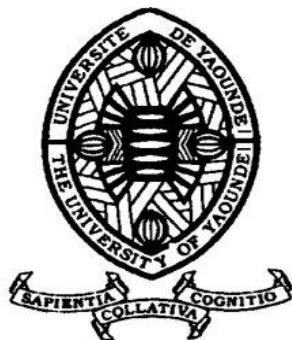


UNIVERSITE DE YAOUNDE 1

FACULTE DES SCIENCES

**CENTRE DE RECHERCHE ET
DE FORMATION DOCTORALE
EN SCIENCES, TECHNOLOGIES
ET GEOSCIENCES**



UNIVERSITY OF YAOUNDE 1

FACULTY OF SCIENCE

**POSTGRADUATE SCHOOL OF
SCIENCE, TECHNOLOGY AND
GEOSCIENCES**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES**

**LABORATOIRE DE GEOSCIENCES DES FORMATIONS PROFONDES ET APPLICATIONS
LABORATORY OF GEOSCIENCE OF INTERNAL FORMATIONS AND APPLICATIONS**

**PETROLOGIE ET STRUCTURES DES
FORMATIONS GEOLOGIQUES DU SECTEUR
DE KEULOTT-LIYINN ET SES ENVIRONS
(BAFIA, CENTRE – CAMEROUN)**

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Sciences de la Terre

Option : Géosciences des Formations Profondes

Spécialité : Pétrologie et Géologie Structurale

Par :



NDEUGUE TCHOUASSI Raphaël Armel

Licencié ès-Sciences

Matricule : **16F2850**

Sous la direction de :

Pr. TCHAKOUNTE Jacqueline EPSE NUMBEM

Maître de Conférences, UY1

ANNEE ACADEMIQUE : 2023 – 2024

A

- Mon père, TCHOUASSI NDEUGUE Jules
- Ma mère, KAMENI Lucie
- Ma grand-mère, TOWA Victorine

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire est le fruit d'un travail de très longue haleine et représente le résultat des efforts conjugués tant individuels que collectifs. Je voudrais ainsi rendre hommage à tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à sa réalisation.

Tout d'abord, je remercie le seigneur Dieu Tout Puissant, pour tous les bienfaits et grâces qu'il m'a accordés en me donnant la force et le courage de venir à bout de ce travail.

J'adresse particulièrement mes remerciements :

Au **Pr. TCHAKOUNTE Jacqueline EPSE NUMBEM** qui, malgré ses multiples occupations, a accepté de diriger ce travail et de guider mes premiers pas dans la recherche scientifique. Sa rigueur au travail, son amour de mère et ses conseils tant sur le terrain qu'en laboratoire ont su stimuler en moi, le sens de la recherche et l'ardeur au travail. Maman, comme je vous appelle affectueusement, trouver en ces mots, l'expression de ma profonde gratitude.

Au **Pr. NKOUMBOU Charles** qui s'est impliqué à fond, aux côtés de mon encadreur lors de la campagne de terrain. Je pense particulièrement aux sacrifices consentis pour le logement à Bayomen, auprès du sous-préfet, pour notre sécurité pendant notre séjour. Veuillez croire, Professeur, à l'expression de ma sincère gratitude.

Au **Pr. BISSO Dieudonné**, Chef de Département des Sciences de la Terre de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé 1 et son prédécesseur **Pr. NDJIGUI Paul-Désiré**, pour leurs enseignements, leurs conseils et leurs encadrements.

Au **Dr TCHAPTCHET TCHATO Depesquidoux I**, pour ses critiques constructives et ses conseils qui ont été d'un grand apport dans la réalisation de ce travail. Qu'il me soit permis de lui témoigner ma sincère reconnaissance.

Aux enseignants du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé 1, dont les enseignements et les conseils ont construit en moi la passion de la géologie. Je pense au **Pr. YONGUE Rose**, **Pr. NZENTI Jean Paul**, **Pr. TCHOUANKOUE Jean Pierre**, **Pr. YENE ATANGANA**, **Pr. GANNO Sylvestre**, **Pr. NGO BIDJECK Louise Marie**, **Pr. METANG Victor** et au **Dr. NGO BELNOUN Rose Noel**, **Dr. TEHNA Nathanaël**, **Dr. NOMO Emmanuel**, **Dr. TENE Joëlle**, **Dr. FEUMBA Roger**.

A mon aîné académique **Monsieur NZIE Rodrigue César**, pour sa simplicité, son savoir vivre, son affection, ses conseils et ses aides multiformes. Nos différents échanges scientifiques ont contribué à éclairer mes diverses connaissances sur la géologie.

A Monsieur **BEOFLO EDOU Guy Gérard**, mon aîné au Laboratoire de Géosciences des Formations Profondes et Applications, pour sa disponibilité et ses multiples aides durant la réalisation de ce mémoire.

Je remercie particulièrement Monsieur **NGUILA Parfait Aimé**, mon promotionnaire, pour tous nos moments de joie, de partage et d'apprentissage durant notre campagne de terrain et tout au long de la rédaction de ce mémoire. Je pense également à mon aîné académique Monsieur **AMANG Jeff**, pour ses conseils, son temps consenti malgré ses occupations et pour nos différents échanges scientifiques.

Je dis très sincèrement merci à tous mes camarades du Laboratoire de Géosciences des Formations Profondes et Applications. Il s'agit de : **ABOUBAKAR OUMAROU, LEUHA Brandon, NGUILA Parfait, NJIKI Suzanne, MASSOP Durance, GOUDJOU Liliane, MALONG Ferdinand, MBOU Fabiola, SIMO Abigaëlle, MANGAH Henry, TANKWA Carelle**. Nos moments passés ensemble comme une famille et nos échanges constitueront de très beaux souvenirs.

A tous mes camarades de promotion, particulièrement **KAPTCHOUANG Suzi Phalone, KAMWA FOKO Ivan Steve, AWANA Carine, MAFO Carlone, MATCHUIM Saurelle**, pour la convivialité, la bonne collaboration qu'ils ont su entretenir durant nos moments passés ensemble.

Qu'il me soit permis de remercier toute ma famille. Il s'agit particulièrement de mes parents, **Mr et Mme TCHOUASSI**, pour tous leurs efforts consentis, leurs sacrifices et surtout leurs encouragements. Papa, maman que le Tout Puissant vous bénisse. Je pense à mes frères et sœurs, **MEGOGOUE Kévine, TCHUIANGA Raoul, TOUMENI Marcel et TCHOKOUAHA Grace** pour tous leurs encouragements durant la rédaction de ce mémoire. Je pense également à **Madame TOUKO Stéphanie**, ma grande sœur, et qui représente également une maman pour moi, pour son soutien multiforme. Elle a su trouver les mots pour me reconforter.

Un très grand merci à la famille **TCHUIANGA**, pour m'avoir accueilli dans leur maison comme leur fils et frère pendant mes premières années universitaires et pour leur soutien moral.

Je tiens à remercier particulièrement **Monsieur le Sous-Préfet** de l'arrondissement de **Kon-Yambetta**, pour l'accueil chaleureux et l'hospitalité manifestés à notre égard tout au long de la campagne de terrain.

A toute la population de **KEULOTT-LIYINN**, en particulier **Dylan** mon guide et le Chef de village, pour leur accueil chaleureux.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous ceux-là qui, de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail et dont les noms n'ont pas pu être mentionnés.

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|------|
| REMERCIEMENTS | ii |
| TABLE DES MATIERES | v |
| LISTE DES FIGURES | ix |
| LISTE DES TABLEAUX | xi |
| LISTE DES ABREVIATIONS | xii |
| RESUME..... | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| INTRODUCTION GENERALE..... | 1 |
| 1. PROBLEMATIQUE ET BUT DU TRAVAIL | 2 |
| 2. OBJECTIFS DE L'ETUDE..... | 2 |
| 3. STRUCTURE DU MEMOIRE | 3 |
| CHAPITRE I : GENERALITES ET TRAVAUX ANTERIEURS..... | 4 |
| I.1. CADRE GEOGRAPHIQUE | 5 |
| I.1.1. Localisation du secteur d'étude | 5 |
| I.1.2. Climat | 6 |
| I.1.3. Végétation..... | 7 |
| I.1.4. Géographie humaine et économique | 7 |
| I.1.5. Géomorphologie | 7 |
| I.1.5.1. Orographie | 7 |
| I.1.5.2. Hydrographie | 9 |
| I.2. CADRE GEOLOGIQUE | 10 |
| I.2.1. Domaine Cratonique..... | 10 |
| I.2.2. Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale..... | 11 |
| I.3. TRAVAUX ANTERIEURS | 16 |
| CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES | 18 |

| | |
|--|----|
| II.1. TRAVAUX PRELIMINAIRES..... | 19 |
| II.2. TRAVAUX DE TERRAIN | 19 |
| II.3. TRAVAUX EN LABORATOIRE | 20 |
| CHAPITRE III : ETUDE PETROGRAPHIQUE | 22 |
| III.1. LES GNEISS | 23 |
| III.1.1. Gneiss à biotite et grenat..... | 24 |
| III.1.2. Gneiss à biotite et amphibole..... | 27 |
| III.1.3. Gneiss à biotite..... | 30 |
| III.2. LES METABASITES..... | 32 |
| III.2.1. Amphibolites à pyroxène | 32 |
| III.2.2. Pyroxéno-amphibolites à grenat | 35 |
| III.2.3. PYROXENITE | 38 |
| III.3. MICASCHISTES A GRENAT | 40 |
| III.4. LES QUARTZITES | 43 |
| III.4.1. Quartzites à deux micas | 43 |
| III.4.2. Quartzites à muscovite..... | 43 |
| III.4.3. Quartzites compacts | 43 |
| CHAPITRE IV : ETUDE STRUCTURALE | 46 |
| IV.1. ANALYSE MORPHO-STRUCTURALE | 47 |
| IV.1.1. Analyse de la carte topographique..... | 47 |
| IV.1.1.1. Analyse de la carte orographique..... | 47 |
| IV.1.1.2. Analyse de la carte hydrographique..... | 49 |
| IV.1.2. Analyse de la carte des pentes | 51 |
| IV.1.3. Analyse de la carte des linéaments | 52 |
| IV.2. ANALYSE STRUCTURALE..... | 54 |
| IV.2.1. Première phase de déformation D ₁ | 54 |
| IV.2.2. Deuxième phase de déformation D ₂ | 54 |

| | |
|---|----|
| IV.2.2.1. La foliation S ₂ | 54 |
| IV.2.2.2. Boudins B ₂ | 56 |
| IV.2.2.3. Plis P ₂ | 56 |
| IV.2.3. Troisième phase de déformation D ₃ | 57 |
| IV.2.3.1. Cisaillement C ₃ | 57 |
| IV.2.3.2. Plis P ₃ | 58 |
| IV.2.4. Quatrième phase de déformation D ₄ | 59 |
| IV.2.4.1. Diaclases | 59 |
| IV.2.4.2. Filons..... | 59 |
| CHAPITRE V : ETUDE GEOCHIMIQUE | 61 |
| V.1. CARACTERES GEOCHIMIQUES | 62 |
| V.1.1. Metasediments | 62 |
| V.1.1.1. Eléments majeurs | 62 |
| V.1.1.2. Eléments en traces | 63 |
| V.1.1.3. Terres rares | 64 |
| V.1.2. Metabasites..... | 67 |
| V.1.2.1. Eléments majeurs | 67 |
| V.1.2.2. Eléments en traces | 68 |
| V.1.2.3. Terres rares..... | 69 |
| V.2. NATURE DU PROTOLITE..... | 72 |
| V.2.1. Métasédiments | 72 |
| V.2.2. Métabasites..... | 73 |
| CHAPITRE VI : ESSAI D'INTERPRETATION ET DISCUSSION | 75 |
| VI.1. EVOLUTION TECTONO – METAMORPHIQUE | 76 |
| VI.1.1. Evolution métamorphique..... | 76 |
| VI.1.2. Evolution morphostructurale et tectonique..... | 77 |
| VI.2. SOURCE ET CONTEXTE GEOTECTONIQUE..... | 78 |

| | |
|---|----|
| VI.2.1. Métasédiments | 78 |
| VI.2.2. Métabasites | 80 |
| CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES | 83 |
| REFERENCES | 86 |
| ANNEXE | 1 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude. | 5 |
| Figure 2: Diagramme ombrothermique du secteur de Keulott-Liyinn. | 7 |
| Figure 3: Carte du bloc diagramme de Keulott – Liyinn montrant les unités géomorphologiques. | 8 |
| Figure 4: Carte du réseau hydrographique du secteur de Keulott – Liyinn. | 9 |
| Figure 5: Carte de reconstitution des domaines Panafricains NE brésilien et Ouest Africain montrant la continuité entre les chaînes de Sergipano et Nord Équatoriale (d'après Castaing et al., 1994). CA : Cisaillement de l'Adamawa ; FS : Faille de la Sanaga ; CTB : Cisaillement de TibatiBanyo ; Pa : Cisaillement de Patos ; Pe : Cisaillement de Pernambuco ; CBO : Cisaillement de Bétaré Oya. | 11 |
| Figure 6: Carte géologique du Cameroun illustrant les principaux domaines lithotectoniques et cisaillements. FKC, Faille de Kribi-Campo ; FS, Faille de la Sanaga ; CCC, Cisaillement Centre Camerounais ; FTB, Faille Tcholliré-Banyo ; CGG, Cisaillement Godé- Gormaya ; CMN, Cisaillement Mayo-Nolti (Tchakounté et al., 2017). | 15 |
| Figure 7: (a) Localisation du secteur de Bafia dans la Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale au Cameroun LC : Ligne du Cameroun ; FS : Faille de la Sanaga ; CCC : Cisaillement Centre Camerounais. (b) carte géologique de la région de Bafia (Weecksteen, 1957). Secteur étudié en encart. | 17 |
| Figure 8: Carte d'échantillonnage. | 23 |
| Figure 9 : Aspects macroscopique et microscopique des gneiss à biotite et grenat. | 26 |
| Figure 10 : Aspects macroscopique et microscopique des gneiss à biotite et amphibole. | 29 |
| Figure 11 : Aspects mésoscopique, macroscopique et microscopique des gneiss à biotite. ... | 31 |
| Figure 12 : Aspects mésoscopique, macroscopique et microscopique des amphibolites à pyroxène. | 34 |
| Figure 13: Aspects mésoscopique, macroscopique et microscopique des pyroxéno-amphibolites à grenat. | 37 |
| Figure 14: Aspects mésoscopique, macroscopique et microscopique des pyroxénites. | 39 |
| Figure 15 : Aspects mésoscopique, macroscopique et microscopique des micaschistes à grenat. | 42 |
| Figure 16 : Aspects mésoscopique et macroscopique des quartzites. A. | 44 |

| | |
|--|----|
| Figure 17 : Carte orographique de la zone d'étude. | 48 |
| Figure 18 : Profils topographiques suivant les traits de coupe A-B et C-D. | 48 |
| Figure 19 : Carte du réseau hydrographique hiérarchisé dans le secteur exploré. | 49 |
| Figure 20 : Carte des linéaments hydrographiques de la zone d'étude. | 50 |
| Figure 21 : Rosace directionnelle des linéaments hydrographiques. | 51 |
| Figure 22 : Carte des pentes de Keulott-Liyinn et ses environs. | 52 |
| Figure 23 : Carte synthétique des linéaments de Keulott-Liyinn et ses environs. | 53 |
| Figure 25 : Foliation S2 à l'échelle mésoscopique et microscopique dans les gneiss de Keulott-Liyinn. A | 55 |
| Figure 26 : Projection stéréographique des plans de foliation S ₁ /S ₂ : | 56 |
| Figure 27 : Eléments structuraux de la phase D ₂ | 57 |
| Figure 28 : Plan de cisaillement C ₃ senestre | 58 |
| Figure 30 : Eléments structuraux de la phase de déformation D ₄ | 60 |
| Figure 33 : Diagramme de De la Roche montrant la nature des protolithes. | 72 |
| Figure 34 : Diagramme Log (SiO ₂ /Al ₂ O ₃) vs Log (Fe ₂ O ₃) de Herron (1988). | 73 |
| Figure 35 : A) Diagramme CaO-MgO-FeO (Deng et al., 2020) ; B) Diagramme La/10-Y/15-Nb/8 (Cabanis et Lécalle 1989). | 74 |
| Figure 36 : Esquisse de la carte géologique du secteur Keulott – Liynn et ses environs (pas à l'échelle). | 78 |
| Figure 37 : Source et contexte géotectonique des métasédiments | 80 |
| Figure 38 : Diagramme de discrimination tectonique. | 81 |
| Figure 39 : Diagramme comparatif des terres rares entre les metabasites du secteur d'étude et ceux du complexe du Nyong (Owona et al.,2022). | 82 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Relevés climatiques moyen de la zone d'étude sur une période de 39 ans (1984 – 2023)..... | 6 |
| Tableau 2 : Caractéristiques pétrographiques des formations géologiques du secteur d'étude. | 45 |
| Tableau 3 : Composition chimique des éléments majeurs (%) des métasédiments de la localité de Keulot-Liyinn. | 63 |
| Tableau 4 : Composition en éléments traces (ppm) des métasédiments de la zone d'intérêt. | 66 |
| Tableau 5: Composition en terres rares (ppm) des métasédiments de la zone d'étude..... | 67 |
| Tableau 6: Composition chimique des éléments majeurs (%) des metabasites. | 68 |
| Tableau 7: Composition en éléments trace (ppm) des metabasites..... | 69 |
| Tableau 8: Composition en terres rares (ppm) des metabasites. | 71 |
| Tableau 9: Tableau récapitulatif des échantillons. | 2 |

LISTE DES ABREVIATIONS

Liste des abréviations utilisées pour les minéraux :

| | | | |
|-----|---------------------|-----|---------------|
| Amp | : Amphibole | Op | : Opaque |
| Ap | : Apatite | Or | : Orthose |
| Bt | : Biotite | Px | : Pyroxène |
| Chl | : Chlorite | Pl | : Plagioclase |
| Grt | : Grenat | Qtz | : Quartz |
| Kfs | : Feldspath alcalin | Spn | : Sphène |
| Mic | : Microcline | Zrn | : Zircon |
| Ms | : Muscovite | Ser | : Séricite |
| Myr | : Myrmékite | | |

Autres abréviations

| | |
|------|--|
| CPAC | : Chaîne panafricaine d’Afrique Centrale |
| CPNE | : Chaîne panafricaine Nord Equatoriale |
| GPS | : Global Position System |
| HREE | : Heavy Rare Earth Element (Terre Rare Lourde) |
| LOI | : Loss On Ignition (Perte au feu) |
| LREE | : Light Rare Earth Element (Terre Rare Légère) |
| SRTM | : Shuttle Radar Topography Mission |
| TTG | : Tonalite, Tondjemite, Granodiorite |
| UCC | : Upper Continental Crust |

RESUME

Le secteur d'étude appartient au groupe de Bafia et est situé dans la partie sud du Domaine de l'Adamaoua-Yadé, au Nord du craton du Congo.

Les résultats des études pétrographique, structurale et géochimique révèle que les formations de Keulott-Liyinn sont essentiellement constituées des roches métamorphiques. Il s'agit de : (1) les quartzites (à deux micas, compact et à muscovite) ; (2) les métasédiments (micaschiste à grenat, gneiss à biotite, gneiss à biotite et à amphibole, et gneiss à biotite et grenat) et (3) des metabasites (amphibolites à pyroxène, pyroxéno-amphibolites à grenat et des pyroxénites). Les assemblages minéralogiques de ces roches mettent en évidence une évolution métamorphique en deux phases. La première est prograde jusqu'au faciès des granulites, marquée par la présence du pyroxène. La seconde est rétrograde jusqu'au faciès des schistes vert en passant par le faciès des amphibolites due à la présence d'une texture coronitique autour du pyroxène, la transformation du pyroxène en amphibole et le développement du chlorite à partir de la biotite.

Au point de vue structural, les formations métamorphiques ont enregistré une déformation polyphasée à quatre phases de déformation dont trois phases ductile D₁-D₃. La phase D₁, se présente sous la forme de relique et est essentiellement marquée par la foliation S₀/S₁. La phase D₂ est caractérisée par la foliation S₂, les boudins B₂ intrafoliaux ainsi que les plis P₂ intrafoliaux. La phase D₃ est caractérisée par les plans de cisaillement senestre et les plis P₃. La phase D₄, quant à elle, est essentiellement cassante et caractérisée par le filon de nature quartzo-feldspathique et les diaclases.

Au point de vue géochimique, les métasédiments sont des arkoses et grauwackes qui proviennent des formations post-archéennes environnant. Les metabasites quant à eux sont des basaltes calco-alcalins, des basaltes continentaux, des basaltes alcalins du rift intra-continental et des basaltes du type E-MORB formés dans un contexte de bassin arrière arc caractéristique des zones de subductions.

Mots clés : *Groupe de Bafia, CPAC, métamorphisme prograde et retrograde, métasédiment, metabasite, Adamaoua-Yadé.*

ABSTRACT

The study area belongs to the Bafia group and is located in the southern part of the Adamaoua-Yadé domain, north of the Congo craton.

The results of petrographic, structural and geochemical studies reveal that the Keulott-Liyinn formations are essentially composed of metamorphic rock. They are: (1) quartzite (with two micas, compact and muscovite); (2) metasediments (garnet micaschist, biotite gneiss, biotite and amphibole gneiss, and biotite and garnet gneiss) and (3) metabasites (pyroxene amphibolite, garnet pyroxeno-amphibolite and pyroxenite). The mineralogical assemblages of these rocks highlight a metamorphic evolution in two phases. The first is prograde to the granulite facies, marked by the presence of pyroxene. The second is retrograde to the green schist facies via the amphibolite facies due to the presence of a coronitic texture around the pyroxene, the transformation of pyroxene into amphibole and the development of chlorite from biotite.

From a structural point of view, the metamorphic formations recorded a polyphase deformation with four deformation phases including three ductile phases D₁-D₃. Phase D₁, is in the form of a relic and is essentially marked by the S₀/S₁ foliation. Phase D₂ is characterized by the S₂ foliation, intrafolial B₂ boudin as well as intrafolial P₂ folds. Phase D₃ is characterized by the sinistral shear planes and the P₃ folds. Phase D₄, for its part, is essentially brittle and characterized by the quartzo-feldspathic vein and the joints.

From a geochemical point view, the metasediments are arkoses and graywackes that come from the surrounding post-Archean formations. The metabasites are calc-alkaline basalts, continental basalts, intra-continental rift alkaline basalts and E-MORB type basalts formed in a back-arc basin context characteristic of subduction zones.

Key words: *Bafia Group, CPAC, prograde and retrograde metamorphism, metasediment, metabasite, Adamoua-Yadé.*

INTRODUCTION GENERALE

1. PROBLEMATIQUE ET BUT DU TRAVAIL

Au Cameroun, trois principaux domaines géodynamiques constituent la Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale (CPAC, [Toteu et al., 2001](#)) : le domaine Nord, le domaine Adamaoua-Yadé et le domaine Sud. La localité de Keulott-Liyinn est située dans le Mbam et Inoubou, et appartient au domaine Adamaoua-Yadé de la CPAC qui est délimité au Nord par la zone de cisaillement de Tcholliré-Banyo et se prolonge au Sud jusqu'à la faille de la Sanaga ([Tchakounté et al., 2017](#)). Il s'étend du Sud de Bafia jusqu'au Sud de poli et est constitué d'un ensemble complexe de formations Archéennes et Paléoproterozoïques auxquelles sont associés des métasédiments et des massifs de granitoïdes Néoproterozoïques syn. à post-tectoniques. Dès lors, le secteur de Bafia auquel fait partie la localité étudiée, est situé à l'interface entre les domaines Sud et Centre et représente un secteur important pour la compréhension de l'évolution géodynamique de la CPAC au Cameroun.

Malgré les travaux menés dans le groupe de Bafia ([Weecksteen \(1957\)](#), [Tchakounté et al., 1999, 2007, 2017](#) ; [Mvondo, 2009](#) ; [Ngamy 2016 et 2019](#) ; [Tchakounté et al., 2021](#)), les formations de la région de Keulott-Liyinn sont encore mal connues. Dès lors, il s'avère nécessaire d'amorcer leur connaissance en menant une étude petro-structurale détaillée et géochimique des roches de cette localité. C'est dans ce cadre que le présent travail intitulé : « **pétrologie et structures des formations géologiques du secteur de Keulott-Liyinn et ses environs (Bafia, Centre-Cameroun)** » a été défini en vue d'intégrer les formations de Keulott-Liyinn dans leur contexte géologique, et partant, de contribuer à la compréhension de l'évolution géotectonique du secteur, voire du domaine Centre de la CPAC.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif principal de ce travail est de contribuer à l'étude pétro-structurale du secteur de Keulott-Liyinn pour une meilleure caractérisation de l'évolution géodynamique de la partie Sud de la CPAC au Nord du craton du Congo.

Pour atteindre cet objectif, il s'agira de faire :

- un inventaire lithologique et une étude pétrographique à l'échelle macroscopique et microscopique afin de préciser les paragenèses minérales et les caractéristiques métamorphiques des formations géologiques identifiées sur le terrain ;
- une étude structurale à l'échelle de la carte (morpho-structurale) et du terrain. L'analyse morpho-structurale aura pour but de mettre en évidence la relation entre les formes de relief et les éléments géologiques (lithologie et structure). L'analyse structurale quant à elle est basée sur la description, la mesure et la classification de

tous les éléments structuraux enregistrés par les différentes formations géologiques en vue de déterminer la chronologie, la cinématique et le régime tectonique des différentes phases de déformation ayant affecté le secteur ;

- faire une étude géochimique dans le but de déterminer la nature des protolithes et le contexte géotectonique de mise en place des différentes formations de la localité de Keulott-Liyinn et ses environs.

3. STRUCTURE DU MEMOIRE

A l'exception de l'introduction et la conclusion générales, le présent mémoire s'articule autour d'un :

- premier chapitre qui présente les généralités (cadre géographique et géologique) de la localité de Keulott-Liyinn, ainsi que les travaux antérieurs effectués dans le groupe Bafia,
- deuxième chapitre consacré aux matériels et méthodes,
- troisième chapitre dédié à l'étude pétrographique des roches rencontrées dans le secteur d'étude,
- quatrième chapitre traitant de l'analyse de la déformation dans le secteur,
- cinquième chapitre axé sur l'étude géochimique afin de déterminer la nature des protolithes et le contexte géotectonique de mise en place des différentes formations,
- sixième chapitre qui procèdera à l'interprétation et à la discussion des principaux résultats obtenus.

