRÈS

Les grès ont été décrits dans le prospect du Yaouré (dans la partie nord-ouest). Ces formations sont constituées d'éléments détritiques et de claste basaltiques qui ont été repris et déposés dans un ciment d'origine volcanique. La matrice détritique est composée de cristaux de quartz de forme subangulaire à subarrondis, de taille variable et de cristaux feldspaths plus ou moins altérés (Figure 36).



**Fig. 36. Aspect macroscopique et microscopique du grès**

*Echantillon de carotte de grès*

## PÉLITE & GRAUWACKE

Ces formations sont localisées à la périphérie des schistes graphiteux dans la partie nord (route d'Angovia) de la zone d'étude. La pélite a pour origine d'anciennes boues consolidées par compaction. Elle est formée de matériaux détritiques fins (0,02mm) comme des poussières de quartz, de feldspaths, des éléments micassés. Quant au grauwacke, il appartient à la catégorie des grès grossiers à ciment pélitique à matériaux détritiques remaniés souvent d'origine volcanique, de couleur gris foncé ou verdâtre conséquence de la présence de chlorite dans le ciment. On aussi un contact orienté N40° entre les grauwackes et les pélites.

## 5 DISCUSSION

L'étude pétrographique macroscopique et microscopique des roches du district aurifère du Yaouré a permis de mettre en évidence trente-six (36) faciès, regroupés en trois groupes de roches: (i) -les roches magmatiques (plutoniques, sub-volcaniques et volcaniques), (ii) -les roches métamorphiques et (iii) -les roches volcano-sédimentaires. Les formations volcaniques mafiques (basaltiques) sont des roches extrusives les plus répandues dans la quasi-totalité du prospect du Yaouré et encaissent généralement la minéralisation. Par contre les roches sub-volcaniques à plutoniques intrusives (granodiorite, diorite, gabbro, tonalite, microgranodiorite, microdiorite, et microgabbro), les roches métamorphiques (gneiss à biotite, gneiss

granodioritique, quartzite, amphibolite, amphibolo-pyroxénite, méta-arénite et blastomylonite), et les roches volcano-sédimentaires (pyroclastite, conglomérat, schiste graphitique, schiste sériciteux, schiste arkosique, grauwacke, pélite et grès) sont moins répandues. Ces faciès lithologiques entrent dans le cadre des roches qui caractérisent les formations birimiennes [8]. Et ces types de roches se rencontrent également dans les roches vertes de la région d'aboisso au Sud-Est de la Côte d'Ivoire [7] - [9] - [10]. Par ailleurs, ces formations géologiques sont affectées par un métamorphisme à faible degré (épizonal) du faciès du schiste vert (teinte généralement verdâtre), dues aux amphiboles, chlorites, séricites et aux épidotes recristallisées confirmées par [2].

## 6 CONCLUSION

Cette étude répond à un besoin de mieux connaître les caractères minéralogiques des formations géologiques encaissant la minéralisation aurifère du district du Yaouré. L'étude pétrographique macroscopique et microscopique du district aurifère du Yaouré met en évidence trois groupes de roche:

- Les roches magmatiques diversifiées, allant des plutons (granodiorite), en passant par les subvolcaniques (microgranodiorite), jusqu'aux volcaniques (basalte). Les roches volcaniques du district aurifère du yaouré sont caractérisées par un magmatisme assez différencié. Il va des termes basiques (basaltes, basalte en coussin), aux termes acides (rhyolites) en passant par des termes neutres (andésite, dacite);
- Les roches métamorphiques (gneiss à biotite, blastomylonite, gneiss granodioritique, amphibolite...);
- Les roches volcano-sédimentaires (pyroclastite, schiste graphitique, conglomérat, grès...).

Ces roches sont généralement affectées par l'altération hydrothermale en séricite, en silice, en ankérite, et en albite mais aussi par un métamorphisme de faciès de schiste vert.

## REMERCIEMENTS

Le projet de thèse sur la minéralisation aurifère de Yaouré de Niamien Michael Kouadio KOUAKOU a bénéficié du soutien matériel (échantillon de carotte) de Perseus Mining et du soutien moral des géologues seniors notamment Mr Dibi Brice Landry, Mr Ouattara Kayamassoro et Mr Yéo Pienan.

## REFERENCES

- [1] M. Jaujou, «Le levé géologique du degré carré de Bouaké, Rapport de fin de mission,» *Bureau de Recherches Géologique et Minière (BRGM)*, France, 1970.
- [2] I. Yacé, «Etude géologique du volcanisme éburnéen dans les parties centrales et méridionales de la chaîne précambrienne de Fettekro». *Bull. Dir. Géol. Abidjan*, 155p, 1982.
- [3] J.P. Milési, J.L. Feybesse, P. Ledru, A. Dommanget, M.F. Ouédraogo, M. Tegye, J.Y. Calvez, P. Lagny « Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest et leur évolution litho-structurale au Protérozoïque inférieur. Chronique de la Recherche Minière ». (1989) 497, 3- 98.
- [4] J. Mortimer, (1990). Evolution of the early Proterozoic Toumodi volcanic Group and associated rocks, Ivory Coast. PhD. thesis, Porstmouth Polytechnic, 244 p.
- [5] J.P.Milesi, P.Ledru, J.L. Feybesse, A. Dommanget, and E. Marcoux, (1992). Early Proterozoic ore deposits and tectonics of the Birimian orogenic belt, West Africa. *Precambrian Research*, 58, 1-4, 305-344.
- [6] Fabre, R. & Morel, B. (1993). Stratigraphie des unités birimiennes dans le centre de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Bull. Soc. Géol. France*, 164 (4): 609-921.
- [7] W. Hirdes, D. Davis, G. Lüdtke, and G. Konan, «Two generations of Birimian (Paleoproterozoic) volcanic belts in northeastern Côte d'Ivoire (West Africa): consequences for the 'Birimian controversy',» *Precambrian Res.*, vol. 80, pp.173–191, 1996.
- [8] I. Yacé, (2002). Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest (Pétrologie et Géologie régionale). *Edition CEDA, Abidjan, Côte d'Ivoire*, 183 p.
- [9] K. D. N'Da, «Etude du volcanisme felsique d'Aboisso-Nord (Coupure 4b), Mémoire de fin d'étude, EFCPC, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), Yamoussoukro,» 51 p., 2005.
- [10] Y. Coulibaly, A.N. Kouamelan, C.S. Djro, K.B.K. Pothin et M.O. Boffoue « Les altérations associées à la minéralisation aurifère d'Angovia (massif du Yaouré, centre de la Côte d'Ivoire) ». *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 11 (2008) 159-175.
- [11] G. B. Koffi, G. Ouattara, and A. K. Yao, «Geometry and kinematics of structures controlling the mineralization of Angovia gold mine (Central Ivory Coast, West Africa),» *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 4, Issue 2, February 2013, ISSN 2229-5518, 4 p., 2013.