CHAPITRE I : GENERALITES ET TRAVAUX ANTERIEURS

Ce chapitre se propose de situer le secteur d'étude dans son milieu naturel en présentant ses caractéristiques physiques tels que le climat, la végétation, l'hydrographie, l'orographie et son contexte économique et humain ainsi que la géologie de la région de KEULOTT – LIYINN.

I.1. CADRE GEOGRAPHIQUE

I.1.1. Localisation du secteur d'étude

Le village KEULOTT – LIYINN, communément appelé BABETTA par les autochtones de la localité, est situé dans l'arrondissement de Kon Yambetta, département du Mbam et Inoubou, région du Centre Cameroun, à une quarantaine de kilomètre (40 Km environ) au Nord-Ouest de Bafia et à environ 120 Km des granulites Néoprotérozoïque de Yaoundé. Il s'étend entre les latitudes 4°51'N et 4°55'N et les longitudes 11°2'E et 11°6'E (Figure 1).

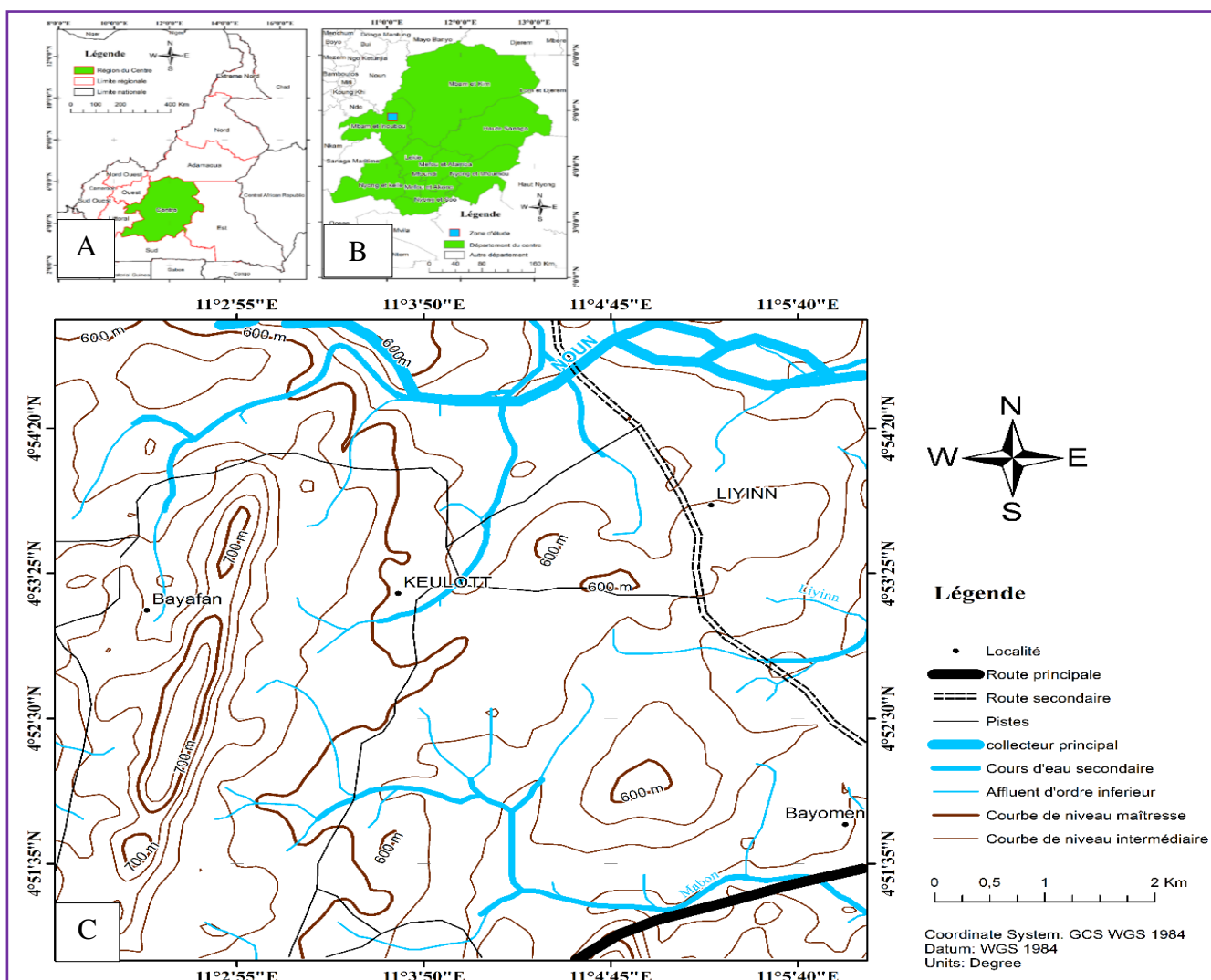


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude. A) Carte administrative du Cameroun ; B) Carte administrative de la région du Centre ; C) Carte topographique de la zone d'étude.

I.1.2. Climat

Le diagramme ombrothermique, obtenu à partir des données climatiques de Bafia, 2005 (source : WWW.Weatherbase.Com), permet de déterminer les périodes sèches et les périodes humides. D'après Bagnoul et Gaussen (1957), la période sèche est celle dont la courbe 2T est supérieur à la courbe des précipitations, tandis que la période humide correspond à celle où la courbe 2T est inférieure à celle des précipitations.

D'après la figure 2, cette courbe présente deux minima et deux maxima de précipitation qui correspondent respectivement aux saisons sèches et aux saisons de pluie. Les périodes sèches correspondent aux mois de novembre, décembre, janvier, février ; les périodes humides correspondent aux mois de mars, avril, mai, juin, août, septembre, octobre. Par ailleurs, ces saisons de durées inégales s'alternent dans la région. Il s'agit d'un climat équatorial à quatre saisons :

- une grande saison des pluies de mi-août à octobre ;
- une petite saison des pluies de mars à mi-juin ;
- une grande saison sèche de novembre à février ;
- une petite saison sèche de mi-juin à mi-août.

Tableau 1: Relevés climatiques moyen de la zone d'étude sur une période de 39 ans (1984 – 2023).

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|----------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Précipitations (mm) | 9 | 26 | 110 | 145 | 182 | 127 | 119 | 145 | 229 | 300 | 79 | 7 |
| Température (°) | 25 | 26 | 26 | 25 | 25 | 24 | 23 | 23 | 24 | 24 | 24 | 24 |

Source : <http://www.weatherbase.com> consulté le 23 Octobre 2023 à 20h17min

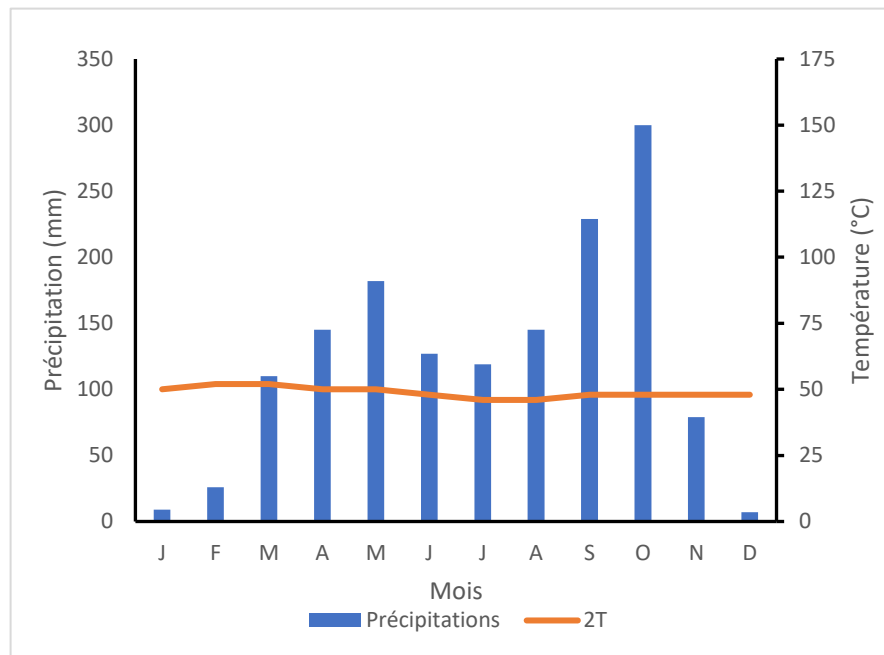


Figure 2: Diagramme ombrothermique du secteur de Keulott-Liyinn.

I.1.3. Végétation

La localité de Bafia se situe dans une zone de transition entre la forêt et la savane. D'une manière générale, la savane est la végétation dominante dans le secteur d'étude. La forêt secondaire résulte de la destruction d'une forêt primaire par la pratique des feux de brousse. Toutefois, un contraste de la végétation est visible en fonction des différents ensembles morphologiques définis.

I.1.4. Géographie humaine et économique

La population de Keulott – Liyinn est estimée à environ cinq cent (500) habitants et on rencontre un brassage important des populations provenant des villages avoisinants.

L'agriculture pratiquée par ces derniers n'est pas très développée et leur activité économique est essentiellement basée sur :

- les cultures vivrières à l'instar du maïs, du cacao, des bananiers-plantains, du manioc ;
- la chasse qui se pratique dans les forêts galeries longeant les cours d'eau et les forêts des sommets de certains reliefs.

I.1.5. Géomorphologie

I.1.5.1. Orographie

L'analyse couplée des observations faites sur le terrain, de la carte topographique (Fig.1) et du bloc diagramme (Fig.3) révèlent que le secteur d'étude est un relief presque plat, s'élevant de l'Est vers l'Ouest avec des altitudes n'excédant pas 730 m. Le bloc diagramme met en

évidence une pénélaine d'altitude variante recouvrant ainsi les 85% de la zone d'étude ainsi qu'un relief collinaire d'altitude pouvant atteindre 730 m, d'orientation NNE-SSW et recouvrant les 15% restant du secteur étudié. La morphologie de ce secteur définit trois unités morphologiques :

- l'unité morphologique inférieure dans les parties SE, E et NE, avec des altitudes comprises entre 520 et 580 m ;
- l'unité morphologique intermédiaire présente au centre, avec une altitude comprise entre 610 et 670 m ;
- l'unité morphologique supérieure (700 – 730 m), représentée plus vers l'Ouest du secteur par une colline allongée NNE-SSW dont le sommet peut atteindre une altitude de 730 m.

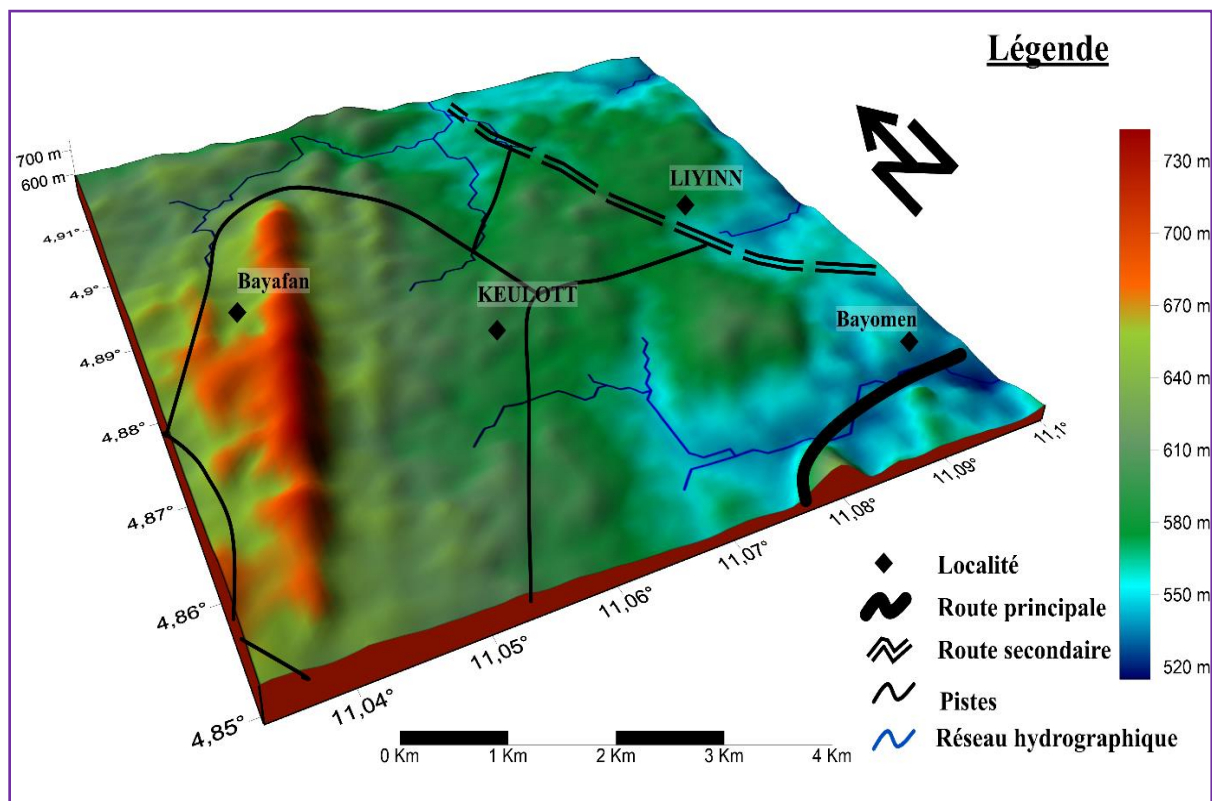


Figure 3: Carte du bloc diagramme de Keulott – Liyinn montrant les unités géomorphologiques.

I.1.5.2. Hydrographie

La localité de Keulott-Liyinn appartient au bassin versant de la Sanaga. Ce dernier est constitué d'une sous multitude de bassins versants parmi lesquels le NOUN et ses affluents qui drainent le secteur d'étude. Le réseau hydrographique est moins dense et aéré ; les principaux cours d'eau Mabon, Liyinn et le Noun sont tributaires du MBAM. L'ensemble des cours d'eau forment un réseau dendritique et hiérarchisé avec des ordres allant de 1 à 3. Les cours d'eau d'ordre 1, à régime saisonnier avec des lits pratiquement secs en saison sèche et en crue pendant les saisons pluvieuses sont des sources. Les cours d'eau d'ordre 2 et 3 ont un régime permanent ou annuel. Ces cours d'eau empruntent généralement les directions tectoniques W – E, NW – SE ou SSW – NNE.

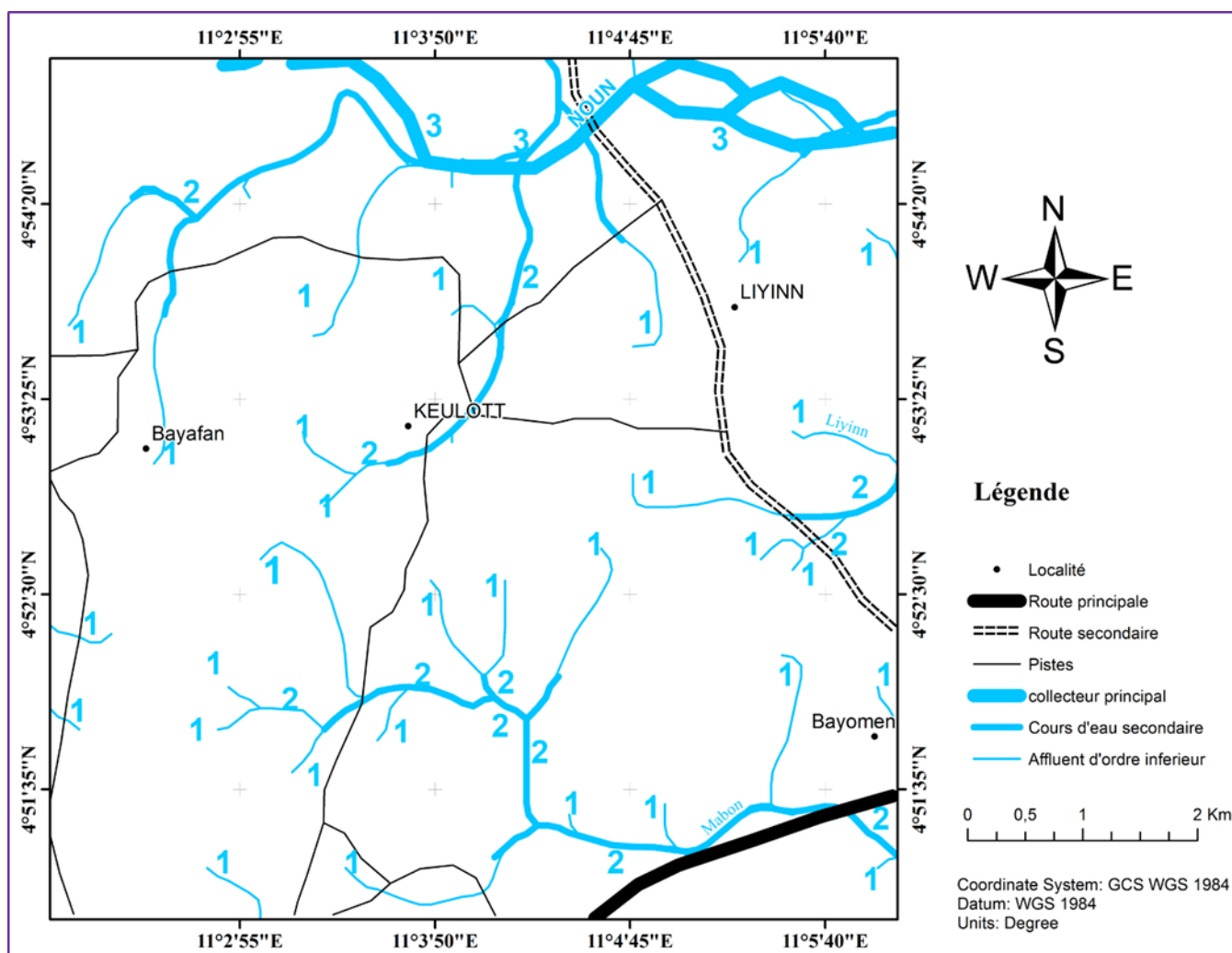


Figure 4: Carte du réseau hydrographique du secteur de Keulott – Liyinn.

I.2. CADRE GEOLOGIQUE

Le socle précambrien au Cameroun est subdivisé en deux grandes unités litho-structurales : le domaine cratonique qui représente le prolongement Nord-Ouest du craton du Congo (groupe du Ntem) et la Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale (Toteu et al., 2001).

I.2.1. Domaine Cratonique

Situé au Sud Cameroun, le domaine cratonique est constitué des formations d'âge Archéennes et Paléoprotérozoïque représentées respectivement par le complexe du Ntem et du Nyong.

- **(i) le complexe du Ntem** a été affecté par deux cycles orogéniques. Le premier cycle orogénique ou Libérien est marqué par la mise en place des protolithes de roches vertes suivi par une intrusion de TTG (Tonalite, Trondjémite, Granodiorite) entre 2900 et 2800 Ma (Shang et al., 2010). La fin du cycle est marquée par l'intrusion des granitoïdes anatectiques et potassique 2600 et 2500 Ma (âge U-Pb sur Zircon : Toteu et al., 1994, 2004 ; Shang et al., 2010). Ce complexe porte l'empreinte d'une déformation D_1 marquée par la foliation S_1 associée à un métamorphisme de haut degré. Le second cycle est éburnéen et caractérisé par trois étapes successives : l'intrusion des syénites alcalines autour de 2300 Ma (âge Pb-Pb sur Zircon ; Tchameni, 2001), la mise en place des dolérites vers 2100 Ma (âge Sm-Nd ; Tchameni, 1997) et en fin un métamorphisme de faciès amphibolite ou granulite vers 2050 Ma (Toteu et al., 1994).

- **(ii) le complexe du Nyong**, situé au Nord-Ouest du complexe du Ntem, est constitué de roches métasédimentaires et des métaplutoniques mises en place au cours d'un événement tectono-métamorphique de haut degrés vers 2050 Ma (Toteu et al., 1994 ; Ndema et al., 2014). Ce complexe repose sur le craton du Congo comme une nappe éburnéenne (Feybesse et al., 1987 ; Toteu et al., 1994 ; Tchameni et Nsifa., 1998), comprenant à la fois : (a) les formations archéens d'origine volcano-sédimentaire (2500 – 2900 Ma ; âge U – PB sur Zircon détritique ; Pouclet et al., 2007) constituées de granulites associées aux formations ferrifères rubanées ou BIFs ; de plutonites (Tonalite, trondjémite, granodiorite, charnockites, dolérites, syénites alcalines) et de roches vertes (serpentinites, éclogites, épidotites) (Lerouge et al., 2006 ; Ndema et al., 2014 ; Ganno et al., 2017 ; Bouyo Houketchang et al., 2019 ; Nga Essomba et al., 2020 ; Owona et al., 2021a, b) ; (b) les formations Paléoprotérozoïques (2050 Ma : âge U-PB sur Zircon et Sm-Nd, Toteu et al., 1994) associées à des massifs granitiques et syénitiques ; (c) et de formations Néoprotérozoïques datées à 629 ± 26 Ma (age U-Pb sur Zircon) qui

correspondent à l'évènement métamorphique panafricain ayant affecté les formations Paléoprotérozoïques (Toteu et al., 2001 ; Pouclet et al., 2007 ; Nzepang Tankwa et al., 2020).

I.2.2. Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale

Encore appelée Chaîne Panafricaine Nord Equatoriale (CPNE : Nzenti et al., 1988 ; Davison et Reginaldo, 1989), la CPAC appartient à la ceinture orogénique d'Afrique Centrale (Trompette, 1997). Il s'agit d'une méga chaîne limitée à l'Ouest par la Chaîne Panafricaine Transsaharienne et au Sud par le craton du Congo. Elle se prolonge jusqu'au Nord-Est du Brésil dans la province de Borborema, où elle forme la Chaîne Panafricano-Brésilienne (Fig.5) (Almeida et al., 1981 ; Davison et Reginaldo, 1989 ; Castaing et al., 1993 ; Brito de Nueves et al., 2001).

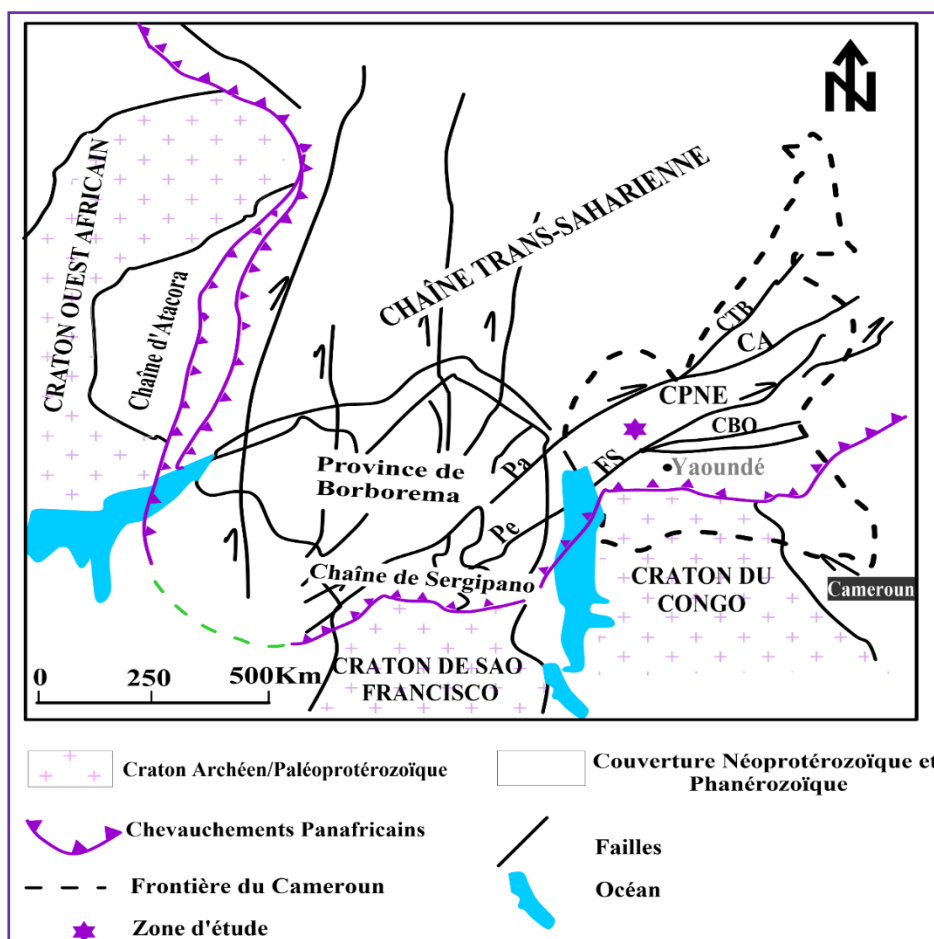


Figure 5: Carte de reconstitution des domaines Panafricains NE brésilien et Ouest Africain montrant la continuité entre les chaînes de Sergipano et Nord Équatoriale (d'après Castaing et al., 1994). CA : Cisaillement de l'Adamawa ; FS : Faille de la Sanaga ; CTB : Cisaillement de TibatiBanyo ; Pa : Cisaillement de Patos ; Pe : Cisaillement de Pernambuco ; CBO : Cisaillement de Bétaré Oya.

Nzenti et al., (1994, 1998) et Ngnotué et al., 2000, subdivisent la CPNE en trois (03) domaines géodynamiques distincts (Fig.6) qui sont du Nord au Sud : le domaine Nord Cameroun, le domaine Centre Cameroun et le domaine Sud Cameroun.

(a) **Le domaine Nord Cameroun** est un vaste domaine délimité au sud par la faille de Tcholliré-Banyo et se poursuit au SW du Tchad et au NE du Nigéria. Ce domaine est encore appelé domaine Nord-Ouest du Cameroun (Toteu et al., 2004 ; Penaye et al., 2006), en relation avec sa localisation au Nord-Ouest de la faille de Tcholliré-Banyo. Il est caractérisé sur le plan orogénique par une évolution polyphasée et polycyclique (Ngako, 1986 ; Toteu et al., 1987 ; Penaye et al., 1988 ; Nzenti et al., 1992, 1999) et se compose des roches plutoniques calco-alcalines intrusives dans les formations volcanosédimentaires (série de Poli et de Mayo Kebbi) d'âge Néoprotérozoïque (Ngako et al., 1989 ; Pouclet et al., 2006 ; Penaye et al., 2006). Les travaux récents effectués dans ce domaine montrent que sur le plan tectonique, il est par ailleurs marqué par une évolution polyphasée caractérisée par trois phases de déformation :

- **la première phase (D₁)**, précoce et tangentielle (datée à 800-700 Ma, âge U-Pb sur Zircon, Toteu et al., 1990) est liée à des structures qui sont le plus souvent oblitérées par des phases ultérieures D₂ et D₃. Le métamorphisme d'âge Néoprotérozoïque associé à cette phase D₁ est marqué des assemblages du facies amphibolites (650°C, 6-7Kb, Nzenti et al., 1992).

- **la deuxième phase (D₂)**, est synchrone d'un migmatisme intense (Nzenti et al., 1992) et d'une granitisation (granitoïdes calco-alcalins syn-tectoniques D₂ daté à 580 Ma, âge U-Pb sur zircon, Toteu et al., 1990). Cette phase développe également des décrochements senestres N-S ou NW-SE, associés à des chevauchements et à des antiformes et synformes en échelon E-W à WSW-ENE. A cette phase correspond un métamorphisme du facies amphibolite (700°C, 5-7 Kb) caractérisé par les assemblages minéralogiques suivantes : Qtz + Pl + Hbl + Bt + Spn + Ilm + Ep, Qtz + Pl + Bt + Spn + Ms + Grt et schistes verts (550°C, 5 Kb) caractérisé par les assemblages minéralogiques suivantes : Qtz + Alb + Chl + Ms + Cal, Qtz + Pl + Ms + Bt + Grt + St.

- **la troisième phase (D₃)** est cassante. Elle est à l'origine de nombreux décrochements dextres E-W et des plis d'entrainements E-W et N-S. des granitoïdes syn D₃ sont datés à 545 Ma (âge U-Pb sur zircon, Toteu et al., 1987) ont pu être observés.

(b) **Le domaine Sud Cameroun** est essentiellement représenté par le groupe de Yaoundé qui est limité dans sa partie australe par le craton du Congo. Deux grands ensembles lithologiques sont définis à l'échelle régionale : un ensemble faiblement métamorphisé composé de schiste et de quartzite (les séries de Ayos – Mbalmayo – Bengbis et Yokadouma)

et un ensemble métamorphique de moyen à haut degrés ; composé de micaschiste, d'amphibolite, de gneiss, de migmatite et de roche à silicate calcite (série de Yaoundé, de Ntui-Bétamba) ces deux grands ensembles lithologiques sont intrudées par des diorites et des granodiorites (Nzenti, 1998). Ce domaine est à évolution polyphasée et monocyclique (Nzenti et al., 1988, 1998 ; Ngnotué et al., 2000). Les travaux récents de Mvondo et al. (2007), Mvondo Ondo (2009), Owona et al. (2011a, 2011b) et Metang (2015) mettent en évidence quatre (04) phases de déformation dans ce domaine :

- **la phase (D₁)** de tectonique compressive dont les éléments structuraux ont été oblitérés par la phase D₂ et ne s'observent plus que sous forme de reliques ;

- **la phase (D₂)** de tectonique tangentielle caractérisée par le développement des plis P₂ de morphologie variable, une schistosité de plan axial S₂, des linéations minérales Lm₂ et d'étirement Le₂ et enfin des boudins B₂ parfois indicateurs de sens de cisaillement. Les porphyroblastes de grenat et d'amphibole montrent les microstructures sous forme de schistosité externe (Se) et interne (Si). La disposition de la Si sur la Se permet de distinguer le caractère pré-, syn- et post-tectonique de ces cristaux.

- **la phase (D₃)** de tectonique cisailant comprend les plans de cisaillement C₃ qui sont soit dextre, soit senestre ; la schistosité S₃ qui se développe dans les plans de cisaillement C₃ aussi bien à l'échelle microscopique que mésoscopique et les plis P₃. Ces plis de morphologie variable reprennent les surfaces foliales F₃ et schisteuse S₃ sous forme de structure antiformes et synformes ;

- **la phase (D₄)** de tectonique cassante, regroupe les diaclases orientées dans plusieurs directions, les injections filoniennes tardives et les failles.

(c) **Le domaine centre Cameroun** auquel appartient notre secteur d'étude est intermédiaire entre le domaine Nord et le domaine Sud. C'est un vaste domaine qui s'étend du Nord de Bafia jusqu'au Sud de poli. Il est caractérisé par la présence des bassins sédimentaires (série du Lom) et dominé par des granitoïdes d'âge panafricain orthogneissifiés qui sont intrusifs dans un socle métasédimentaire d'âge Paléoprotérozoïque (Soba, 1989 ; Toteu et al., 2004 ; Tchameni et al., 2006 ; Njanko et al., 2006), comportant des reliques d'âges archéen (Tchakounté, 2020, 2021). Ces formations sont affectées par de grands décrochements à savoir : (i) le Cisaillement Central Camerounais ou CCC (Nzenti et al., 1988 ; Ngako et al., 1991), (ii) la faille de Bétaré-Oya (FBO : Kankeu et al., 2010), (iii) la faille de la Sanaga (FS : Dumont, 1986). L'évolution tectonique et métamorphique est polyphasée et caractérisée par quatre principales phases de déformation (Ganno et al., 2010 ; Kouankap Nono, 2011) :

- **la première phase (D₁)** est marquée par une schistosité S₁ qui porte une linéation minérale L₁ ; des plans de cisaillement C₁ et des plis intrafoliaux P₁.

- **la deuxième phase (D₂)** comporte des plans de cisaillement C₂, des plis P₂, une schistosité S₂ de plan axial et une linéation L₂. Le métamorphisme qui lui est associé est caractérisé par des assemblages du faciès amphibolite de haut degré (5-7 Kb, 700-800°C). Cette phase de déformation est une phase de tectonique transcurrente syn-D₂ car certains massifs plutoniques se sont mis en place parallèlement aux structures régionales pendant cette phase. Il s'agit des massifs de Ngondo, Nyibi, Kongolo, Banyo, Bandja, Bantoum, Tonga, Koata-Tibati, Bangangté-Batié, Bafoussam.

- **la troisième phase (D₃)** est marqué par des mouvements de transpression dextre et senestre. Le métamorphisme qui lui est associé est caractérisé par des assemblages du faciès des amphibolites de moyen degrés (Kankeu et al., 2009 ; Ganno et al., 2010).

- **la quatrième phase (D₄)** est une phase fragile responsable de la mise en place des veines granitiques et des fractures diverses.

Les travaux récents indiquent que le domaine Centre ou Adamaoua-Yadé correspond à la marge nord du craton du Congo (Kwékam et al., 2010) ou à un morceau de la croûte archéenne détachée du craton du Congo au début du Néoprotérozoïque (Tchakounté et al., 2017).

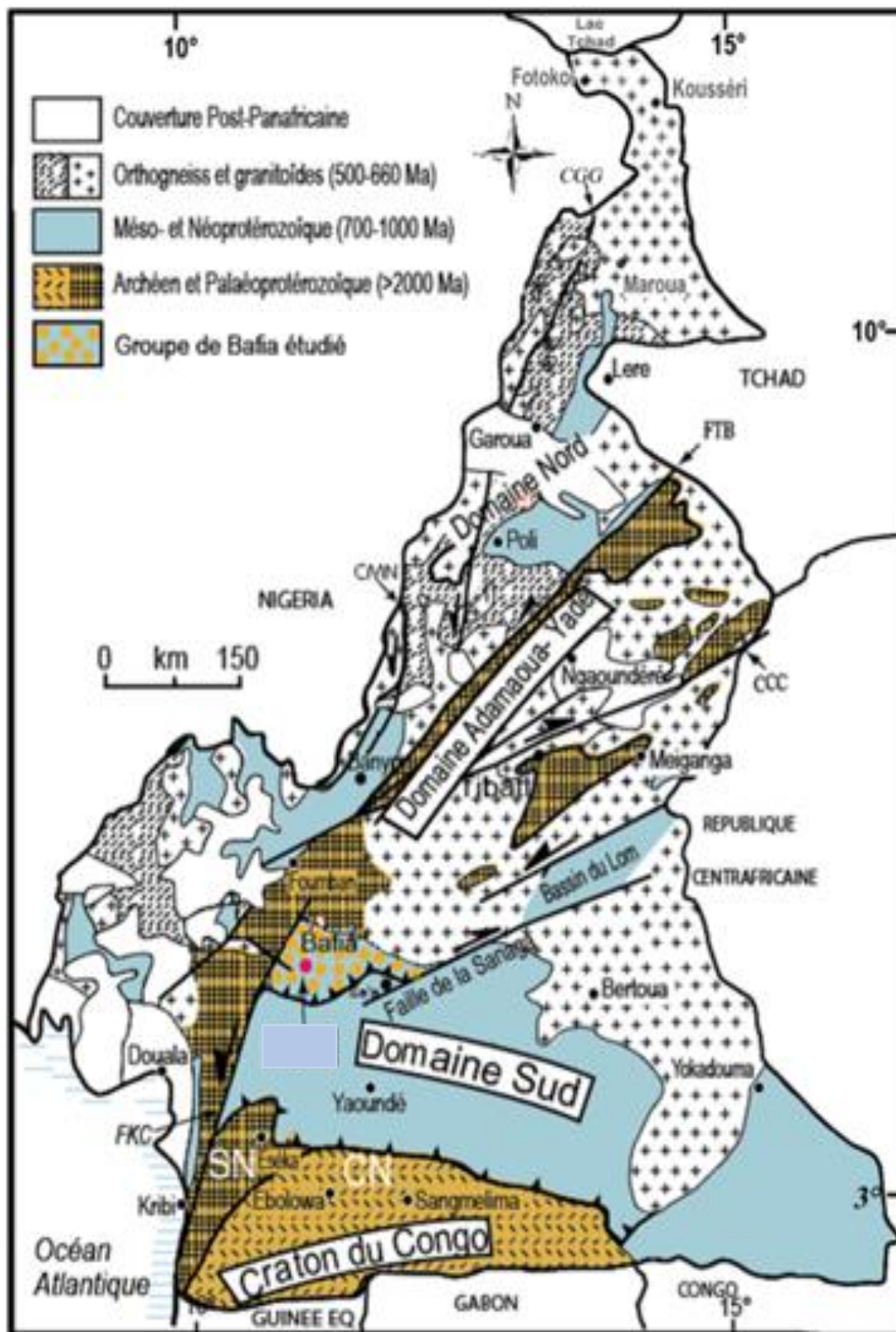


Figure 6: Carte géologique du Cameroun illustrant les principaux domaines lithotectoniques et cisaillements. FKC, Faille de Kribi-Campo ; FS, Faille de la Sanaga ; CCC, Cisaillement Centre Camerounais ; FTB, Faille Tcholliré-Banyo ; CGG, Cisaillement Godé- Gormaya ; CMN, Cisaillement Mayo-Nolti (Tchakounté et al., 2017).

I.3. TRAVAUX ANTERIEURS

Les premiers travaux de reconnaissance de la région de Bafia ont été effectués par [Weecksteen \(1957\)](#), co-auteur de la carte géologique du Cameroun. Ce dernier y distingue deux groupes de roches cristallophylliennes représentés d'une part par des ectinites, à savoir des gneiss et des quartzites et d'autre part des migmatites à biotite et/ou à amphibole. A la suite de ce dernier, des travaux dans la région ont permis d'identifier des métamorphites para et ortho dérivées variées ([Ganwa, 1998](#) ; [Tchakounté, 1999](#)). Les formations paradérivées représentées par les gneiss, des micaschistes et des quartzites, sont d'anciens petites grauwackes, lithanérites, arkoses et sables ferrugineux érodés d'une croûte archéenne à Paléoprotérozoïque ([Ganwa, 1998](#) ; [Tchakounté, 1999](#) ; [Tchakounté et al., 2007](#) ; [Mvondo Ondoa, 2009](#)) mise en place au cours d'une extension Néoprotérozoïque ([Ganwa, 1998](#) ; [Tchakounté et al., 2007](#) ; [Mvondo Ondoa, 2009](#)). Les formations orthodérivées sont des granitoides ([Ganwa, 1998](#)) et sont associés à des métaplutonites d'âge panafricain ([Tchakounté, 2007](#)).

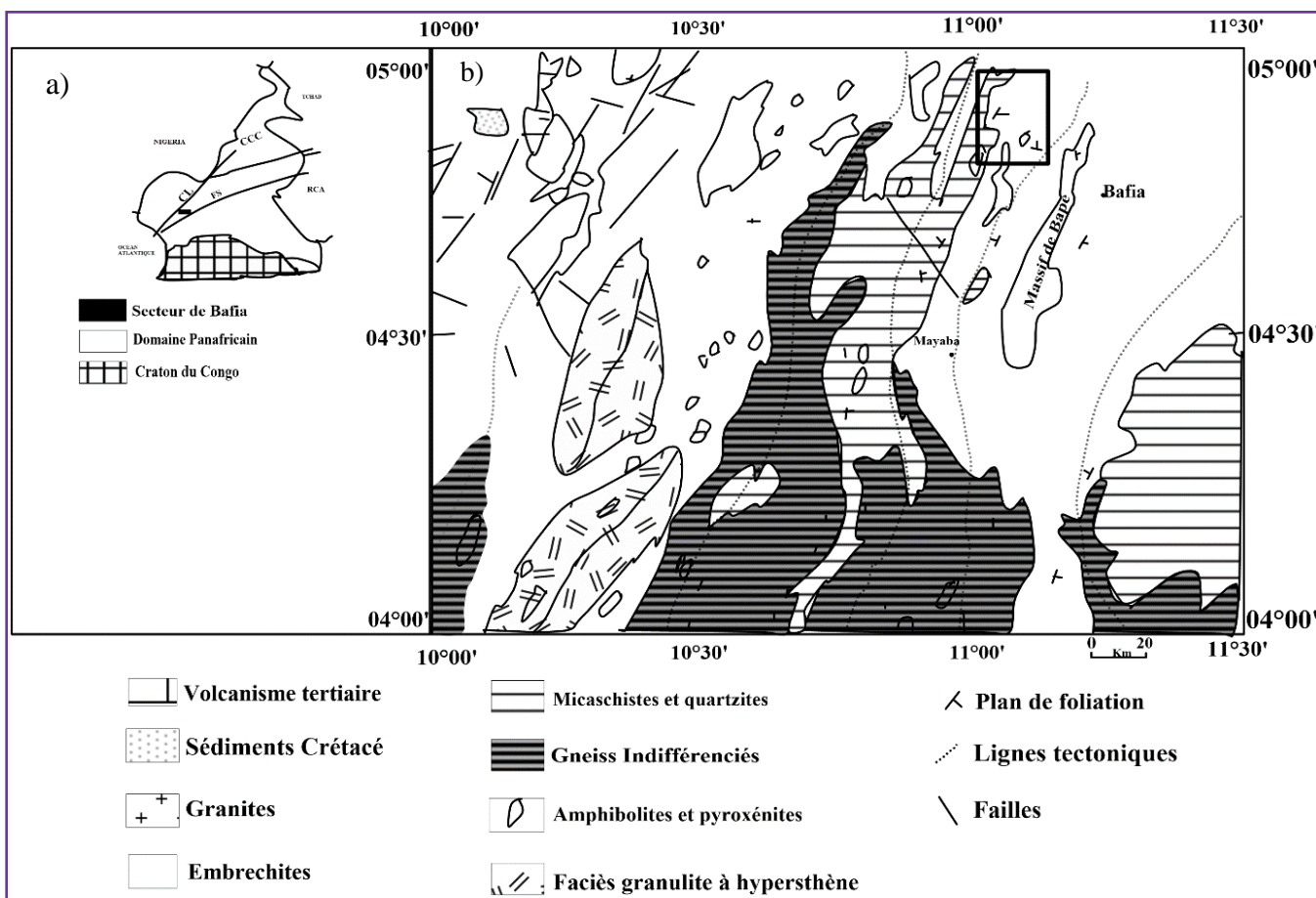
Sur le plan structural, [Weecksteen \(1957\)](#) attribue l'histoire tectonique des roches de la région de Bafia à deux phases de déformation dont une phase ductile, représentée par un plissement syn-métamorphique et une phase essentiellement cassante dominé par des mouvements verticaux. Par la suite, [Ganwa \(1998\)](#), [Tchakounté \(1999\)](#) et [Tchakounté et al., \(2007\)](#) mettent en évidence deux phases de déformation D_1 et D_2 qui précèdent une phase D_3 principalement cassante. La D_1 est considérée par ces auteurs comme génératrice de la foliation régionale. Par la suite, [Mvondo Ondoa \(2009\)](#) vient compléter en démontrant que les gneiss de Bafia portent les empreintes de trois phases de déformation ductile $D_1 - D_3$: deux phases compressives D_1 et D_3 à raccourcissement maximal E-W à NW-SE et une phase décompressive D_2 à extension maximale N-S à NE-SW. La quatrième phase de déformation qui est essentiellement cassante est caractérisée par un double réseau de fractures conjuguées.

Sur le plan géochronologique, les datations des principaux évènements tectono-métamorphique qui ont eu cours dans la région de Bafia se sont effectuées par les méthodes U-Pb sur zircon, Pb-Pb sur zircon et Sm-Nd sur roche total-grenat. Ainsi :

- Les analyses U-Pb sur zircon des gneiss à biotite de Bafia (carrière de Bayomen) par la méthode TIMS-ID donnent les âges fortement discordants et s'alignent sur un discordia avec des intercepts à 607 ± 66 Ma (intercept inférieur) et 1603 ± 35 Ma (intercept supérieur). Les analyses ponctuelles SIMS donnent un intercept supérieur à 1617 ± 16 Ma. Cet âge est comparable à celui obtenu par la méthode TIMS-ID indiquant l'âge de cristallisation des

zircons magmatiques hérités dans le groupe de Bafia. Ceci montre que la série de Bafia est plus jeune que 1600 Ma et se serait déposé au Néoprotérozoïque (Tchakounté et al., 2007).

- D'un autre côté, l'application de la méthode Pb-Pb sur zircon sur les métasédiments de la série de Bafia donnent des âges Paléoprotérozoïque (2289-2351 Ma). Des âges modèles compris entre 2,4 et 3,4 Ga indiqueraient une origine archéenne et Paléoprotérozoïque des sédiments de la série de Bafia.
- La méthode Sm-Nd sur roche totale-grenat donne des âges non précis (628 ± 68 Ma et 674 ± 87 Ma). Ces âges sont comparables à celui de l'intercept inférieur et indiqueraient l'âge panafricain du métamorphisme. L'âge panafricain du métamorphisme est semblable à celui obtenu dans la série de Bafia (sensiblement égale à 620 Ma) est communément attribué aux gneiss migmatitiques de la série de Yaoundé (Penaye et al., 1993 ; Toteu et al., 2006), bien que les assemblages granulitiques soient rétro-morphosés dans le groupe de Bafia et conservé à Yaoundé.



CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

Pour atteindre les objectifs fixés dans le cadre de ce mémoire, les travaux ont été menés aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire. Dans ce chapitre, il sera présenté le matériel et les différentes techniques utilisées.

II.1. TRAVAUX PRELIMINAIRES

Ce travail commence par les recherches bibliographiques qui ont permis de faire la synthèse des travaux sur la Chaîne Panafricaine en générale et sur le secteur d'étude en particulier. L'acquisition des cartes telles que la carte topographique, la carte de reconstitution des domaines panafricains NE brésilien et Ouest africain montrant la continuité entre les Chaîne de sergipano et Nord Equatorial, la carte géologique du Cameroun, les images satellitaires de la zone d'étude.

II.2. TRAVAUX DE TERRAIN

Le travail de terrain a été rendu possible grâce aux outils tels : une boussole, un GPS de marque Garmin qui ont servi respectivement à la prise des mesures structurales et des coordonnées géographiques sur le terrain. De plus, l'appareil photo numérique pour la prise de vue, les marqueurs indélébiles pour l'étiquetage des échantillons, un carnet de note, un crayon pour la prise de note et l'esquisse des structures rencontrées, une machette pour frayer les pistes quasi inexistantes a été également utilisée. Enfin, une massette et un sac du géologue, destinés respectivement au prélèvement et au transport des échantillons ainsi qu'un équipement vestimentaire de géologue, nous ont permis de mener à bien nos travaux de terrain.

Sur le terrain, la méthode de travail fut basée sur les observations de l'échelle de l'affleurement à celui de l'échantillon. Il s'agit d'apprécier la couleur d'ensemble et la structuration de l'affleurement. L'affleurement est ensuite étudié sous ses aspects pétrographique et structural :

- Sous l'aspect pétrographique, il a été question, d'identifier et décrire les affleurements, de prélever et de décrire les échantillons représentatifs de tous les types lithologiques répertoriés.
- Sous l'aspect structural, il a été question d'identifier, de décrire et d'illustrer des objets géologiques visibles sur les affleurements. Les éléments structuraux furent classés par catégorie, à savoir la foliation S_n , les boudins B_n , et les plans de cisaillement C_n . Cette étude de terrain s'est achevée par le prélèvement des échantillons orientés dont les plus illustratifs sont précédés des prises de vue.

II.3. TRAVAUX EN LABORATOIRE

L'analyse des lames minces au microscope polarisant ainsi que l'analyse géochimique ont constitué l'essentiel des travaux de laboratoire. Les techniques utilisées au laboratoire ont été fonction de l'étape de travail à savoir sur les généralités et travaux antérieurs, l'étude pétrographique, l'analyse structurale et sur l'analyse géochimique.

Concernant les généralités et travaux antérieurs, la méthode a consisté à géoréférencer la carte topographique, ce qui a permis de générer la carte de localisation du secteur d'étude (Fig.1).

Dix-neuf (19) lames minces ont été confectionnées à l'atelier de lames minces de l'Université de Yaoundé 1. Ces dernières ont été observées au microscope polarisant de marque Olympus du laboratoire de Géosciences des Formations Profondes et Applications de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé 1. Des prises de vue au microscope y ont également été effectuées.

Deux volets majeurs que sont la morpho-structurale et l'analyse structurale ont fait l'objet de notre étude structurale.

En morpho-structurale, il a été question d'étudier l'hydrographie et le relief, à partir des cartes hydrographiques et orographiques ; ensuite, tracer et interpréter les linéaments à partir de la carte SRTM, ceci dans le but de trouver des relations entre les cours d'eau et les linéaments géologiques. Il s'agit de produire les cartes thématiques orographiques (Fig.17), linéamentaire (Fig.23) à partir de l'image SRTM et de digitaliser la carte hydrographique (Fig.19). Cette étude est couplée à l'extraction des courbes de niveaux à partir de la carte topographique. L'extraction, le traitement et les dessins ont été réalisés à partir des logiciels ArcGis 10.8, Surfer 13, Global Mapper 15. La carte hydrographique a été dessinée grâce au logiciel Global Mapper, puis traitée sur ArcGis à partir de la carte topographique de base. La carte des linéaments a été obtenue en traçant manuellement toutes les structures linéaires sur l'image SRTM de la zone d'étude et traitées avec le logiciel ArcGis 10.8. Ensuite, les linéaments tracés sur fond d'image traitée ont été systématiquement vérifiés afin d'éliminer tous les linéaments à caractère non géologique.

L'analyse structurale a consisté à recenser et à décrire les éléments structuraux observés sur le terrain en vue de ressortir la chronologie de leur mise en place et des différentes phases de déformation ayant affecté le secteur. Pour y parvenir, toutes les structures repérables à l'aide des photos de terrain orientées à l'échelle macroscopique et microscopique ont été illustrées par types pétrographiques en fonction des différentes phases de déformation.

S'agissant de l'étude géochimique, huit (08) échantillons de roches ont été envoyés au laboratoire ALS Minerals Global Group en Afrique du Sud pour les analyses géochimiques. Le report des données dans divers diagrammes a conduit au traitement et à l'interprétation des différents résultats obtenus.

CHAPITRE III : ETUDE PETROGRAPHIQUE

Dans ce chapitre, il est question de faire un inventaire lithologique et une étude pétrographique des formations géologiques identifiées dans la localité de Keulott-Liyinn. Les travaux de terrain et l'étude pétrographique révèlent la présence d'un ensemble métamorphique constitué des gneiss, des amphibolites, des pyroxénites, des micaschistes et des quartzites. La localisation précise des différents échantillons récoltés est indiquée sur la carte d'échantillonnage de la figure 8.

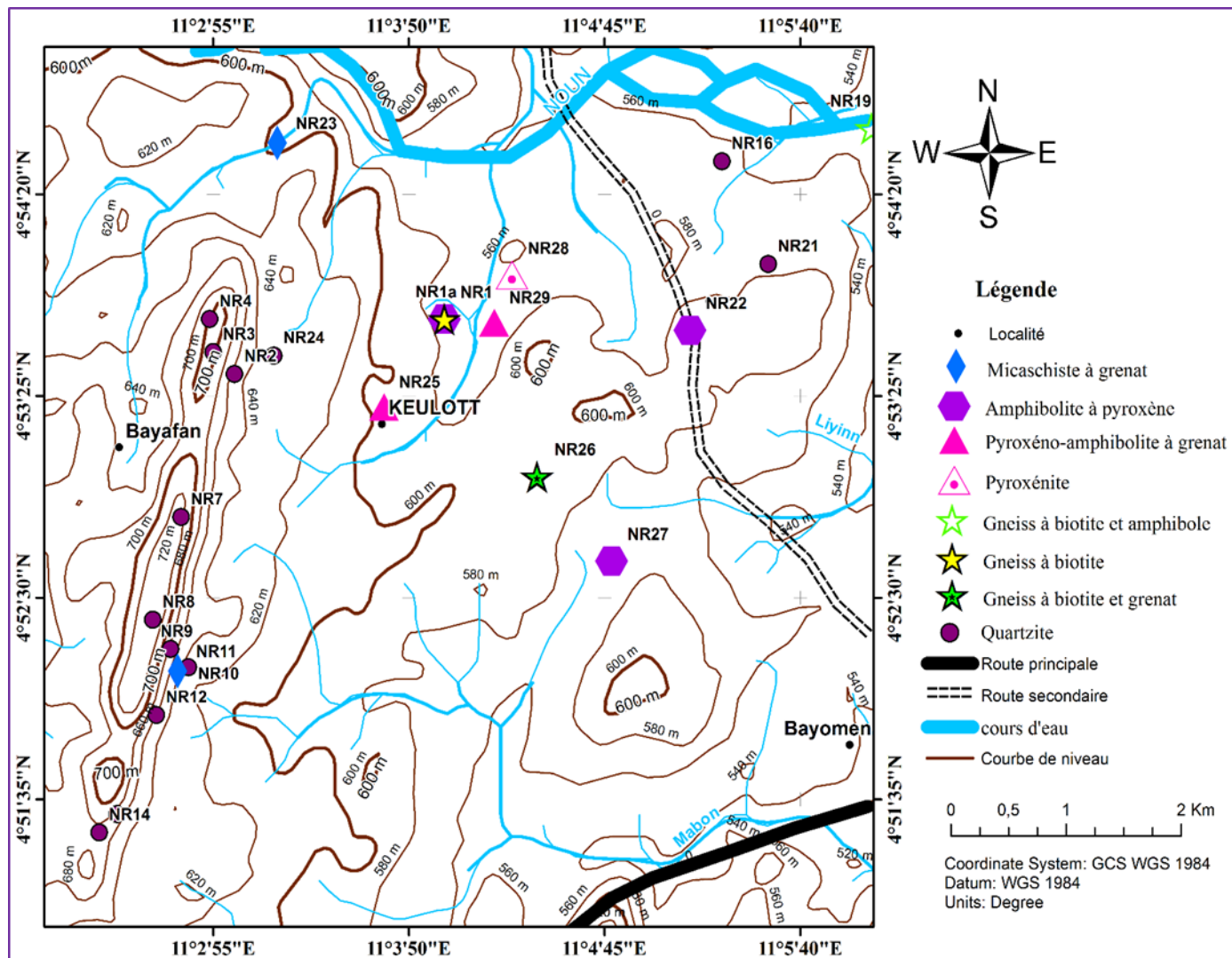


Figure 8: Carte d'échantillonnage.

III.1. LES GNEISS

Les gneiss affleurent en blocs et en dalles dans les localités de Keulott et Liyinn. Ces gneiss présentent une foliation marquée par une alternance millimétrique de lits clairs (quartzo-feldspathique) et sombres (riche en minéraux ferromagnésiens). Sur la base de leurs compositions minéralogiques, trois types de gneiss ont été distingués :

III.1.1. Gneiss à biotite et grenat

Les gneiss à biotite et grenat affleurent sous forme de blocs dans la localité de Keulott à environ 7 Km du camp bororo vers Bayomen. Ces gneiss sont d'aspect gris clair avec des grains fins et une structure foliée, caractérisée par une alternance des bandes claires riches en minéraux felsiques (feldspath et quartz) et des bandes sombres constituées des minéraux mafiques (Fig.9 A). A l'échelle de l'échantillon, la roche est caractérisée par la présence des minéraux tels que le quartz, les feldspaths, la biotite tous visibles à l'œil nu (Fig.9 B).

Au microscope, les gneiss à biotite et grenat montrent une texture granolépidoblastique hétérogranulaire (Fig.9 E) avec un assemblage minéralogique constitué de quartz, biotite, feldspath et grenat.

- Minéraux essentiels :

Quartz (30%) est sous forme de grains groupés en amas polycristallins et de ruban. Il est automorphe à subautomorphe, généralement au contact des grands cristaux de feldspaths potassique et parfois du plagioclase pour former les lits clairs de la roche. Il forme aussi souvent des associations minéralogiques avec la biotite (Fig.9 D et E) et parfois avec le grenat. Certains petits cristaux s'observent également dans les feldspaths potassiques et parfois dans la biotite.

Biotite (28%) constitue le principal minéral ferromagnésien de la roche. Généralement sous forme de paillettes, elle est orientée, soulignant ainsi la schistosité de la roche (Fig.9 F). Les paillettes sont subautomorphe voire xénomorphe de taille variable (<1 mm). Elle est associée au sphène (Fig.9 C et G) et parfois avec le grenat dans la foliation et se déstabilise au profit de la chlorite (Fig.9 C). Toutefois, quelques paillettes se retrouvent associées au quartz et au feldspath.

Feldspath (25%) est sous forme de cristaux subautomorphes de taille pouvant atteindre 0,6mm. Il est représenté par l'orthose et le microcline (Fig.9 E) et contient des vermicules de quartz pour former la myrmékite (environ 2%). Il est le plus souvent en association minérale avec la biotite et le quartz.

Grenat (15%) est disséminé sous forme de petits cristaux automorphes à subautomorphes. Il se retrouve très souvent dans la foliation avec la biotite (Fig.9 D et F).

Plagioclase (2%) est subautomorphe de très petite taille. Il est en association avec le quartz.

- **Minéraux secondaires :**

La chlorite constitue le principal minéral secondaire de la roche. Il est de taille inférieure à 0,3 mm et est subautomorphe. Il provient de la déstabilisation de la biotite (Fig.9 C).

- **Minéraux accessoires :**

La phase accessoire est représentée par la présence du sphène et du zircon.

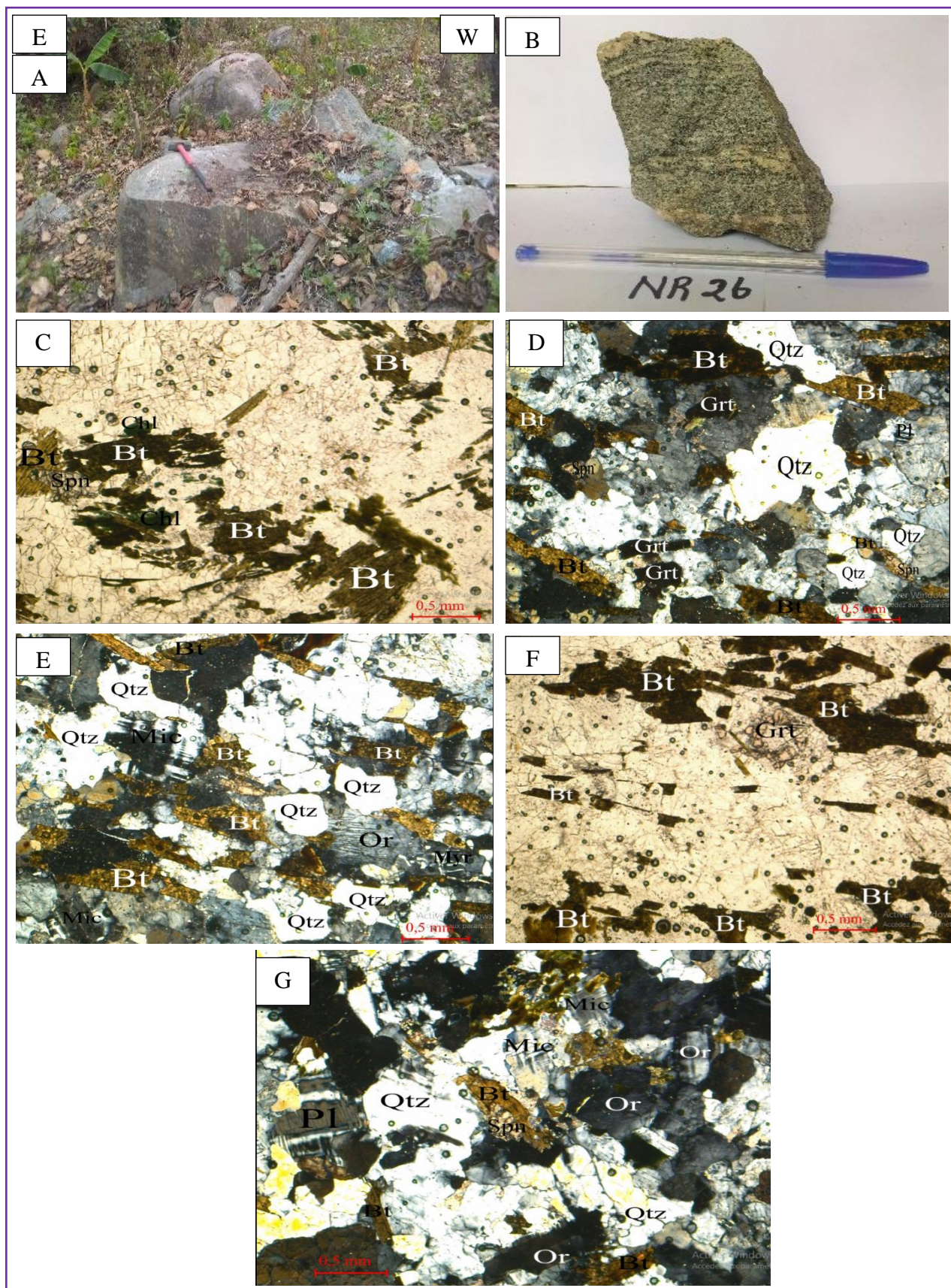


Figure 9 : Aspects macroscopique et microscopique des gneiss à biotite et grenat. A) Caractère macroscopique d'un affleurement ; B) Caractère macroscopique d'un échantillon ; C) Déstabilisation de la biotite en chlorite ; D) Grenat et biotite dans la foliation ; E) Texture granolépidoblastique hétérogranulaire ; F) Grenat dans la foliation ; G) Association du sphène avec la biotite.

III.1.2. Gneiss à biotite et amphibole

Les gneiss à biotite et amphibole affleurent sous forme de dalles dans la localité de Liyinn. Ils sont d'aspect gris sombre et à l'échelle de l'échantillon, la roche est foliée à grains fins avec des niveaux centimétriques des bandes quartzo-feldspathiques et millimétriques des bandes ferromagnésiennes. Les minéraux visibles à l'œil nu sont : le quartz, les feldspaths et la biotite (Fig.10 A).

Les études microscopiques révèlent que la texture est granolépido-nématoblastique, constituée des minéraux tels que : la biotite, le plagioclase, l'amphibole, le quartz et le feldspath.

- Minéraux essentiels :

La biotite (30%) se présente sous forme de lamelles subautomorphes, de taille pouvant atteindre 4 mm. Elle constitue le principal minéral ferromagnésien de la roche. Les lamelles de biotite suivent une orientation formant les lits sombres de la roche avec l'amphibole soulignant la schistosité (Fig.10 D). Ces biotites s'observent enchevêtrés dans la roche (Fig.10 F) et se déstabilisent en chlorite et en minéraux opaques (Fig.10 E). La biotite est associée au plagioclase, à l'amphibole et parfois au quartz.

Le plagioclase (20%) forme des plages subautomorphes de dimensions variables, et se rencontrent aussi bien dans les niveaux riches en biotite et en amphibole que dans ceux riches en quartz et en feldspath potassique. Certains cristaux se transforment en biotite, en quartz et en feldspath alcalin (Fig.10 C).

Le feldspath potassique (17%) est représenté par l'orthose. Il est sous forme de cristaux subautomorphe à xénomorphe et de taille variable, associé à la biotite, au quartz et au plagioclase (Fig.10 F).

Le quartz (15%) apparaît soit sous forme de rubans polycristallins de tailles variables ou soit sous forme de grains xénomorphes à subautomorphes. Il s'observe sous deux générations : la première est associée aux gros cristaux de plagioclase et de feldspaths alcalin alors que la deuxième généralement en petits cristaux, provient de l'altération de la première génération (Fig.10 C et F).

L'amphibole (10%) est représentée par la hornblende verte et se présente sous forme de cristaux subautomorphes à xénomorphes de petites tailles (0,3 mm). Elle s'associe à la biotite dans les niveaux sombres de la roche formant ainsi la schistosité (Fig.10 B et D).

- **Minéraux secondaires :**

Les minéraux secondaires sont représentés par la chlorite, la séricite, la biotite et les minéraux opaques. La chlorite et les minéraux opaques sont les produits de l'altération de la biotite, tandis que la biotite et la séricite sont issus de la déstabilisation du plagioclase.

- **Minéraux accessoires :**

L'apatite, le zircon et l'épidote constituent les minéraux accessoires de la roche. Ils sont le plus souvent retrouvés en inclusion respectivement dans le plagioclase, la biotite et l'amphibole. Le sphène quant à lui est le plus associé aux cristaux de biotite.

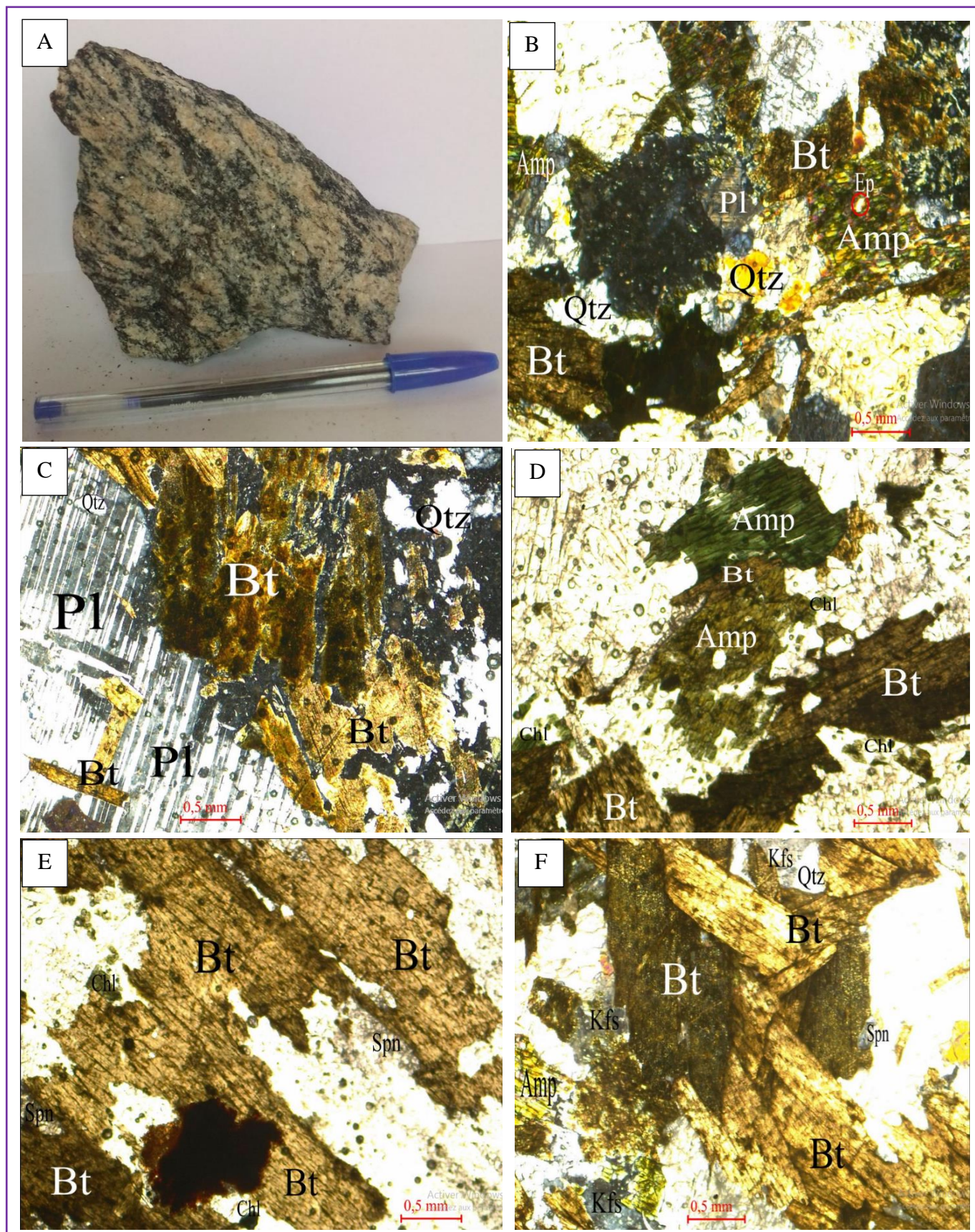


Figure 10 : Aspects macroscopique et microscopique des gneiss à biotite et amphibole. A) Caractère macroscopique d'un échantillon ; B) Texture granolépido-nématoblastique ; C) Porphyroblaste de plagioclase en cours d'altération en biotite, feldspath alcalin et quartz ; D) Amphibole se transformant en biotite ; E) Déstabilisation de la biotite en chlorite et en minéraux opaques ; F) Cristaux de biotite enchevêtré.

III.1.3. Gneiss à biotite

Affleurant en dôme dans la localité de Keulott, les gneiss à biotite sont d'aspect gris clair. Ils sont à grains fins, caractérisés par une alternance des bandes millimétriques claires quartzo-feldspathiques et de lits sombres ferromagnésiens. Les feldspaths, la biotite et le quartz sont les minéraux identifiés à l'œil nu (Fig.11 A et B).

Au microscope, les gneiss à biotite présentent une texture granolépidoblastique hétérogranulaire, constitué de quartz, de biotite, des feldspaths et du plagioclase.

- Minéraux essentiels :

Le feldspath potassique (35%) est représenté par le microcline et l'orthose :

- **Le microcline (15%)** est sous forme de cristaux subautomorphes et de taille variant entre 0,2 mm et 0,8 mm. Il est associé aux cristaux de biotite et de quartz pour former les lits clairs de la roche (Fig.11 E).
- **L'orthose (20%)** sous forme de cristaux subautomorphes, représente le feldspath alcalin le plus abondant dans la roche. Il forme une association minérale avec le plagioclase, le quartz et la biotite (Fig.11 C et D).

Le quartz (30%) se présente sous forme de cristaux subautomorphes à xénomorphes dont la taille varie entre 0,3 mm et 1 mm. Certains cristaux de quartz présentent une extinction onduleuse (Fig.11 D). Il est en association avec le plagioclase, la biotite et le feldspath (Fig.11 C).

La biotite (25%) se présente sous forme de lamelles automorphes à subautomorphes de tailles variables. Elle est en association avec le plagioclase, le feldspath potassique et le quartz (Fig.11 C et D).

Le plagioclase (10%) est sous forme de plages subautomorphes de grandes tailles (2 mm). Il est en association avec la biotite, le quartz et l'orthose. Certains cristaux sont en cours de séricitisation (Fig.11 C).

- Minéraux secondaires :

La phase secondaire est principalement représentée par la séricite qui provient de l'altération du plagioclase.

- **Minéraux accessoires :**

Le zircon représente le principal minéral accessoire de la roche.

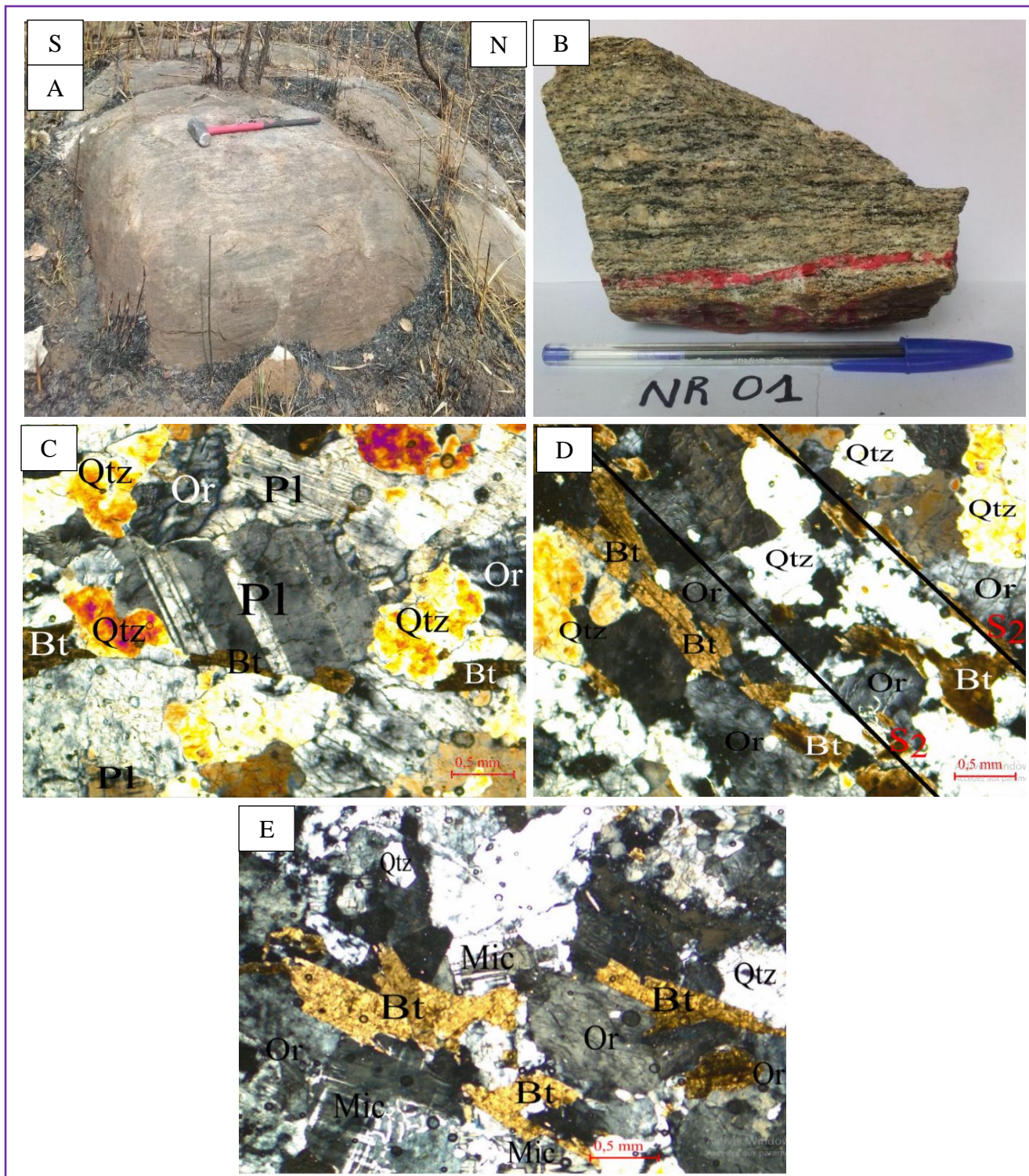


Figure 11 : Aspects méso-copique, macroscopique et microscopique des gneiss à biotite. A) Affleurement en dôme des gneiss à biotite ; B) Echantillon des gneiss à biotite à foliation bien marquée ; C) Association Pl+Qtz+Bt+Kfs ; D) Texture granolépido-blastique hétérogranulaire : notez la foliation S₂ ; E) Association minéral des feldspaths avec la biotite

III.2. LES METABASITES

Les metabasites de la zone d'étude sont constituées des minéraux sombres, dont l'effet prédomine sur la couleur d'ensemble, où les cristaux d'amphibole et/ou de pyroxène sont visibles à l'œil nu. On note aussi les minéraux clairs, non vitreux en général, qui sont des feldspaths. Les observations microscopiques ont permis de distinguer trois types de metabasites ci-après :

III.2.1. Amphibolites à pyroxène

Elles affleurent en bloc dans la localité étudiée. A l'échelle d'affleurement, les roches sont sombres, massives pour certaines et foliées pour d'autres. A l'œil nu, les minéraux visibles sont l'amphibole et/ou pyroxène, et les feldspaths.

L'agencement microscopique des minéraux d'amphibole, pyroxène, feldspath et plagioclase, leur confère une microstructure granonématoblastique hétérogranulaire (Fig.12 C)

- Minéraux essentiels :

L'amphibole (50%), s'observe sous deux générations (Fig.12 D). La première génération sub automorphe, et de grande taille forme de grandes plages allongées. Elle se déstabilise pour donner la deuxième génération d'amphibole, et les oxydes opaques. L'amphibole est accompagnée du feldspath, du plagioclase et du pyroxène.

Le pyroxène (20%) subautomorphe, s'observe dans l'amphibole. Certains cristaux de pyroxènes sont dispersés dans la roche, et d'autres sont pseudomorphosés par les amphiboles (Fig.12 F). Il est associé aux cristaux de feldspaths, de plagioclase, de quartz et d'amphibole.

Les feldspaths (15%) sont des cristaux subautomorphes et se déstabilisent en minéraux opaques. Ils sont le plus souvent accolés au quartz (Fig.12 G).

Le plagioclase (10%) est sous forme de cristaux subautomorphes à xénomorphes. Il présente un début d'altération en séricite. Il est associé aux cristaux de quartz, de pyroxène et d'amphibole (Fig.12 G).

Le quartz (5%) est sous forme de cristaux automorphes à subautomorphes. Il est le plus souvent en association avec le plagioclase et parfois de l'amphibole et du feldspath (Fig.12 G).

- **Minéraux secondaires :**

Les minéraux secondaires sont principalement représentés par les amphiboles de deuxième génération (verdâtre), les oxydes opaques et la séricite provenant respectivement de la déstabilisation de l'amphibole de première génération et du plagioclase. Un gros cristal du minéral opaque s'observe donnant ainsi un porphyroblaste et provenant de la déstabilisation de l'amphibole (Fig.12 E).

- **Minéraux accessoires :**

La phase accessoire est principalement représentée par la présence du zircon.

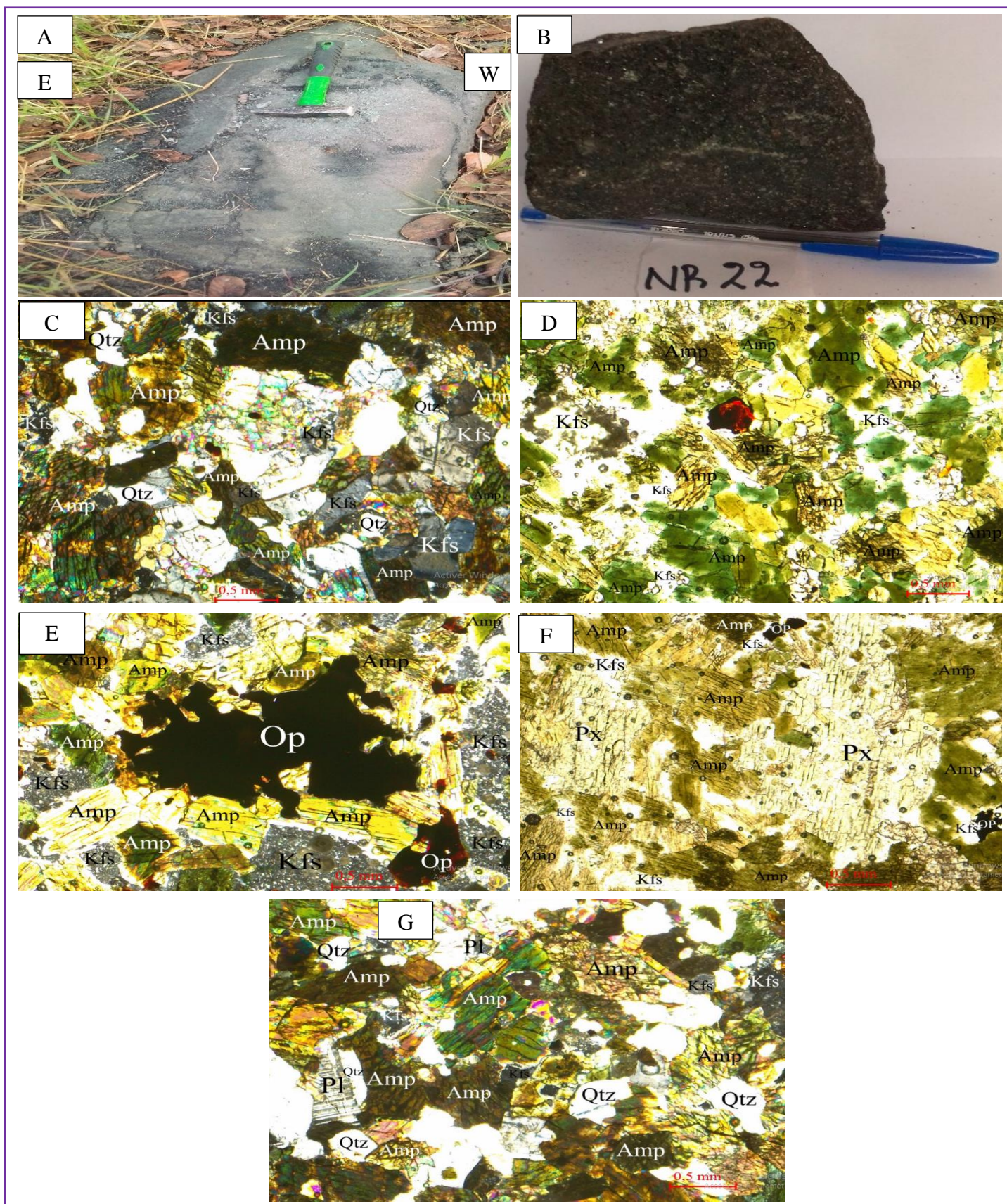


Figure 12 : Aspects méso- et microscopiques des amphibolites à pyroxène. A) Affleurement en dalle ; B) Echantillon à foliation bien marquée ; C) et G) Texture granonématoblastique hétérogranulaire ; D) Destabilisation de l'amphibole de première génération (brune) en amphibole secondaire (vertes) et en minéraux opaque ; E) Porphyroblaste du minéral opaque provenant de l'alteration de l'amphibole ; F) Section longitudinale des gros cristaux de pyroxène altéré.

III.2.2. Pyroxéno-amphibolites à grenat

De couleur sombre, les pyroxéno-amphibolites à grenat affleurent sous forme de blocs dans la localité de Keulott. A l'échelle de l'échantillon, la roche est massive à grain fin. Les minéraux visibles à l'œil nu sont : le pyroxène et le quartz (Fig.13 A et B).

La roche présente une texture nématoblastique coronitique et est principalement constituée des minéraux tels que le pyroxène, le plagioclase, l'amphibole, le grenat, le feldspath et le quartz.

- Minéraux essentiels :

Le pyroxène (40%) est généralement sous forme de prisme subautomorphes à xénomorphes et de taille allant jusqu'à 0,8 mm. Il se transforme en amphibole et en opaque (Fig.13 F) et s'associe généralement aux cristaux de grenat (Fig.13 C). Il s'observe également sous forme de reliques dans les cristaux d'amphiboles (Fig.13 H) et forme très souvent des associations minérales avec l'amphibole et très rarement avec du grenat.

L'amphibole (20%) sous forme de baguette subautomorphe, il présente deux générations (Fig.13 D) : la première génération de taille millimétrique, se déstabilise en amphibole de deuxième génération et en minéraux opaques. Il contient des reliques de pyroxène (Fig.13 H). Les amphiboles de deuxième génération proviennent également de la déstabilisation du pyroxène (Fig.13 C). On les observe aussi en couronne autour du pyroxène dont ils semblent provenir (Fig.13 G).

Le grenat (15%) sous forme de petits cristaux automorphes, se présente disséminé dans la roche. Il est disposé de façon continue dans la roche formant des structures en chaînette autour des cristaux de plagioclase (Fig.13 C).

Le plagioclase (10%) est sous forme de cristaux subautomorphes à xénomorphes. Sa taille varie de 0,2 mm à 0,7 mm. Il s'observe avec les grenats en chaînette autour de lui (Fig.13 C). Certains cristaux sont parfois en cours de séricitisation. Il est associé à l'amphibole et au pyroxène.

Feldspath (5%) est sous forme de cristaux subautomorphes. Ils sont le plus représentés par le microcline et l'orthose. Le microcline contient des inclusions de petit cristaux d'amphibole et forme généralement des associations avec le plagioclase, l'amphibole et parfois avec du quartz. L'orthose quant à lui est le plus souvent associé aux cristaux de quartz et de plagioclase (Fig.13 G).

Le quartz (5%) est souvent sous forme de cristaux subautomorphe et le plus souvent en association avec le plagioclase, l'amphibole et l'orthose.

- **Minéraux secondaires :**

Ils sont représentés par l'amphibole de deuxième génération, les minéraux opaques et la séricite provenant respectivement de la déstabilisation de l'amphibole et du plagioclase. Les minéraux opaques sont moins fréquents dans la roche.

- **Minéraux accessoires :**

Les minéraux accessoires quant à eux sont très rares dans la roche, mais sont néanmoins représentés par la présence de l'apatite et du zircon.

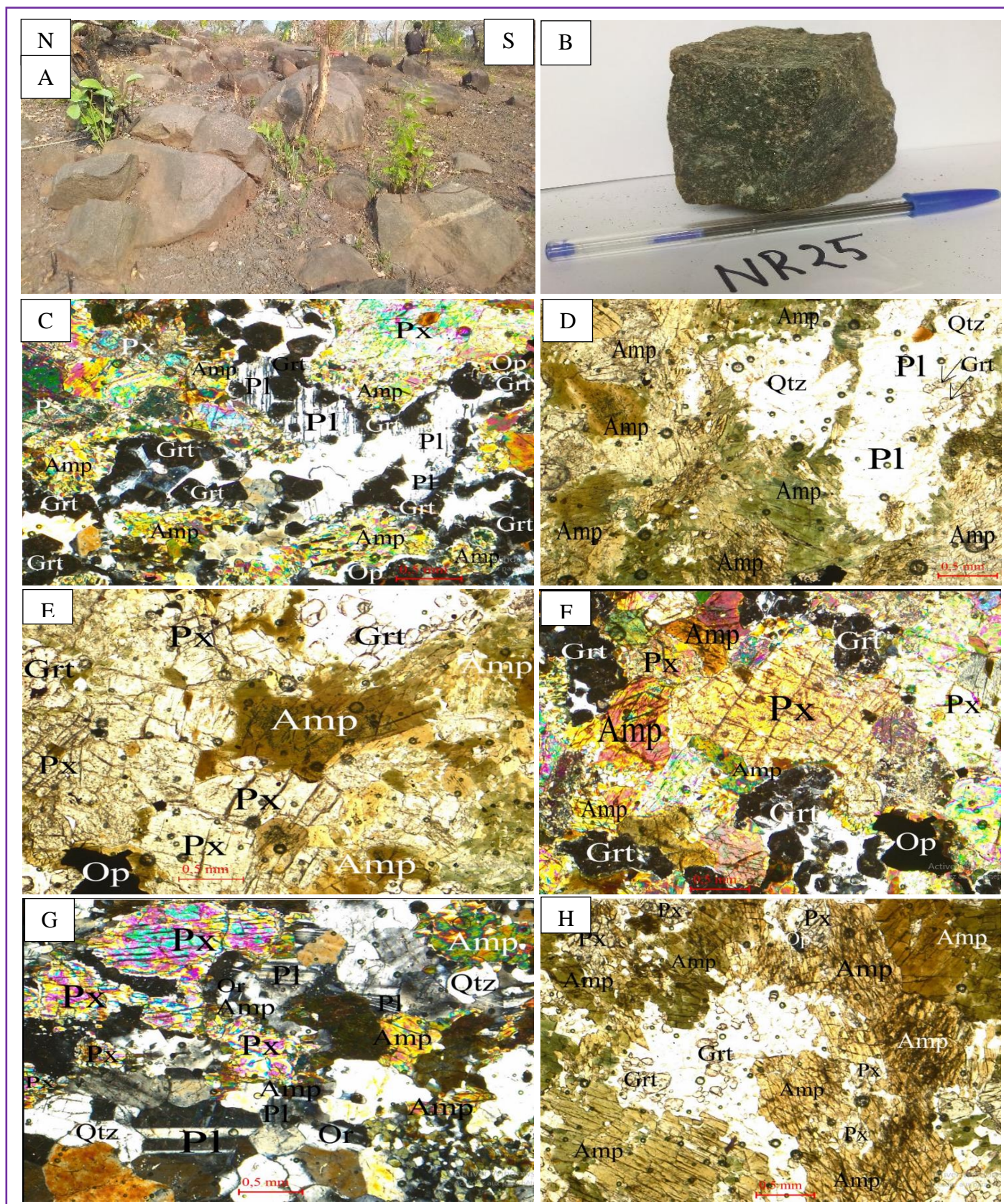


Figure 13: Aspects mésoscopique, macroscopique et microscopique des pyroxéno-amphibolites à grenat. A) Affleurement en blocs ; B) Echantillon présentant une foliation bien marqué ; C) Grenat en chaîne autour du plagioclase ; D) Deux générations d'amphibole ; E) Association pyroxène, amphibole, grenat ; F) Pyroxène avec réaction d'amphibole autour de lui ; G) Texture coronitique : couronne d'amphibole autour du pyroxène ; H) Relique de pyroxène dans l'amphibole.

III.2.3. PYROXENITE

Affleurant en blocs dans la localité de Keulott, les pyroxénites sont d'aspect sombre. A l'échelle de l'échantillon, la roche est massive (Fig.14 A et B).

Au microscope, la pyroxénite présente une texture granoblastique hétérogranulaire et composé des minéraux tels que le pyroxène, le plagioclase, le feldspath, le quartz et le minéral opaque.

- Minéraux essentiels :

Le pyroxène (clyn et ortho-pyroxène) (70%) s'observe généralement en section longitudinale et en section basale (Fig.14 D). Il est sous forme de prisme subautomorphe à xénomorphe. Le plus souvent, il est en équilibre avec le plagioclase (Fig.14 C) et forme des associations avec le feldspath et le quartz. On l'observe en cours de déstabilisation conduisant ainsi à la formation de l'amphibole tout en expulsant les minéraux opaques (Fig.14 E et F).

Le plagioclase (15%) généralement sous forme de cristaux subautomorphes. Il semble être de l'anorthite formé principalement en équilibre avec le pyroxène (Fig.14 C) et parfois en association avec le quartz. Certains cristaux de plagioclase s'observent en cours de séricitisation (Fig.14 F).

Le quartz (10%) sous forme de cristaux automorphes à subautomorphes, il est de petite taille ne dépassant pas les 0,5 mm et très peu représenté dans la roche. Il forme une association minérale avec le plagioclase et le pyroxène.

Le feldspath (5%) est sous forme de cristaux subautomorphes et est en association avec le pyroxène et très rarement avec le plagioclase.

- Minéraux secondaires :

L'amphibole, la séricite et les minéraux opaques constituent les principales phases secondaires de la roche. L'amphibole provient de la déstabilisation du pyroxène, la séricite lui provient de la transformation du plagioclase et le minéral opaque quant à lui est expulsé lors de la déstabilisation du pyroxène en amphibole.

- Minéraux accessoires :

Le zircon constitue le principal minéral accessoire de la roche.

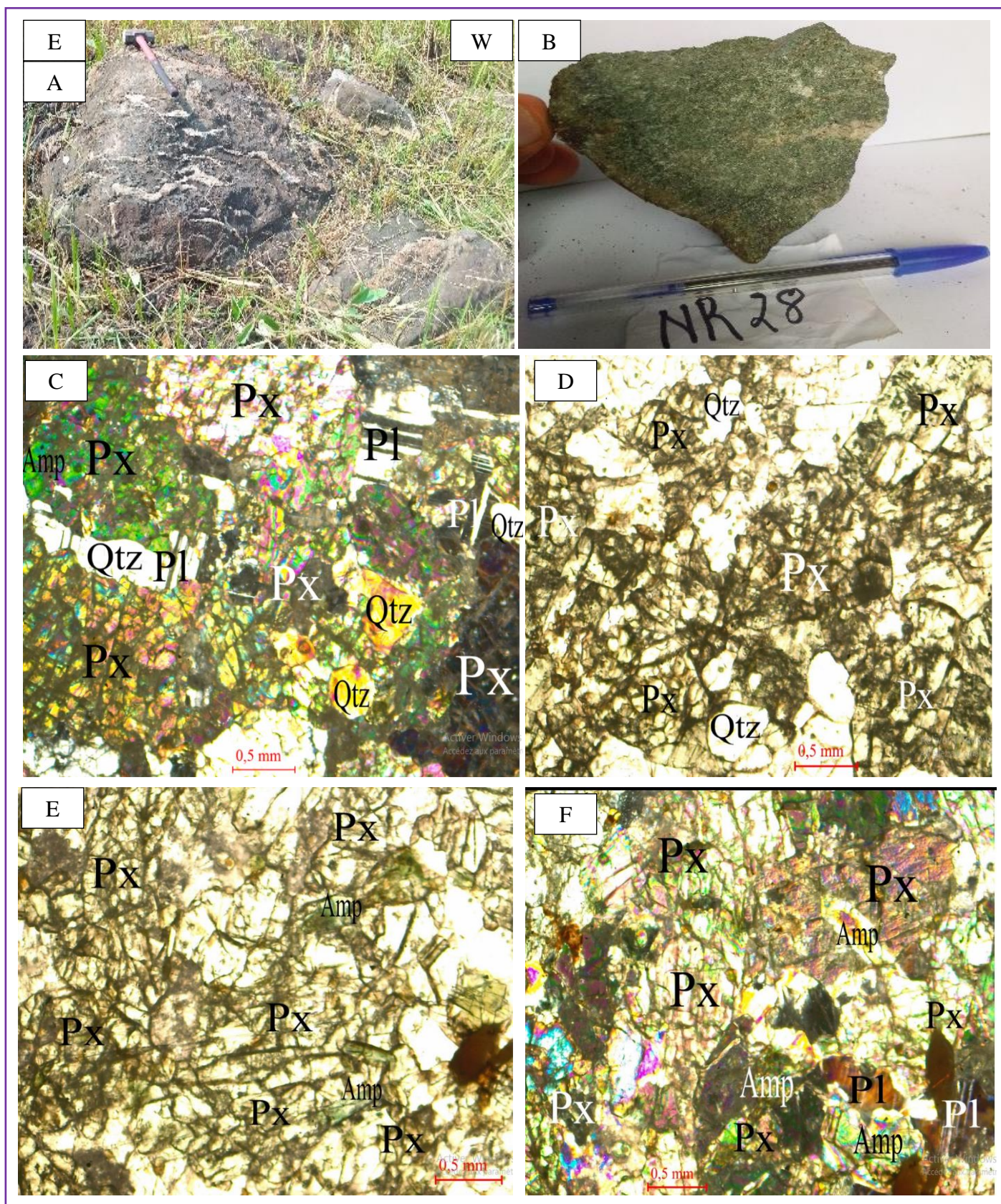


Figure 14: Aspects mésoscopique, macroscopique et microscopique des pyroxénites. A) Affleurement en bloc ; B) Echantillon à structure massive ; C) Texture granoblastique, notez l'amphibole verte se formant au dépend du pyroxène, équilibre entre pyroxène et plagioclase ; D) Section longitudinale du pyroxène ; E) Déstabilisation du pyroxène en amphibole avec expulsion du minéral opaque ; F) Séricitisation du plagioclase, notez la section longitudinale du pyroxène ainsi que sa déstabilisation en amphibole.

III.3. MICASCHISTES A GRENAT

Les micaschistes à grenat affleurent en blocs dans la localité de Keulott. A l'échelle macroscopique, la roche se distingue par leur structure feuilletée. La roche est peu dense et les minéraux visibles à l'œil nu sont la biotite, le quartz et le feldspath (Fig.15 B).

Au microscope, le mode d'agencement des minéraux leur confère une texture granolépidoblastique hétérogranulaire œillée faite de biotite, muscovite, plagioclase, quartz, feldspath, grenat et de minéraux opaques (Fig.15 C).

- Minéraux essentiels :

La biotite (40%) se présente sous forme de lamelle subautomorphe préférentiellement orienté soulignant ainsi la schistosité de la roche. Elle constitue le principal ferromagnésien de la roche. Deux génération de biotite sont distinguées : la première génération est en association avec le grenat et le plagioclase et se déstabilise en opaque (Fig.15 D). La biotite 2 provient de la biotite 1 et de la déstabilisation des feldspaths (Fig.15 F).

Les feldspaths (15%) se présentent sous forme de cristaux subautomorphe. Ils se transforment en biotite (Fig.15 F) et sont en association avec le plagioclase, le quartz et la biotite.

Le grenat (15%) se présente sous forme de petits cristaux subautomorphes et sont généralement en association avec de la biotite (Fig.15 D). Outre ces petits cristaux de grenat, on observe des porphyroblastes de grenat moulés par la foliation et qui confèrent à la roche une texture à tendance œillée. Ces derniers sont poecilitiques et sont pseudomorphosés par le quartz, la biotite et les minéraux opaques (Fig.15 E).

La muscovite (10%) se présente sous forme de paillettes en association avec de la biotite, le plagioclase. Elle s'oriente avec la biotite pour souligner la schistosité de la roche (Fig.15 C).

Le plagioclase (10%) est sous forme de cristaux subautomorphes. Il est le plus souvent en association avec la biotite. Il se transforme en séricite et en muscovite.

Le quartz (10%) se présente sous forme de cristaux subautomorphes et est associé aux feldspaths, à la biotite et à la muscovite.

- Minéraux secondaires :

Les minéraux opaques, les biotites de deuxièmes générations ainsi que la muscovite représentent les principaux minéraux secondaires de la roche. Ces opaques sont disséminés dans

la roche sous forme de petit cristaux provenant de la déstabilisation des gros cristaux de grenat, de plagioclase et de biotite.

- **Minéraux accessoires :**

Le sphène constitue le principal minéral accessoire de la roche.

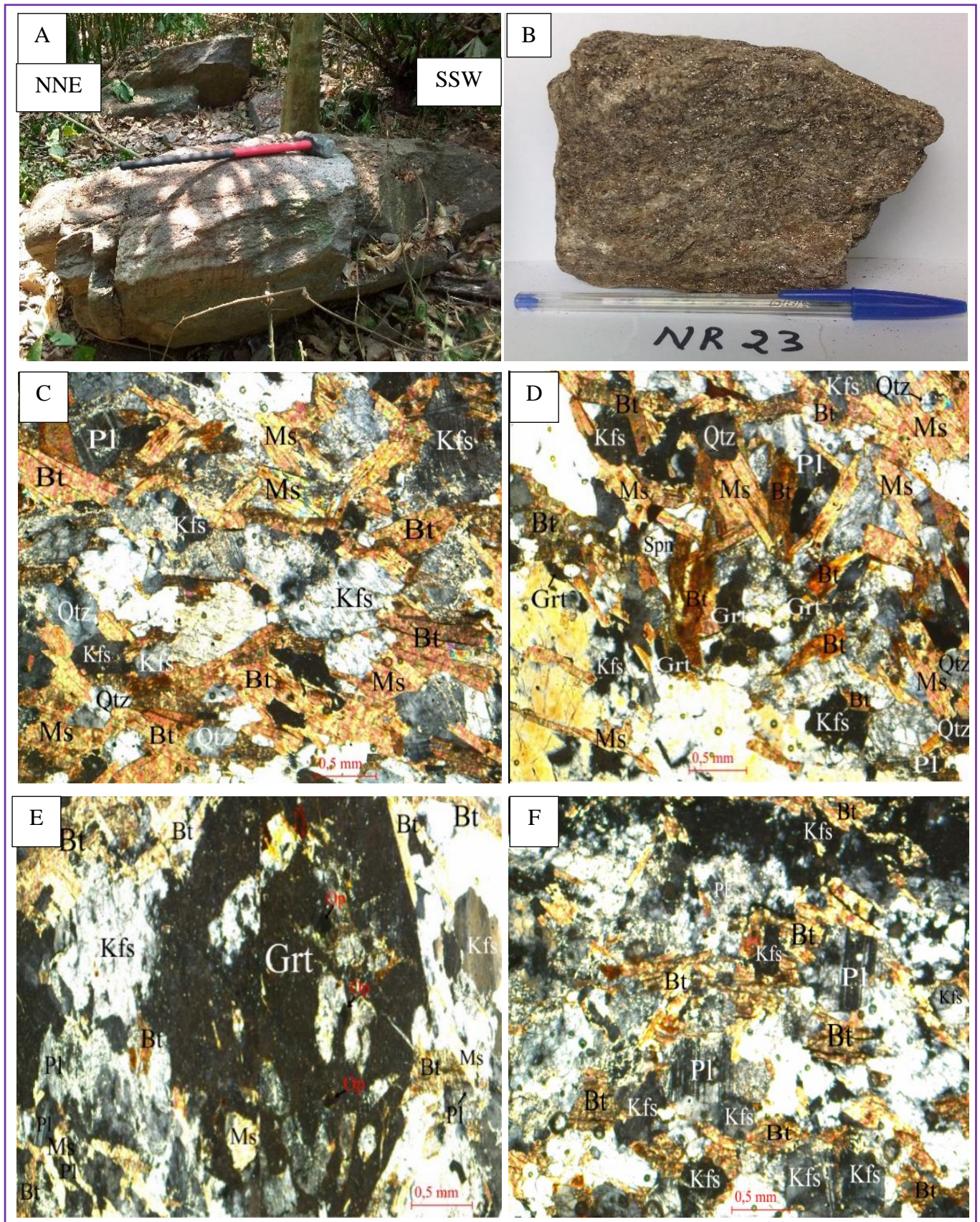


Figure 15 : Aspects méso- et microscopiques des micaschistes à grenat. A) Affleurement des micaschistes à grenat ; B) Échantillon des micaschistes à grenat à structure schisteuse ; C) Texture granolépido-blastique ; D) Association minérale entre grenat et biotite ; E) Porphyroblaste de grenat ; F) Déstabilisation des feldspaths en biotite.

III.4. LES QUARTZITES

Ils affleurent sous forme de blocs et forment parfois des massifs. Certains affleurements sont affectés par deux réseaux de fractures sub-perpendiculaires (Fig. 16 A). Ces roches sont d'aspect clairs, structurées pour certaines et massives pour d'autres, à grains fins. Ils se distinguent facilement par leur couleur blanche et leur composition minéralogique à quartz dominant. Cependant, les quartzites n'ont pas fait l'objet d'une étude en lame mince, mais sur la base de la couleur, la structure et la minéralogie, trois types de quartzites sont distingués : les quartzites à deux micas, les quartzites à muscovite et les quartzites compactes.

III.4.1. Quartzites à deux micas

La roche affleure sous forme de blocs dans la localité de Keulott. A l'échelle de l'échantillon, la roche présente une structure foliée et les minéraux visibles à l'œil nu sont le quartz, la biotite et la muscovite (Fig. 16 B).

III.4.2. Quartzites à muscovite

Les quartzites à muscovite sont des roches qui affleurent en bloc dans la localité de Keulott. A l'échelle de l'échantillon, la roche présente une structure foliée à grains fins et à quartz dominant. Ainsi, les minéraux visibles à l'œil nu sont quartz et muscovite (Fig. 16 E).

III.4.3. Quartzites compactes

La roche affleure sous forme de petits blocs dans la localité de Liyinn. A l'œil nu, la roche ne présente aucune structure, mais elle est affectée par un réseau de fracture d'orientation N – S (Fig. 16 C et D).

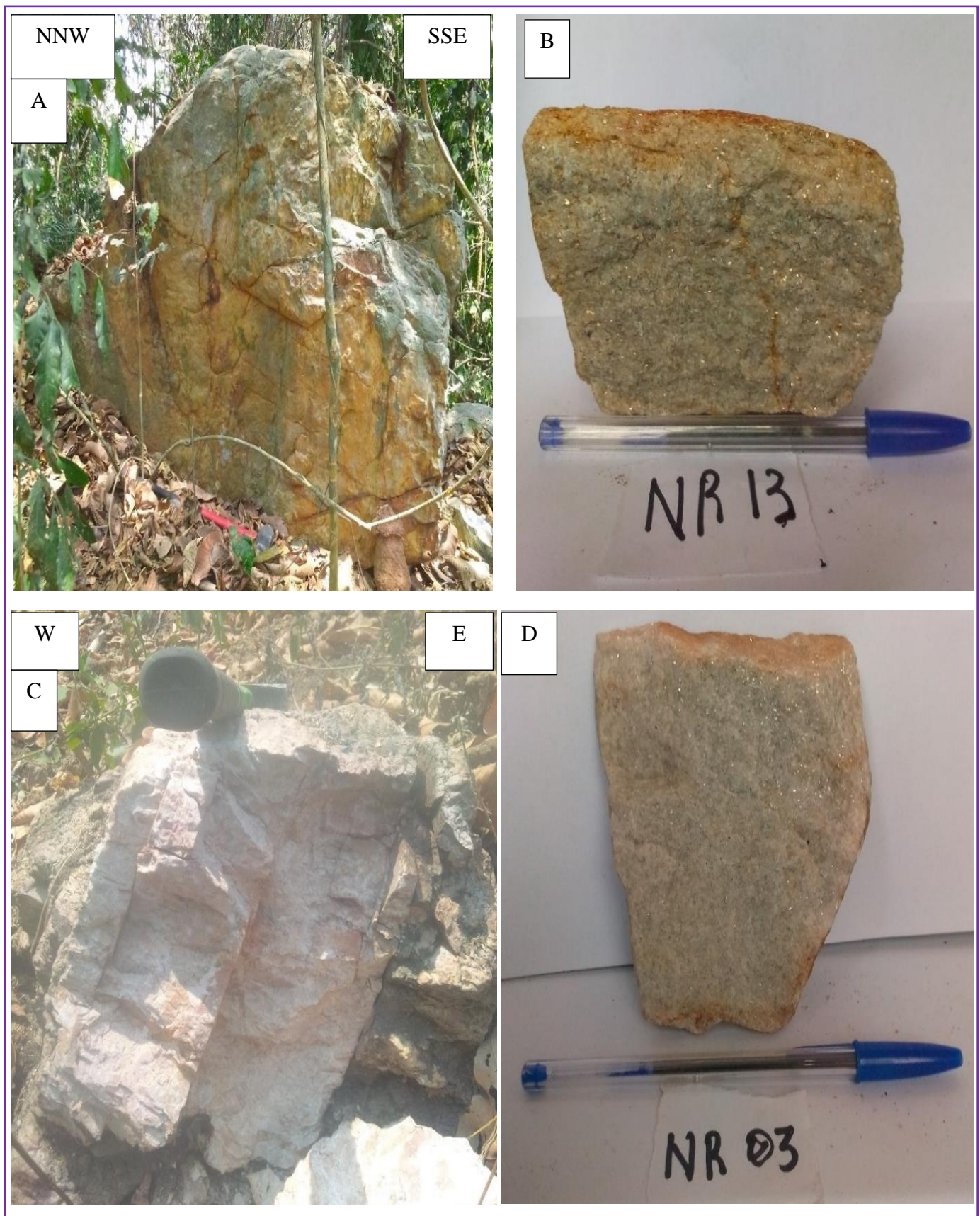


Figure 16 : Aspects mésoscopique et macroscopique des quartzites. A) Bloc de quartzite recoupé par deux réseaux de fractures sub-perpendiculaires ; B) Echantillon de quartzite à deux micas ; C) Affleurement de quartzite compacte affecté par des réseaux de fractures ; D) Echantillon d'un quartzite à muscovite.

Tableau 2 : Caractéristiques pétrographiques des formations géologiques du secteur d'étude.

| Types pétrographiques | | Textures | Associations minérales | Faciès |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|
| GNEISS | Gneiss à biotite et grenat | Granolépidoblastique | Qtz+Bt+Kfs+Grt+Pl±Spn±Zrn | Amphibolite |
| | Gneiss à biotite et amphibole | Granolépido-nématoblastique | Bt+Pl+Kfs+Qtz ₁ +Amp±Ap±Zrn±Spn Qtz ₂ +Bt+Op±Chl±Ser | Amphibolite de hauts degrés |
| | Gneiss à biotite | Granolépidoblastique | Kfs+Qtz+Bt+Pl | Amphibolite |
| AMPHIBOLITES | Amphibolite à pyroxène | Granonématoblastique hétérogranulaire | Amp+Px+Kfs+Pl+Qtz±Ser±Op | Granulite |
| | Pyroxéno-amphibolite à grenat | Nématoblastique coronitique | Px+Amp ₁ +Grt+Pl ₁ +Kfs+Qtz±Op±Ser±Ap Amp ₂ +Pl ₂ +Ser+Op | Amphibolite + Granulite |
| | Pyroxénite | Granoblastique hétérogranulaire | Px+Pl+Qtz+Kfs±Zrn | Granulite |
| MICASCHISTE A GRENAT | | Granolépidoblastique hétérogranulaire | Bt+Kfs+Grt+Ms+Pl+Qtz±Op±Spn | Amphibolite |

CHAPITRE IV : ETUDE STRUCTURALE

Le présent chapitre procède d'une part, à une analyse morpho-structurale qui a pour but de mettre en évidence la relation entre les formes de paysage et les éléments géologiques, et d'autre part, à une analyse structurale qui permettra de définir et de caractériser les différents épisodes de déformation ayant affectés les formations géologiques du secteur étudié.

IV.1. ANALYSE MORPHO-STRUCTURALE

IV.1.1. Analyse de la carte topographique

IV.1.1.1. Analyse de la carte orographique

La carte orographique (Fig. 17), obtenue à partir des images SRTM, présente des altitudes allant de 600 m à 700 m. Les courbes de niveau resserrées et allongées à l'Ouest, traduisant une zone montagneuse d'orientation NNE – SSW. Les parties Nord, Sud, Est et Nord-Ouest du secteur d'étude correspondent à des zones de basses altitudes. Ces parties traduisent des zones de dépression ou de pénéplaine avec des talwegs prononcés dans la partie Nord-Est et Sud-Est qui drainent respectivement le fleuve Noun et le cours d'eau Mabon.

Le modelé en coupe de deux (02) traits (Fig.18) réalisés à partir de la carte orographique (Fig.17) montre que l'altitude des reliefs ondule du Nord au Sud du secteur d'étude. L'étude de ces traits de coupe présente des vallées, des versants dissymétriques relatifs à des collines allongées. Le profil AB montre une succession de sommets qui oscillent en pente positive du point A vers le point B suivant la direction NNE-SSW mettant en évidence 5 pic majeurs. Il porte le plus haut sommet du secteur qui culmine à 740 m d'altitude (3^e pic). Ce profil met en évidence une dépression assez prononcée, elle se situe à près de 576 m d'altitude dans laquelle coule le fleuve Noun au NNE de la zone d'étude. Le trait de coupe CD, quant à lui, présente également un alignement de sommets suivant la direction N-S avec des fortes pentes suivies des dépressions considérables. Ainsi, les zones de dépression sont soulignées par le lit du fleuve Noun à 535 m d'altitude, d'un cours d'eau secondaire qui est Mabon à 531 m d'altitude ainsi que d'un affluent d'ordre inférieur à 538 m d'altitude s'agissant ainsi de Liyinn.

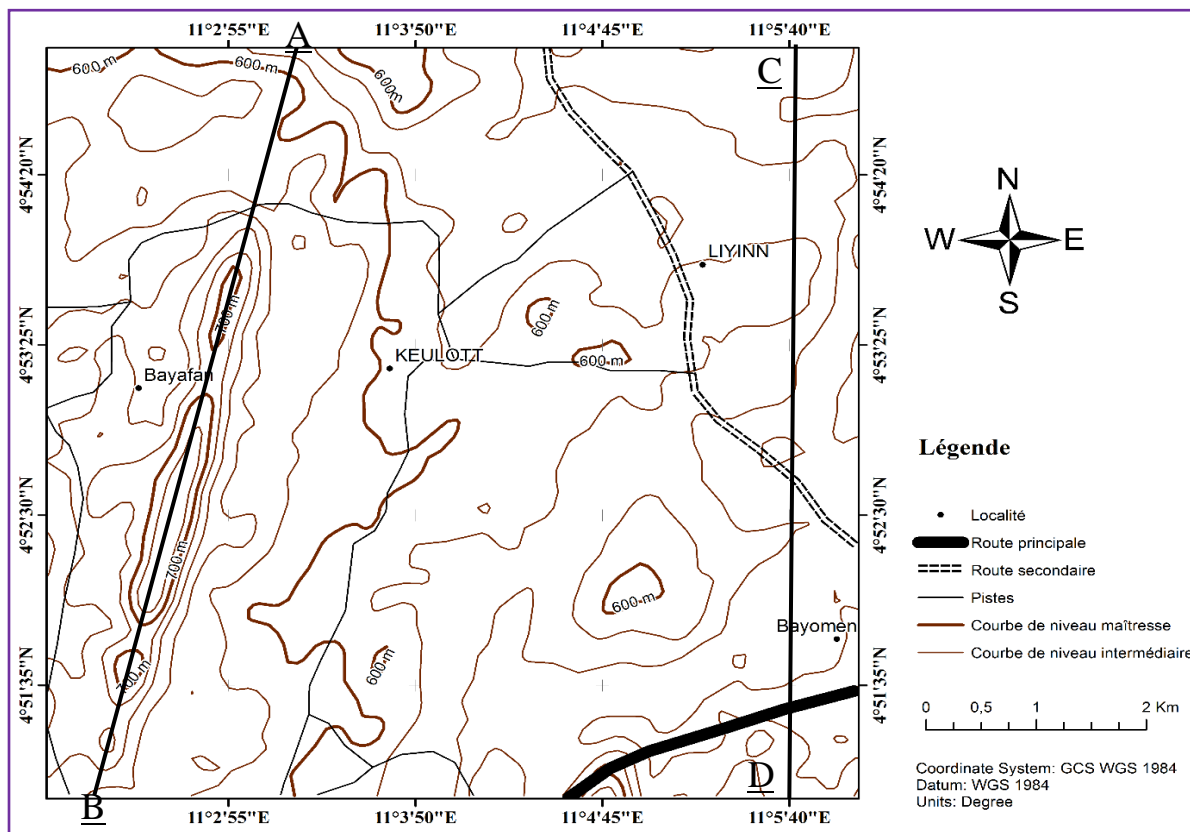


Figure 17 : Carte orographique de la zone d'étude.

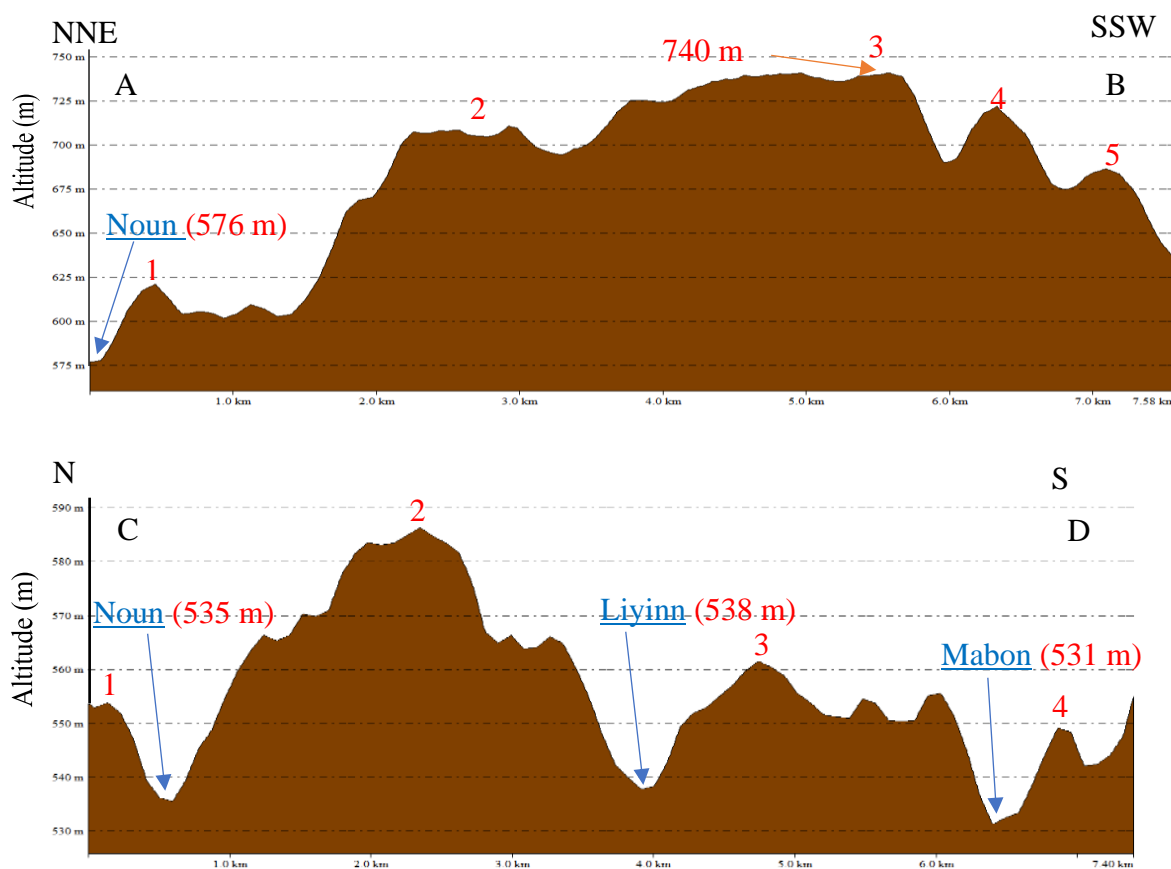


Figure 18: Profils topographiques suivant les traits de coupe A-B et C-D.

IV.1.1.2. Analyse de la carte hydrographique

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est moins dense. En se servant de la méthode de Strahler, une hiérarchisation hydrographique a été proposée dans le cadre de ce travail, permettant de quantifier les écoulements. En effet, les ordres des cours d'eau sont compris entre 1 et 3 comme l'illustre la carte hiérarchisée du réseau hydrographique de la zone d'intérêt (Fig.19). Sur cette carte, le collecteur principal qui est le Noun coule dans la partie Nord du secteur d'étude suivant une direction majeure W-E tandis que le cours d'eau secondaire Mabon lui coule dans la partie Sud du secteur d'intérêt suivant des directions variant de W-E à N-S. Des affluents d'ordres inférieurs existent et viennent au contact de ceux-ci soit dans des directions perpendiculaires ou sensiblement parallèles.

Le secteur présente ainsi un réseau hydrographique dendritique à guidage structural et s'identifie par le caractère curviligne des portions de certains cours d'eau.

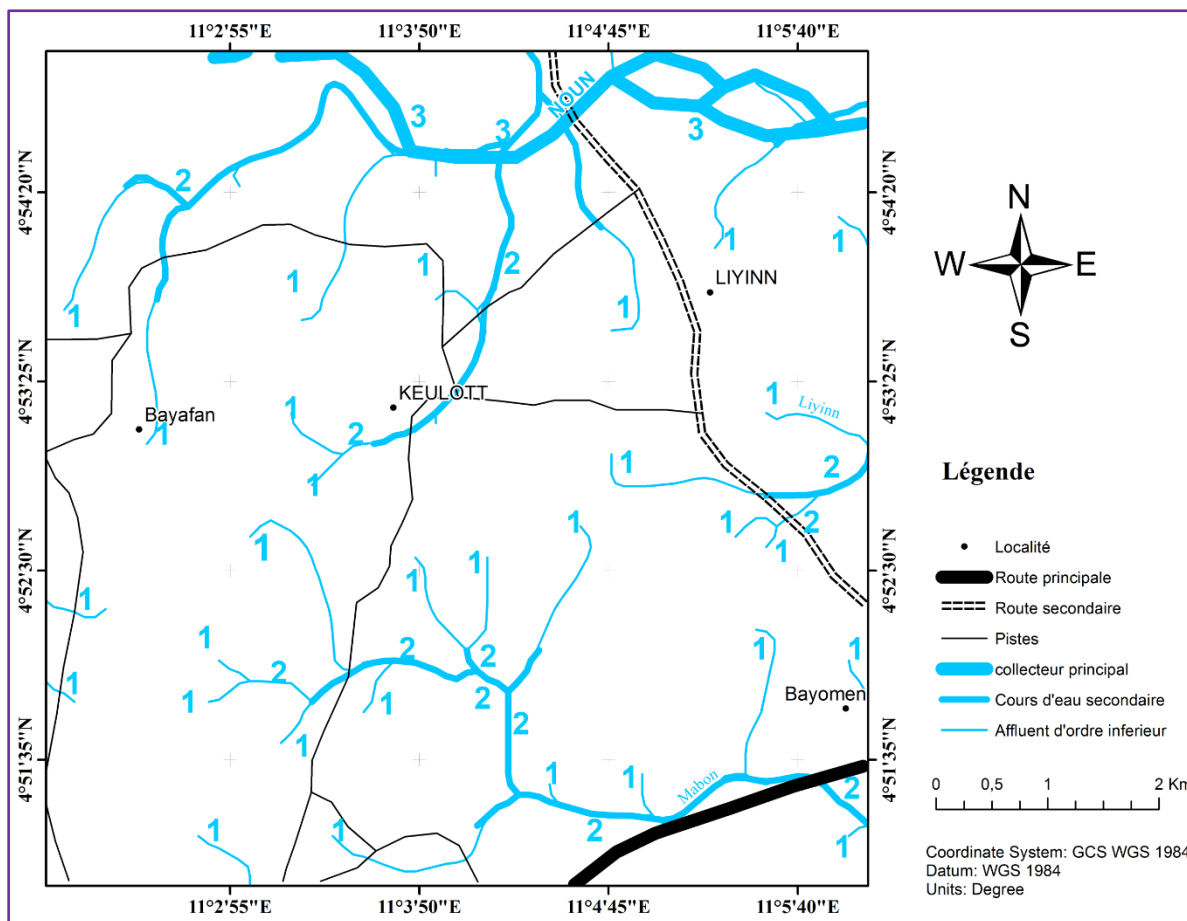


Figure 19: Carte du réseau hydrographique hiérarchisé dans le secteur exploré.

Les directions d'écoulement susmentionnées ont été déterminées à partir des azimuts des linéaments hydrographiques traités sur ordinateur. Il ressort de cette approche graphique que les directions d'écoulement des cours d'eau diffèrent en fonction des ordres.

Les linéaments hydrographiques déduits de la carte hiérarchisée du réseau hydrographique de la zone d'intérêt sont représentés par la figure 20. Ces linéaments orientés diversement, représentent les trajectoires des cours d'eau de différents ordres. L'étude des cours d'eaux d'ordre 1, 2 et 3 ainsi que des linéaments hydrographiques a donc permis de ressortir aisément les directions majeures, moyennes et mineures de chaque cours d'eau. Il ressort donc de cette étude que : les cours d'eau d'ordre 1 présentent trois directions préférentielles qui sont NNE-SSW, E-W et N-S. Les cours d'eau d'ordre 2 quant à eux présentent deux directions préférentielles qui sont E-W et NW-SE. Enfin, les cours d'eau d'ordre 3 présentent une seule direction préférentielle qui est E-W. Concernant la rosace des linéaments hydrographiques, elle montre les directions préférentielles N-S, NE-SW, E-W et SE-NW. Elles montrent également les directions secondaires ENE-WSW, ESE-WNW et SSE-NNE par ordre d'importance (Fig.21).

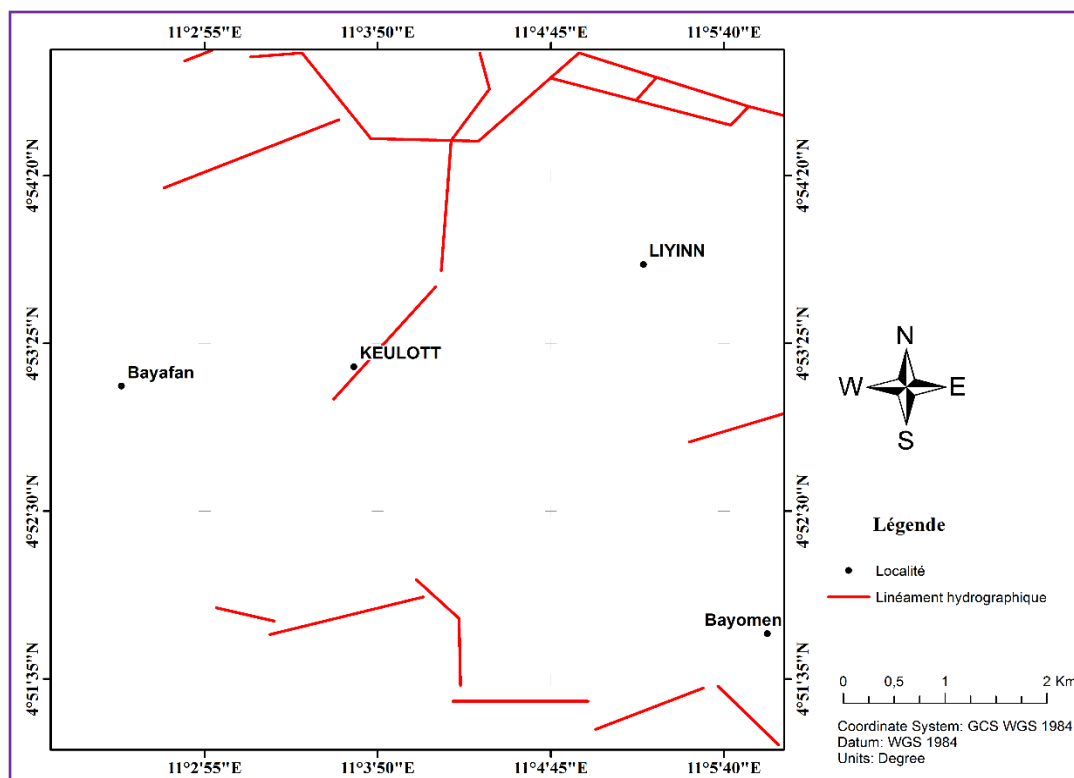


Figure 20: Carte des linéaments hydrographiques de la zone d'étude.

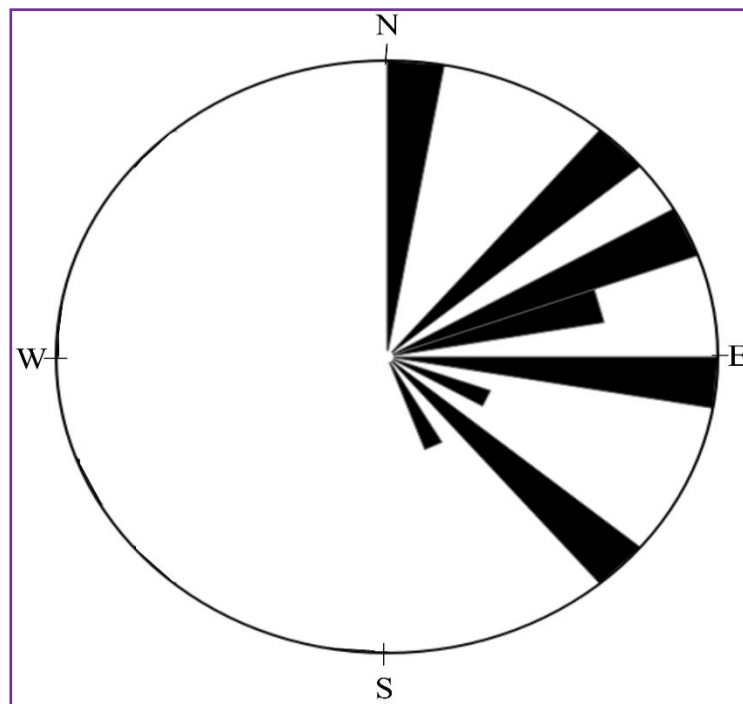


Figure 21: Rosace directionnelle des linéaments hydrographiques.

IV.1.2. Analyse de la carte des pentes

La carte des pentes (Fig.22) révèle que le réseau routier est entièrement construit sur un relief plat et traduit l'accessibilité au secteur d'étude. Cette carte permet de montrer les changements d'altitude à un niveau très détaillé.

Lignes de crête et talweg sont également mis en évidence à travers cette dernière. En effet, elle montre un talweg mis en évidence avec des pentes allant jusqu'à 20° . En ce qui concerne les lignes de crête, les extrémités W et SSE mettent en exergue une concentration de forte pente avec les valeurs comprises entre 07° et 20° , et définissant ainsi des sommets allongés qui sont visibles sur la carte des lignes de crête. Les parties N, SE et NE montrent une présence aléatoire de pente moyenne avec des valeurs comprises entre 05° et 12° traduisant un relief semi-montagneux. Dans le reste de la zone d'étude, notamment les parties NNE, E, NNW et S, en passant par le centre de la carte, nous observons une absence de pente avec des valeurs comprises entre 00° et 05° traduisant ainsi un relief plat.

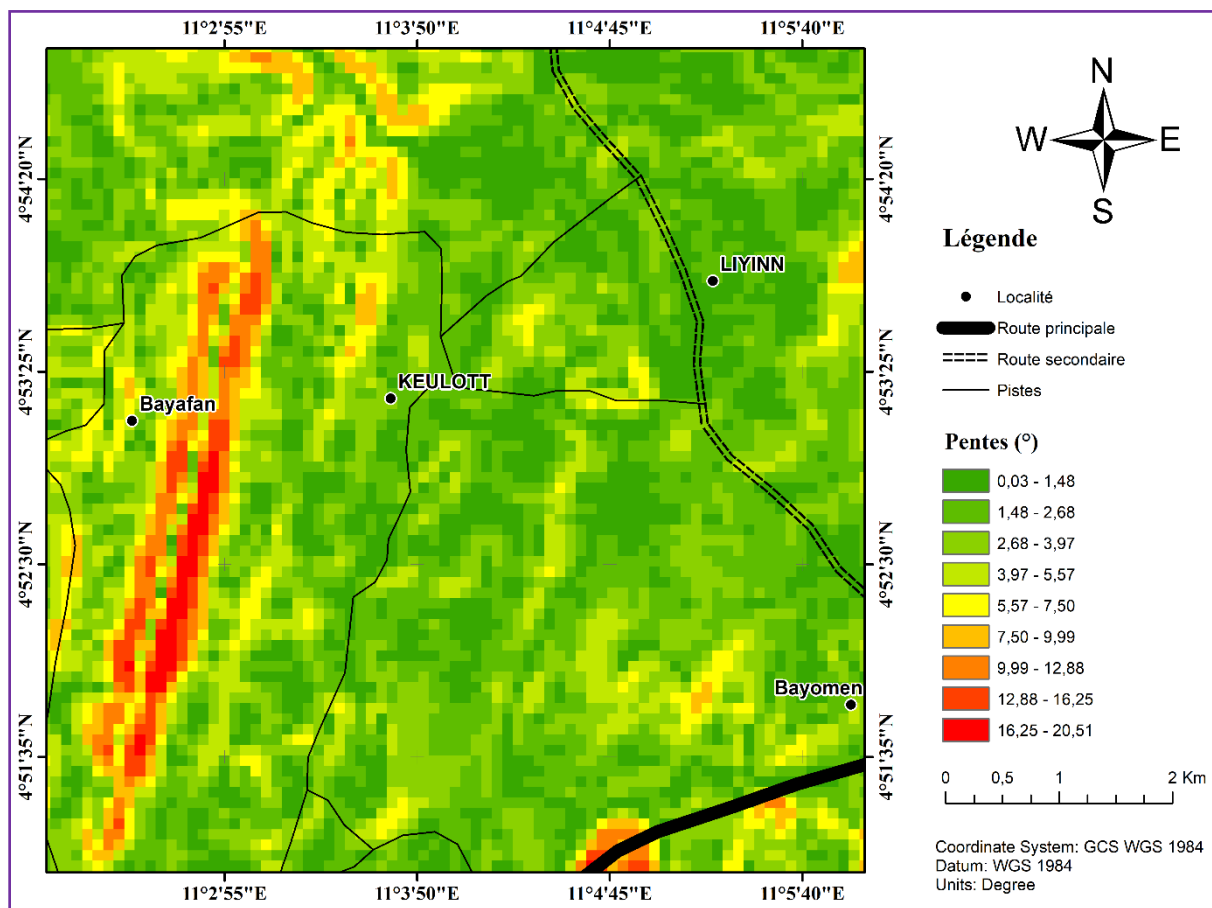


Figure 22: Carte des pentes de Keulott-Liyinn et ses environs.

IV.1.3. Analyse de la carte des linéaments

A partir du traitement de l'image satellitaire (SRTM), la réalisation de la carte des linéaments a été faite. En effet, nous avons procédé à une correction des erreurs du capteur nommé « Hill Shade ». Cette correction prédispose l'image satellitaire à fournir des filtres azimutaux selon des balayages directionnels préprogrammés en fonction de la position du soleil dans la zone d'intérêt. Deux principaux filtres sont généralement utilisés à savoir : les filtres gradients et les filtres de sobel. Ces derniers nous permettent d'identifier et de vectoriser l'ensemble des linéaments de la zone d'étude. La carte des linéaments (Fig.23) montre qu'elle met en évidence une succession de reliefs ainsi que l'alternance des formes dans le paysage.

L'analyse statistique de la fracturation a permis de construire une rosace directionnelle dont les directions majeures sont : E-W et SE-NW (Fig.24).

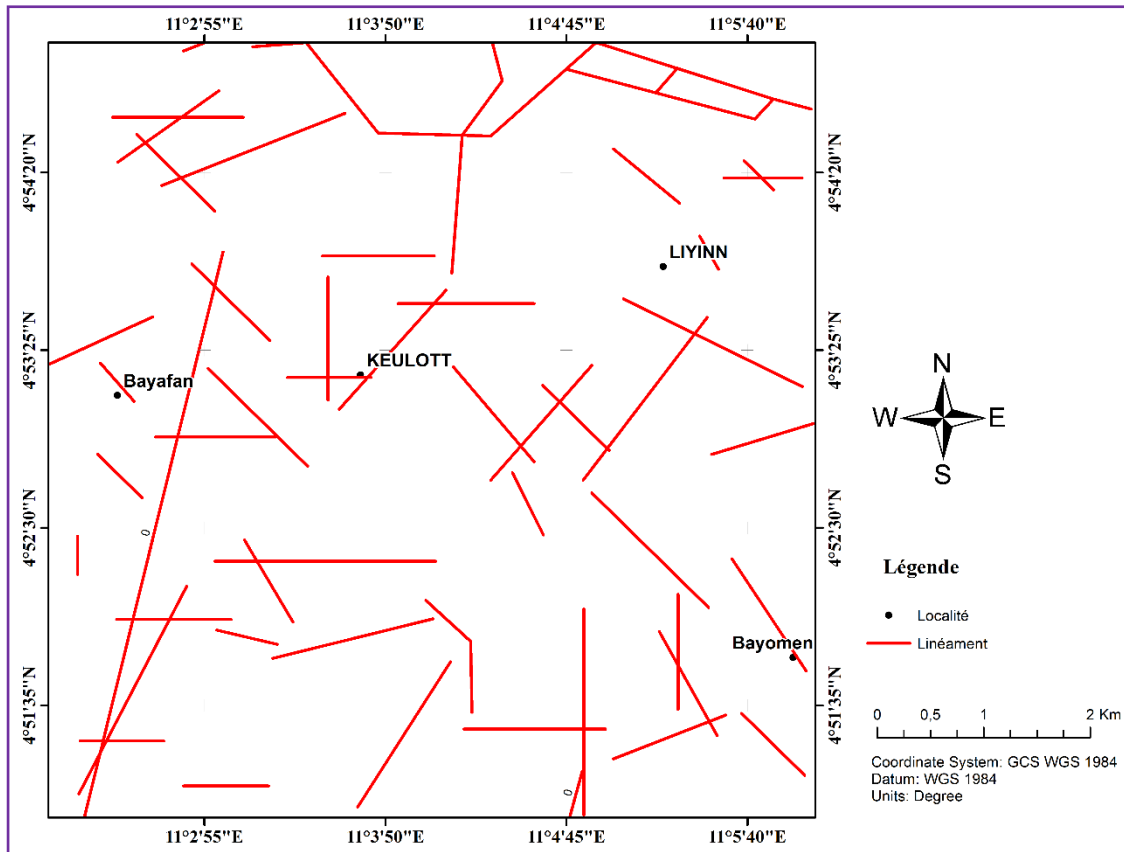


Figure 23: Carte synthétique des linéaments de Keulott-Liyinn et ses environs.

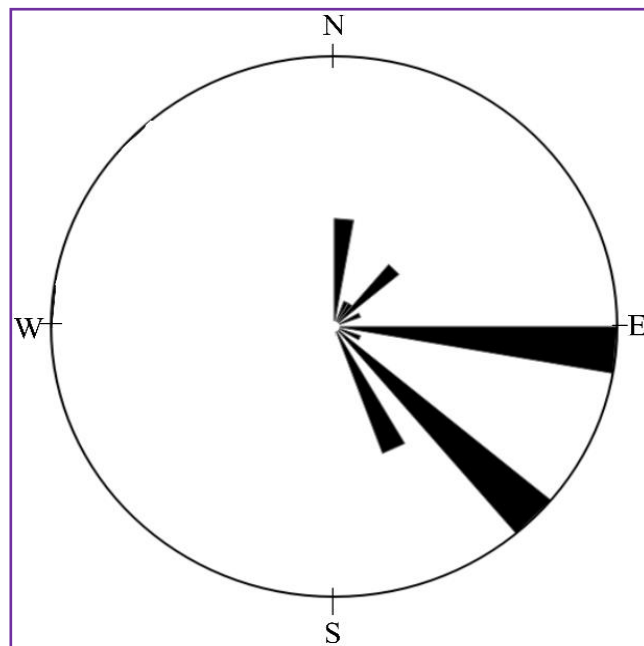


Figure 24 : Rosace directionnelle de Fracturation.

IV.2. ANALYSE STRUCTURALE

Les roches de Keulott-Liyinn sont affectées par des structures ductiles et fragiles. En se servant du parallélisme des éléments structuraux entre eux et le principe de recoupement, une chronologie relative a été établie. Ces structures peuvent ainsi être regroupées en quatre (04) principales phases de déformation correspondant respectivement à D_1 , D_2 , D_3 et D_4 .

IV.2.1. Première phase de déformation D_1

La phase de déformation D_1 ne s'observe qu'à l'état de relique dans les formations métamorphiques et est appuyée d'un élément structural ubiquiste et essentiellement planaires (foliation S_1) à l'échelle tant de l'affleurement que de l'échantillon et de la lame mince.

D'après [Mvondo Ondo \(2009\)](#), [Tchakounte et al., 2017](#) ; la marque géométrique de D_1 et son régime tectonique sont mal connus à l'échelle régionale à cause de la forte intensité de D_2 qui a effacé les marqueurs caractéristiques de la première phase tectonique. Toutefois, à l'échelle de l'affleurement, la foliation S_1 est déduite de l'alternance des entités lithologiques variées telles que les gneiss, les quartzites et les amphibolites.

Au niveau de l'échantillon, la foliation S_1 est exprimée à la fois de l'alternance compositionnelle et par l'orientation préférentielle de certains minéraux parallèlement à S_1 . Dans le gneiss, la surface S_1 est soulignée par une alternance de lits sombres millimétriques à centimétriques, composés de biotite et d'amphibole et de lits clairs quartzo-feldspathiques.

A l'échelle du microscope, la foliation S_1 est soulignée par le laminage et l'orientation de certaines phases minérales telles que la biotite et les agrégats polycristallins quartzo-feldspathiques (Fig. 25).

IV.2.2. Deuxième phase de déformation D_2

Les éléments structuraux associés à la phase de déformation D_2 sont représentés par une foliation composite S_1/S_2 , les boudins B_2 et des plis P_2 . Cette phase de déformation D_2 d'une manière générale, est la phase de tectonique majeure de la zone d'étude car elle est responsable de la configuration de la foliation régionale.

IV.2.2.1. La foliation S_2

Cette foliation s'observe tant à l'échelle de l'affleurement qu'à celui de l'échantillon et du microscope.

A l'échelle de l'affleurement et de l'échantillon, la foliation S_2 correspond à un litage compositionnel caractérisé par l'alternance des niveaux millimétriques à centimétriques des lits

clairs quartzo-feldspathique et des lits sombres ferromagnésien dans les gneiss migmatitiques, et aussi par l'alternance subhorizontale millimétrique des bandes quartzo-feldspathiques discontinues, très diffus par endroit et riche en quartz et feldspath et des lits d'amphibole et grenat dans les gneiss à biotite et grenat (Fig.25 A).

A l'échelle du microscope, la S_2 est nettement visible dans les gneiss à biotite où elle est soulignée par l'agencement et l'orientation préférentielle des blastes de feldspath, du quartz et des lamelles de biotite (Fig.25 B).

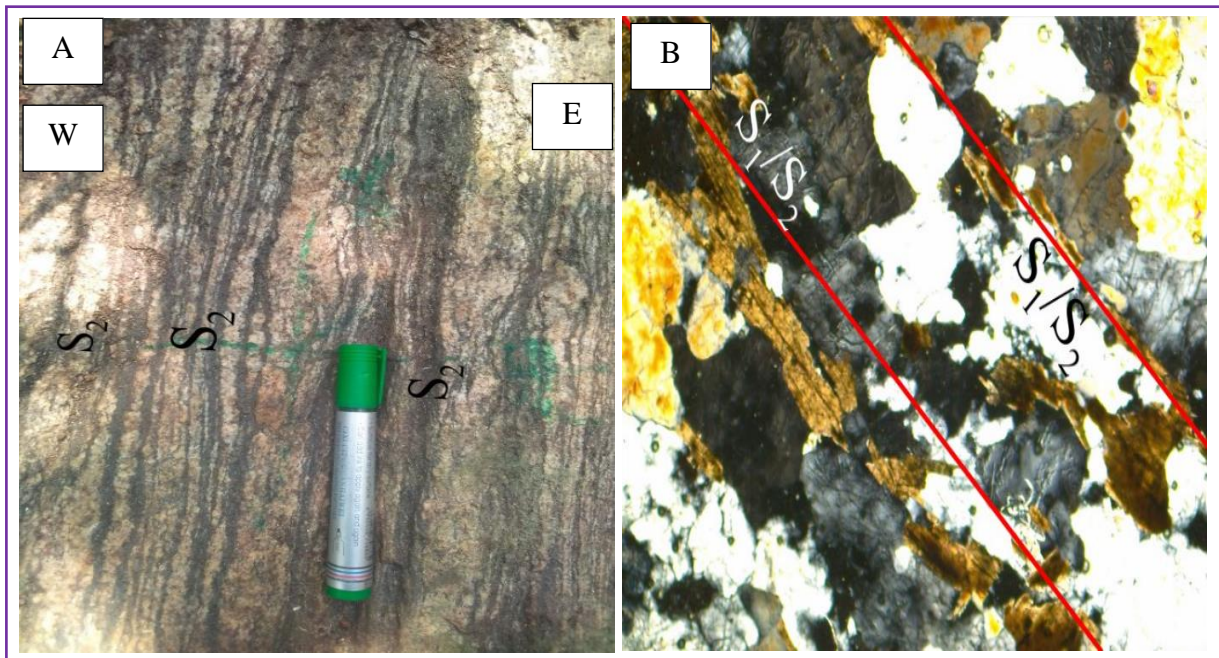


Figure 24: Foliation S_2 à l'échelle mésoscopique et microscopique dans les gneiss de Keulott-Liyinn. A) Foliation S_1/S_2 à l'échelle mésoscopique dans les gneiss migmatitiques ; B) Foliation S_1/S_2 à l'échelle microscopique dans les gneiss à biotite.

La projection stéréographique des plans de foliation S_2 montre une disposition des traces cyclographiques concentrées dans les directions N-S (Fig.26 A). Cependant, l'emplacement de ces dernières et la position de leurs pôles sur le diagramme montrent un regroupement dans les hémisphères Nord et Sud. Cette projection montre également des pendages WNW ou ESE à W ou E. La disposition des pôles de foliation S_2 le long d'un grand cercle d'attitude $N109E84^\circ ESE$, indique un raccourcissement dans la direction ESE-WNW. Les contraintes à l'origine de cette déformation ont des orientations suivantes : σ_1 : $N112E27^\circ ESE$, σ_2 : $N099E62^\circ W$, σ_3 : $N019E06^\circ NNE$; d'où $\sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_1$ donc $X > Y > Z$. Il s'agirait donc dans cette phase de déformation d'une compression induite par un raccourcissement ESE-WNW. La contrainte sigma 3 étant perpendiculaire aux deux autres, la déformation serait donc de type décrochant (Fig.26 B).

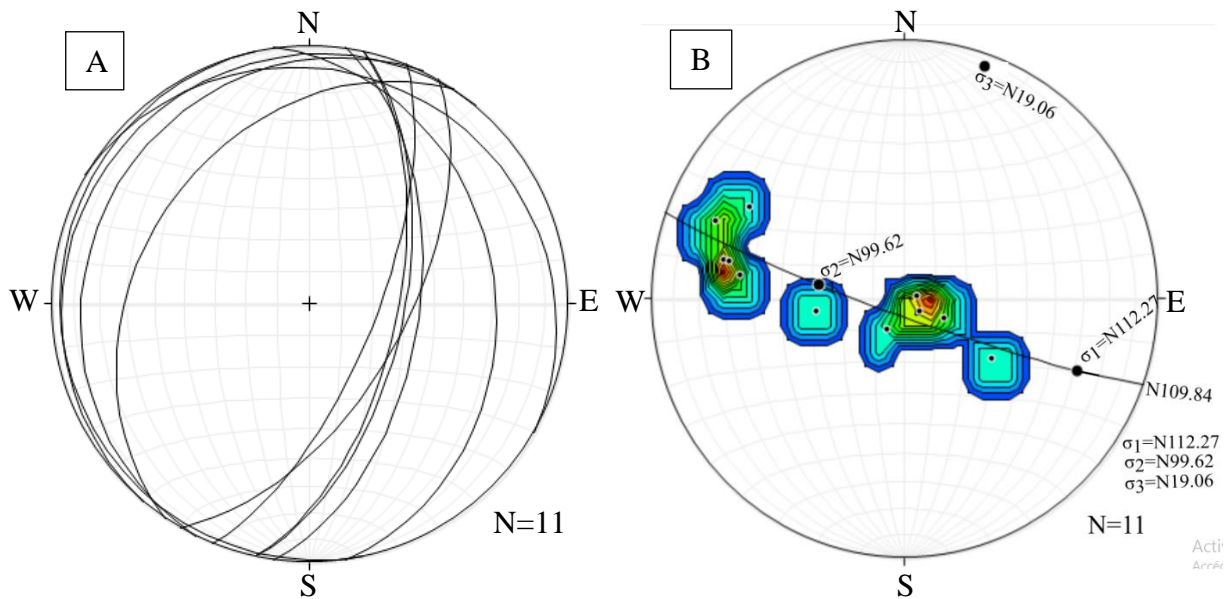


Figure 25: Projection stéréographique des plans de foliation S_1/S_2 : A) Traces cyclographiques, B) Stéréogramme des pôles reparti le long d'un grand cercle (best fit : N109E84ESE) matérialisant un pli P3 induit par une compression ESE-WNW.

IV.2.2.2. Boudins B2

Les boudins observés sur le site d'étude sont complets ou incomplets (structure pinch and swell) et le phénomène de boudinage dont ils dérivent affectent aussi bien la foliation que les lits qui soulignent cette fabrique (Fig.27 A et B). Ils sont de nature quartzo-feldspathique et s'observent à la fois sur le plan principal de déformation XZ, et sur le plan principal YZ mettant ainsi en évidence un double boudinage (Fig.27 C et D).

IV.2.2.3. Plis P2

Le rubanement millimétrique, bien repéré dans les formations du site d'étude est perturbé par endroits par les structures plissées qui affectent la foliation mise en place au cours de la phase de déformation D_1 . A l'affleurement, les mésoplis P_2 sont intrafoliaux, représentés sur certains massifs de la zone d'intérêt et sont soulignés par des plis isoclinaux admettant la foliation S_1/S_2 comme plan axial. Toutefois, on note près de ces derniers des plis à plans axiaux parallèles, asymétriques, à charnières plus ou moins épaisses avec des flancs amincis, dessinant ainsi des structures en forme de « W » (Fig. 27 A et B).

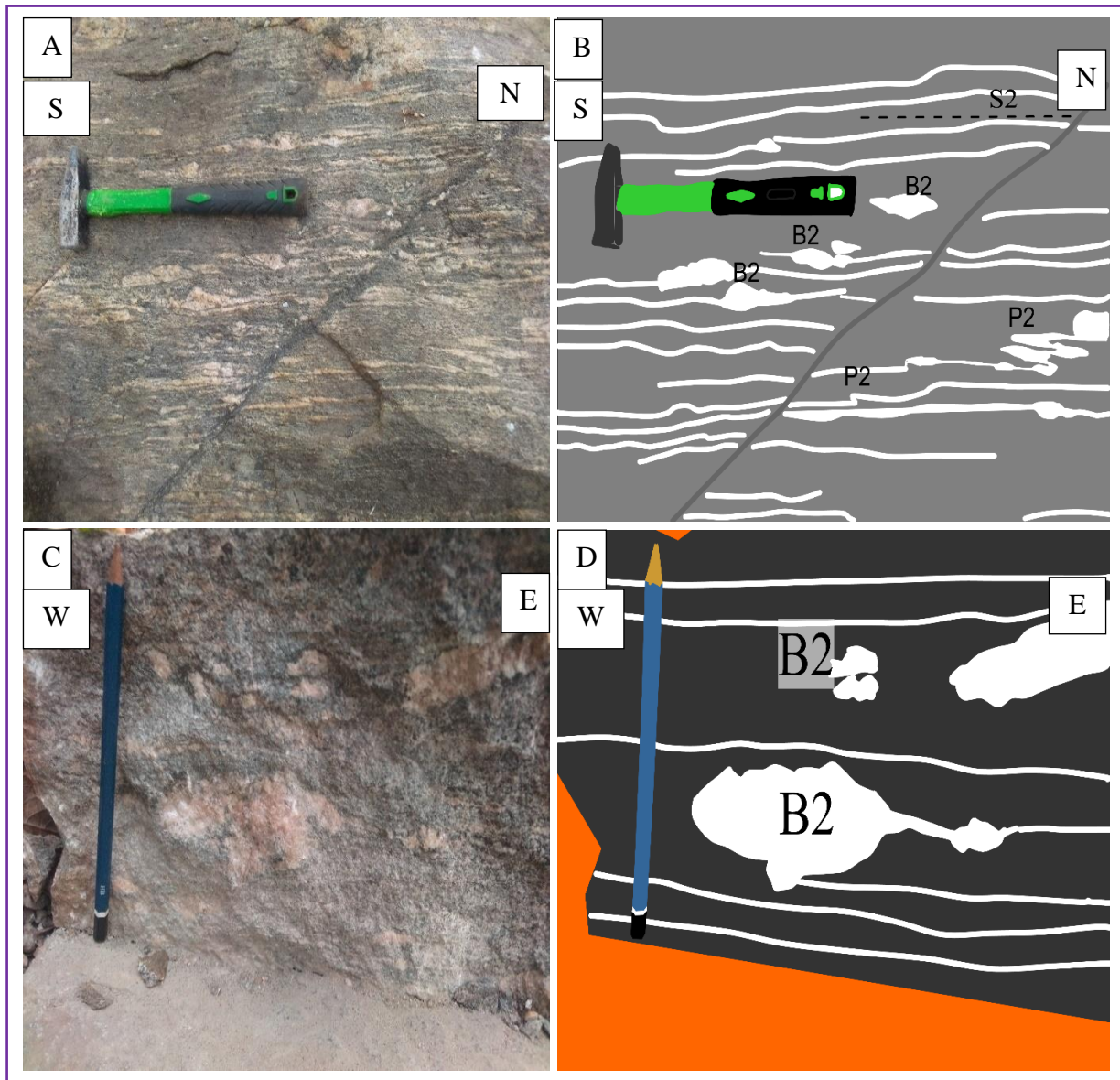


Figure 26: *Eléments structuraux de la phase D₂ : A et B) plis P₂ ptymatitiques et intrafoliaux : noter également les boudins B₂ complets et incomplets; C et D) Boudins B₂ «pinch and swell» dans les gneiss à biotite et grenat.*

IV.2.3. Troisième phase de déformation D₃

Cette phase de déformation D₃ est principalement caractérisée par la présence des structures plicatives (P₃) et les structures planaires (cisaillement C₃) qui lui sont associées.

IV.2.3.1. Cisaillement C₃

Les plans de cisaillement C₃ correspondent à des plans de discontinuités qui décalent la foliation S₂. Ces plans de cisaillement C₃ sont de polarité senestre, à l'exemple du plan de cisaillement de la figure 28 A et B, observés dans les gneiss à biotite et grenat et qui rebroussement la foliation S₂. Les plans de cisaillement sont par endroits soulignés des injections quartzo-feldspathiques ayant joué en cisaillement (Fig.28 C et D).

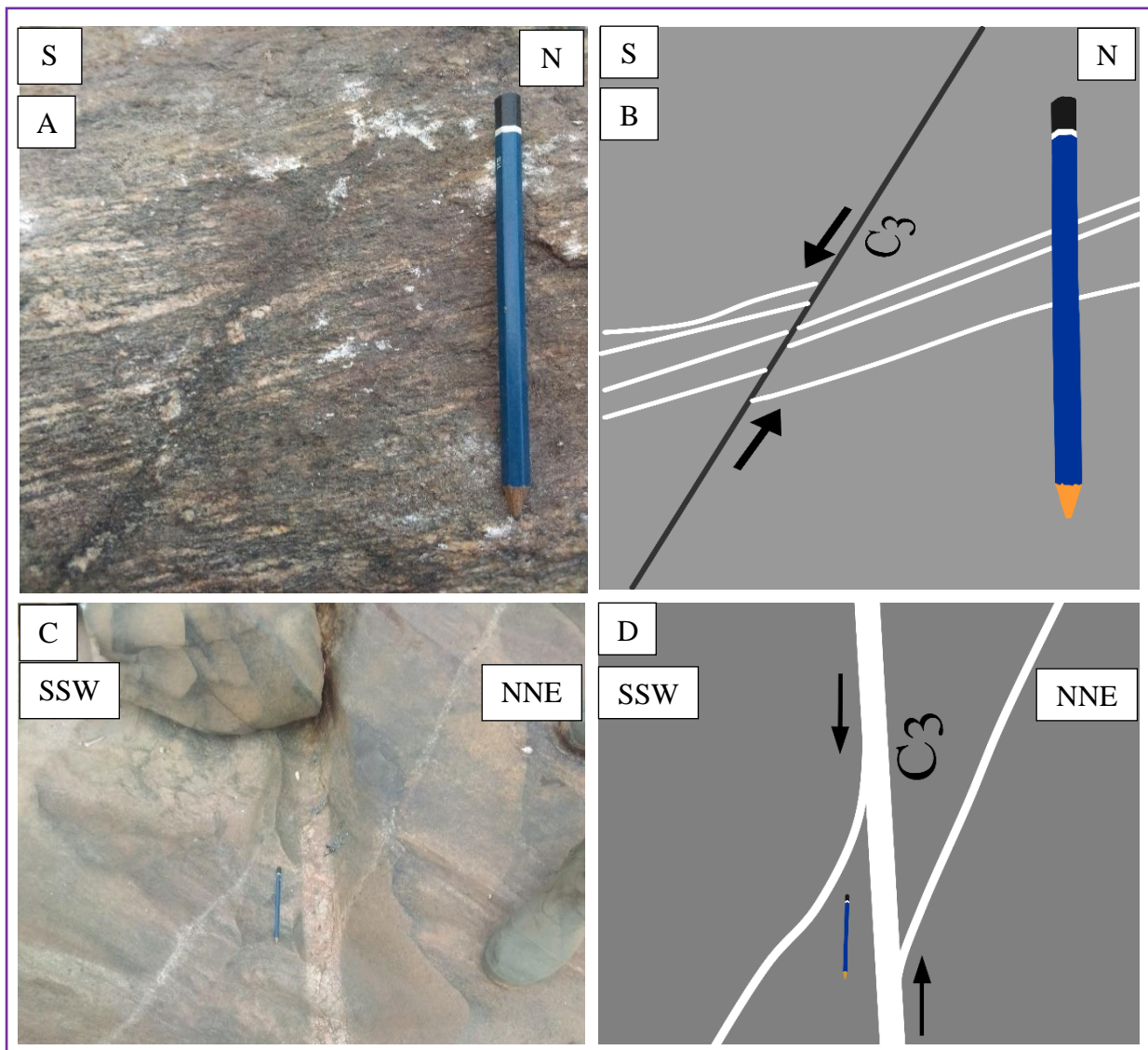


Figure 27: Plan de cisaillement C_3 senestre ; A, B) Cisaillement dans les gneiss à biotite et grenat ; C, D) Cisaillement avec formation des crochons dans les gneiss à biotite et amphibole.

IV.2.3.2. Plis P_3

Les plis P_3 s'observent souvent dans les migmatites. Ce sont des plis à plans axiaux horizontaux et parallèles à la foliation S_2 . Ces plis sont syn-schisteux, à charnières tantôt amincies ou rembourrée et à flancs amincis et étirés (Fig.29). La transposition de la schistosité S_2 en S_3 induit ainsi un plissement P_3 . Dans les gneiss à biotite et amphibole, les plans de cisaillement C_3 affectent les mobilisats issus de la fusion avec formation des crochons qui indiquent le sens du cisaillement (Fig.28 C et D).

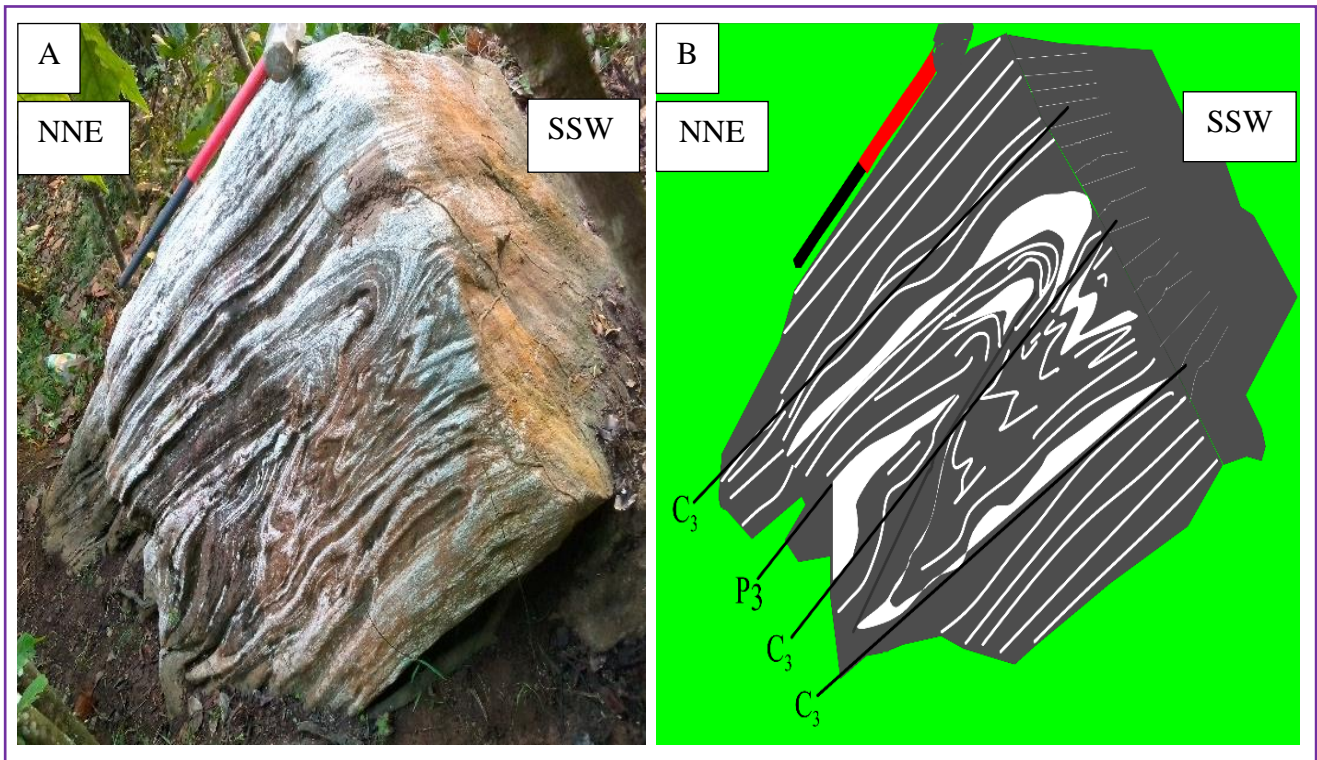


Figure 29 : Eléments structuraux de la phase D_3 dans les gneiss de Liyinn.

Par ailleurs, l'évidence d'un plissement P_3 est témoignée par la disposition des pôles de la foliation S_2 le long d'un grand cercle significatif d'une compression ESE-WNW (Fig.26 B), mettant ainsi en évidence un plissement P_3 à l'échelle cartographique.

IV.2.4. Quatrième phase de déformation D_4

La phase D_4 correspond à une phase de relaxation des contraintes. Elle est de nature fragile, donc essentiellement cassante. Elle est marquée par les fractures sèches (diaclasses) et les filons qui recourent les éléments structuraux mis en place au cours des phases antérieures.

IV.2.4.1. Diaclasses

Les diaclasses sont des fractures sèches n'impliquant aucun déplacement relatif de la roche. Ils expliquent une décontraction des efforts tectoniques au niveau de la roche et un arrêt d'activité de la phase D_3 . Ces diaclasses s'observent dans les quartzites et dans les gneiss à biotite (Fig.30 A).

IV.2.4.2. Filons

Dans les gneiss à biotite et amphibole, des joints filoniens de nature quartzo-feldspathiques sont de plusieurs générations et recourent les structures préexistantes (Fig.30 B).

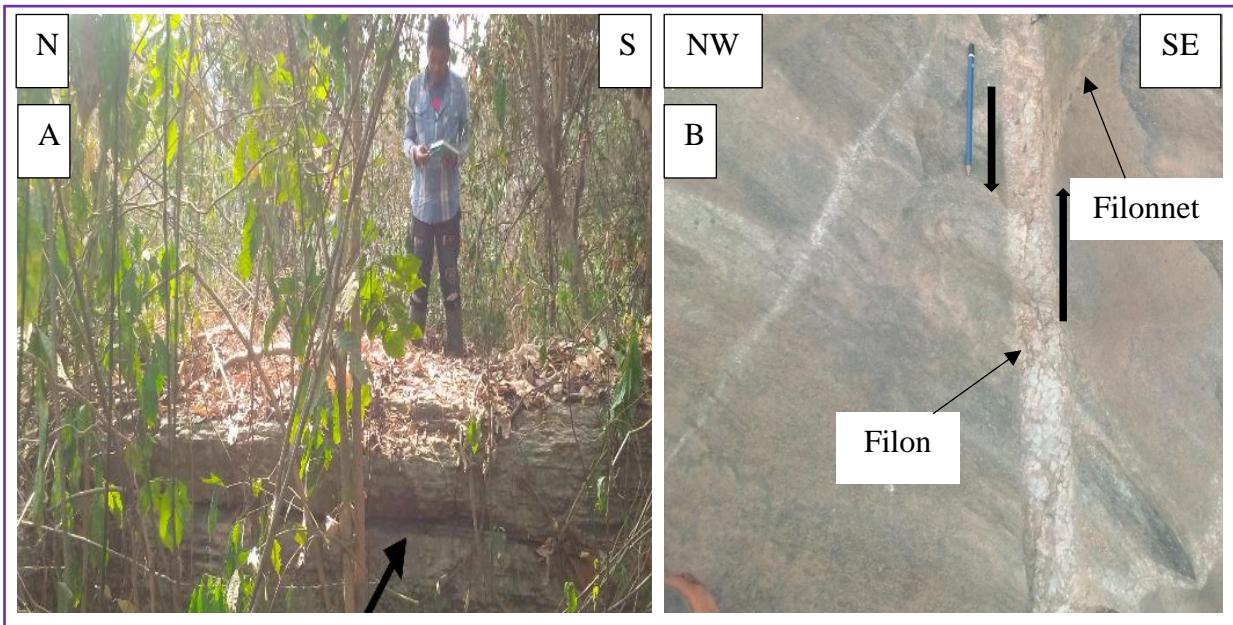


Figure 28: *Eléments structuraux de la phase de déformation D₄ ; A) Diaclase ; B) Filons ayant joué en cisaillement décallant le filonnet.*

Le secteur d'étude a été marqué par quatre phases de déformations, les trois premières étant de nature ductile et la quatrième de nature fragile. La première phase de déformation est relictuelle et est caractérisée par un élément essentiellement planaire qui est la foliation S₁. La D₂ est caractérisée par la foliation S₁/S₂, les boudins B₂ et les plis P₂. La phase D₃ est caractérisée par les structures planaires (cisaillement C₃) et les structures plicatives (plis P₃). La dernière phase de déformation quant à elle est essentiellement cassante et est marquée par les filons et les diaclases.

CHAPITRE V : ETUDE GEOCHIMIQUE

Ce chapitre est consacré à l'étude des principaux caractères géochimiques des différents types lithologiques. Les analyses géochimiques de huit échantillons représentatifs des formations de Keulott-Liyinn ont été réalisées au laboratoire ALS minerals en Afrique du Sud par les méthodes ICP-AES et ICP-MS. Le but de cette étude géochimique est de déterminer le protolite des roches métamorphiques et leur contexte géotectonique de mise en place.

V.1. CARACTERES GEOCHIMIQUES

V.1.1. Metasediments

V.1.1.1. Eléments majeurs

Le tableau III montre que les gneiss à biotite et grenat sont riches en SiO_2 (69,7%). La teneur en Al_2O_3 (11,85%) est moyenne et celles en Fe_2O_3 (5,62%), K_2O (4,31%), CaO (2,26%), Na_2O (2,28%) sont faibles. La roche contient des teneurs très faibles en MgO (0,58%), TiO_2 (0,72%), MnO (0,11%), P_2O_5 (0,18%), BaO (0,16%), mais encore plus en Cr_2O_3 (0,023%) et en SrO (0,01%).

Les gneiss à biotite sont caractérisés par la teneur élevée en SiO_2 (72%), moyenne en Al_2O_3 (15,05%) et faible en Fe_2O_3 (3%), CaO (2,43%), Na_2O (4,27%), K_2O (2,68%), MgO (0,76%) et TiO_2 (0,37%). Les teneurs sont encore plus faibles en Cr_2O_3 (0,023%), MnO (0,02%), P_2O_5 (0,05%), SrO (0,02%) et BaO (0,09%).

Les micaschistes à grenat, quant à eux, indiquent des teneurs élevées en SiO_2 (64,7%) et en Al_2O_3 (13,9%). La teneur en Fe_2O_3 (6,68%) est moyenne. Le CaO (2,38%), MgO (2,88%), Na_2O (2,34%) K_2O (2,71%) ont des teneurs faibles. Les teneurs de TiO_2 (0,73%), MnO (0,23%), P_2O_5 (0,13%) et BaO (0,11%) sont très faibles, mais encore plus en SrO (0,01%) et en Cr_2O_3 (0,034%).

Tableau 3 : Composition chimique des éléments majeurs (%) des métasédiments de la localité de Keulot-Liyinn.

LOI : Loss On Ignition ou perte au feu.

| | Gneiss à biotite et grenat | Gneiss à biotite | Micaschistes à grenat |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| NOM | NR26 | NR01A | NR23 |
| SiO₂ | 69,7 | 72 | 64,7 |
| Al₂O₃ | 11,85 | 15,05 | 13,9 |
| Fe₂O₃ | 5,62 | 3 | 6,68 |
| CaO | 2,26 | 2,43 | 2,38 |
| MgO | 0,58 | 0,76 | 2,88 |
| Na₂O | 2,28 | 4,27 | 2,34 |
| K₂O | 4,31 | 2,68 | 2,71 |
| Cr₂O₃ | 0,023 | 0,023 | 0,034 |
| TiO₂ | 0,72 | 0,37 | 0,73 |
| MnO | 0,11 | 0,02 | 0,23 |
| P₂O₅ | 0,18 | 0,09 | 0,13 |
| SrO | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| BaO | 0,16 | 0,09 | 0,11 |
| LOI | 0,7 | 0,54 | 1,43 |
| Total | 98,5 | 101,34 | 98,26 |

V.1.1.2. Eléments en traces

Les métaux de transition ont des teneurs élevées en vanadium (V) dans les micaschistes à grenat (114 ppm) et faibles dans les gneiss à biotite et grenat et les gneiss à biotite (14 et 24 ppm). La concentration en zirconium (Zr) est élevée dans les gneiss à biotite et grenat et les gneiss à biotite (476 et 290 ppm), moyenne dans les micaschistes à grenat (191 ppm). Les teneurs en yttrium sont moyennes dans les gneiss à biotite et grenat et les micaschistes à grenat (64,8 et 31,8 ppm) et sont faibles dans les gneiss à biotite (12,6 ppm). Les teneurs en chrome (Cr) sont élevées dans l'ensemble et varient entre les micaschistes à grenat, viennent après les gneiss à biotite et enfin les gneiss à biotite et grenat (245, 173 et 168 ppm). La teneur en cobalt (Co) est moyenne dans les micaschistes à grenat (21 ppm), elle est faible dans les gneiss à biotite et grenat et les gneiss à biotite (7 et 6 ppm). Le cuivre a une teneur élevée dans les micaschistes à grenat et les gneiss à biotite et grenat correspondant respectivement à 38 et 12 ppm, mais il est très faible dans les gneiss à biotite (2 ppm). Le niobium (Nb) est élevé dans les gneiss à biotite et grenat (29 ppm) mais faible dans les micaschistes à grenat et les gneiss à biotite (14,25 et 5,99 ppm). Le scandium (Sc) est élevé dans les micaschistes à grenat (20,2 ppm), moyen dans les gneiss à biotite et grenat (16,6 ppm) et faible dans les gneiss à biotite (8,2 ppm), l'hafnium (Hf) montre une teneur élevée dans les gneiss à biotite et grenat et les gneiss à biotite (11,9 et 7,32 ppm), il est moyen dans les micaschistes à grenat (5,04 ppm). Le molybdène (Mo) présente des teneurs constantes de 1 ppm dans tous les différents types de gneiss.

Dans les métaux alcalins, le rubidium (Rb) présente des teneurs élevées dans les gneiss à biotite et grenat (155 ppm) et dans les micaschistes à grenat (119 ppm), elle est moyenne dans les gneiss à biotite (46,8 ppm). Le lithium (Li) présente des valeurs allant de 10 ppm à 50 ppm tandis que le césium (Cs) présente des valeurs faibles dans les gneiss, allant de 0,12 ppm à 1,4 ppm. Elle atteint les 8 ppm dans les micaschistes à grenat.

Les métaux alcalino-terreux sont représentés par le baryum (Ba) qui présente des teneurs très élevées dans les gneiss à biotite et grenat (1390 ppm), moyennes dans les micaschistes à grenat (980 ppm) et les gneiss à biotite (816 ppm) ; le strontium (Sr), a des teneurs globalement élevées dans les gneiss à biotite et grenat (131,5 ppm), les micaschistes à grenat (128 ppm) et les gneiss à biotite (280 ppm).

Concernant les autres métaux, la teneur en zinc (Zn) est très élevée dans les gneiss à biotite et grenat (476 ppm) et les gneiss à biotite (290 ppm) et faible dans les micaschistes à grenat (99 ppm). Cependant, le plomb (Pb) présente des teneurs moyennes dans les micaschistes à grenat, les gneiss à biotite et grenat et les gneiss à biotite (15 ppm, 19 ppm et 31 ppm). Les teneurs en gallium (Ga) sont faibles dans toutes les roches, ces valeurs varient entre 16,8 ppm et 19,4 ppm. Les teneurs sont inférieures à 10 ppm pour le Tl, inférieures à 5 ppm en ce qui concerne l'arsenic (As) et inférieures à 0,5 ppm pour ce qui est du cadmium (Cd).

Les actinides dans les gneiss de la localité sont représentés par le thorium (Th) et l'uranium (U). Le thorium présente des teneurs moyennes dans les deux types de gneiss et dans les micaschistes à grenat avec des valeurs allant de 10,35 ppm à 47,2 ppm. L'uranium présente des teneurs très faibles dans les gneiss à biotite (0,85 ppm), les gneiss à biotite et grenat (1,35 ppm) et dans les micaschistes à grenat (2,27 ppm).

V.1.1.3. Terres rares

Les teneurs des terres rares ont été normalisées par rapport au NASC (North American Shale Composite) de [Gromet et al \(1984\)](#). Les données géochimiques montrent que les gneiss à biotite sont plus riches en terre rare ($\sum \text{REE} = 467,97 \text{ ppm}$) que les gneiss à biotite et grenat ($\sum \text{REE} = 353,85 \text{ ppm}$), les micaschistes à grenat quant à eux sont encore plus appauvrie en terre rare par rapport aux autres gneiss ($\sum \text{REE} = 161,58$). Cependant, la somme des concentrations des terres rares légères est globalement très élevée par rapport à celle des terres rares lourdes. Ainsi, le rapport LREE/HREE effectué expose des valeurs largement supérieures à 1 ; ce qui implique que les terres rares légères dominent largement sur les terres rares lourdes. Les spectres des terres rares normalisées par rapport aux NASC sont fractionnés et montrent un

enrichissement en LREE qu'en HREE. Les spectres des gneiss à biotite et grenat et celui des micaschistes à grenat présentent une allure parallèle du Lanthane au Luthétium, ne présentant aucune anomalie tandis que celui des gneiss à biotite se caractérise par une anomalie négative en Europium (Fig.31 A).

Le spectre des multi-éléments (Fig.31 B) normalisé par rapport au manteau primitif (Sun et Mc Donough, 1989), montre des anomalies négatives très prononcées en hafnium (Hf) et en titane (Ti) pour tous les échantillons, positives en thalium (Tl), plomb (Pb) et lithium (Li) pour tous les échantillons.

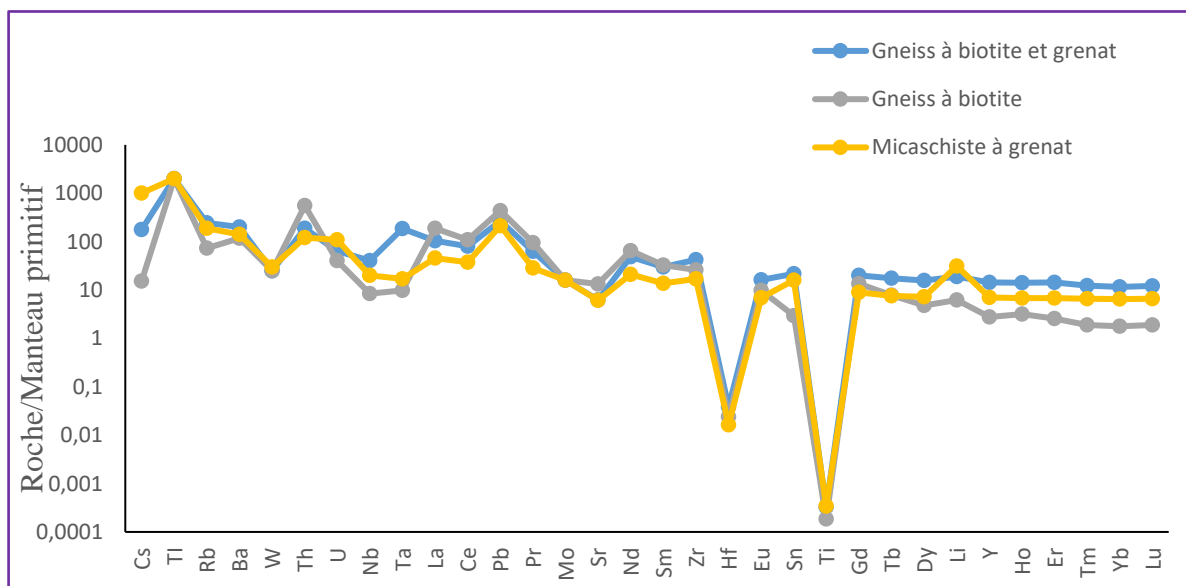
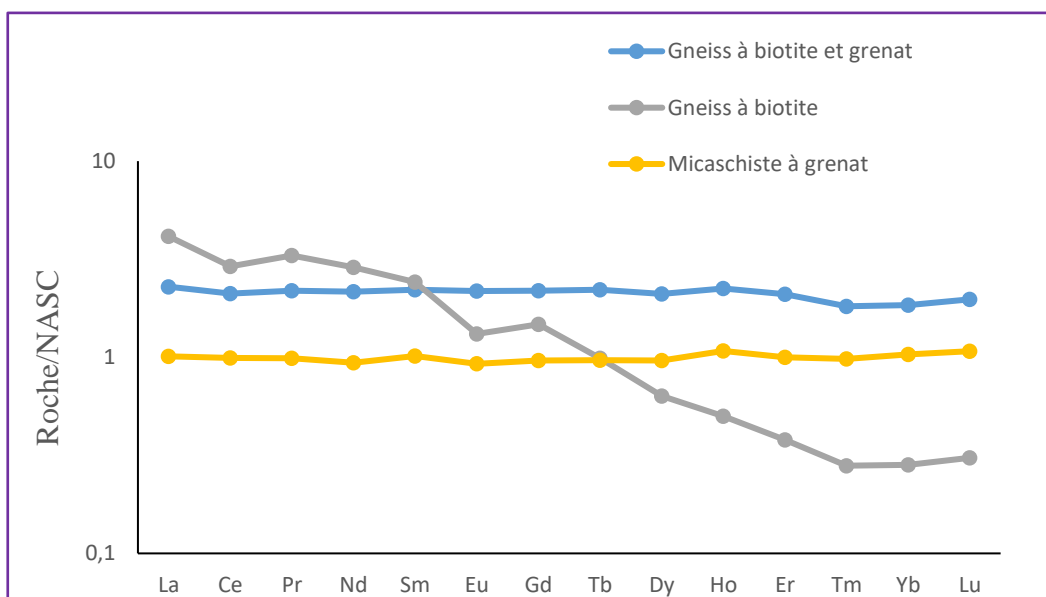


Figure 31 : Spectres : A) des terres rares normalisés aux NASC (Gromet et al., 1984) ; B) des multi-éléments normalisés par rapport au manteau primitif (Sun et Mc Donough, 1989).

Tableau 4 : Composition en éléments traces (ppm) des métasédiments de la zone d'intérêt.

| | Gneiss à biotite et grenat | Gneiss à biotite | Micaschiste à grenat |
|-----|----------------------------|------------------|----------------------|
| NOM | NR26 | NR01A | NR23 |
| Ba | 1390 | 816 | 980 |
| Cr | 168 | 173 | 245 |
| Cs | 1,4 | 0,12 | 8 |
| Ga | 18,4 | 16,8 | 19,4 |
| Hf | 11,9 | 7,32 | 5,04 |
| Nb | 29 | 5,99 | 14,25 |
| Rb | 155 | 46,8 | 119 |
| Sc | 16,6 | 8,2 | 20,2 |
| Sn | 3,7 | <0.5 | 2,7 |
| Sr | 131,5 | 280 | 128 |
| Ta | 7,6 | 0,4 | 0,7 |
| Th | 16 | 47,2 | 10,35 |
| Ti | 0,42 | 0,24 | 0,44 |
| Tm | 0,91 | 0,14 | 0,49 |
| U | 1,35 | 0,85 | 2,27 |
| V | 14 | 24 | 114 |
| W | <0.5 | <0.5 | 0,6 |
| Y | 64,8 | 12,6 | 31,8 |
| Zr | 476 | 290 | 191 |
| Ag | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| As | <5 | <5 | <5 |
| Cd | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Co | 7 | 6 | 21 |
| Cu | 12 | 2 | 38 |
| Li | 30 | 10 | 50 |
| Mo | 1 | <1 | 1 |
| Ni | 6 | 11 | 50 |
| Pb | 19 | 31 | 15 |
| Tl | <10 | <10 | <10 |
| Tn | 91 | 47 | 99 |

Tableau 5: Composition en terres rares (ppm) des métasédiments de la zone d'étude.

| | Gneiss à biotite et grenat | Gneiss à biotite | Micaschiste à grenat |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| NOM | NR26 | NR01A | NR23 |
| La | 71,2 | 128,5 | 31,4 |
| Ce | 141,5 | 194,5 | 66,6 |
| Pr | 17,25 | 26,1 | 7,8 |
| Nd | 65,7 | 87,4 | 28,5 |
| Sm | 13,2 | 14,45 | 6,07 |
| Eu | 2,73 | 1,65 | 1,16 |
| Gd | 12 | 8,1 | 5,3 |
| Tb | 1,88 | 0,84 | 0,82 |
| Dy | 11,65 | 3,51 | 5,34 |
| Ho | 2,33 | 0,52 | 1,12 |
| Er | 6,86 | 1,24 | 3,27 |
| Tm | 0,91 | 0,14 | 0,49 |
| Yb | 5,74 | 0,88 | 3,22 |
| Lu | 0,9 | 0,14 | 0,49 |
| ∑LREE | 308,85 | 450,95 | 140,37 |
| ∑HREE | 45 | 17,02 | 21,21 |
| ∑REE | 353,85 | 467,97 | 161,58 |
| LREE/HREE | 6,86333333 | 26,4952996 | 6,61810467 |

V.1.2. Metabasites

V.1.2.1. Eléments majeurs

Les amphibolites à pyroxènes ont des teneurs en SiO₂ variant entre 40,5% et 48,9%, des teneurs élevées en Fe₂O₃ (12,5% à 16,95%) et en CaO (10,55% à 14,75%), des teneurs moyennes en alumine (6,95% - 13,8%), en MgO (7,52% - 10,5%). Les teneurs en alcalins (Na₂O compris entre 1,1% - 2,62% et K₂O compris entre 0,37% - 0,98%), en TiO₂ (0,63% - 5,33%) sont faibles.

Dans les pyroxéno-amphibolites à grenat de la zone d'intérêt, l'on note une forte concentration en SiO_2 (47,6% à 48,2%), en Fe_2O_3 (14,25% à 15,05%), en alumine (13,9% à 14,65%) et en CaO (11% à 11,9%). Le MgO a une teneur moyenne (7,51% à 8,36%). Les alcalins ont de faible teneur (Na_2O compris entre 1,82% - 2,47% et le K_2O compris entre 0,15% - 0,83%) ainsi que le TiO_2 (0,97% à 1,4%), MnO (0,2%) et P_2O_5 (0,1%).

Tableau 6: Composition chimique des éléments majeurs (%) des metabasites.

LOI : Loss On Ignition ou perte au feu

| NOM | Amphibolite à pyroxène | | | Pyroxéno-amphibolite à grenat | |
|------------------------------------|------------------------|-------|--------|-------------------------------|--------|
| | NR01 | NR22 | NR27 | NR29 | NR25 |
| SiO₂ | 48,9 | 40,5 | 43,1 | 47,6 | 48,2 |
| Al₂O₃ | 13,8 | 8,21 | 6,95 | 14,65 | 13,9 |
| Fe₂O₃ | 12,5 | 16,7 | 16,95 | 14,25 | 15,05 |
| CaO | 10,55 | 14,75 | 14,15 | 11 | 11,9 |
| MgO | 7,52 | 8,82 | 10,5 | 8,36 | 7,51 |
| Na₂O | 2,62 | 1,9 | 1,1 | 2,47 | 1,82 |
| K₂O | 0,98 | 0,37 | 0,63 | 0,83 | 0,15 |
| Cr₂O₃ | 0,016 | 0,06 | 0,11 | 0,056 | 0,029 |
| TiO₂ | 0,63 | 5,33 | 4,83 | 0,97 | 1,4 |
| MnO | 0,21 | 0,25 | 0,25 | 0,2 | 0,21 |
| P₂O₅ | 0,08 | 1,16 | 0,24 | 0,1 | 0,14 |
| SrO | 0,01 | 0,09 | 0,05 | 0,01 | 0,02 |
| BaO | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,01 |
| LOI | 0,99 | 0,67 | 1,1 | 0,88 | 0,51 |
| Total | 98,82 | 98,82 | 100,01 | 101,39 | 100,85 |

V.1.2.2. Éléments en traces

Les amphibolites à pyroxène montrent de fortes variations en éléments traces. Elles ont de fortes teneurs en élément lithophiles (Ba : 102,5 – 415 ppm, Zr : 52 – 531 ppm, Sr : 190 – 783 ppm). Cependant les concentrations en rubidium sont faibles (Rb) : 2,9 – 5,3 ppm). En ce qui concerne les éléments de transition, les teneurs sont variables pour le vanadium (V) : 257 – 447 ppm, le nickel (Ni) : 71 – 321 ppm et faibles pour le cobalt (Co) : 62 – 81 ppm, l'uranium (U) : 0,05 – 1,96 ppm et le Sn : 0,6 – 2,9 ppm.

Les pyroxéno-amphibolites à grenat ont des teneurs moyennes en Sr (113 à 188 ppm), V (310 ppm), Cu (137 ppm), Cr (209 à 414 ppm), Tn (105 à 111 ppm) et faibles en Ba (49,9 à 80,2 ppm), Rb (1,1 à 7,3 ppm), Sn (0,9 – 3,3 ppm), Zr (44 – 80 ppm), Co (57 – 60 ppm). Le Ni varie de 93 à 167 ppm.

Tableau 7: Composition en éléments trace (ppm) des métabasites.

| NOM | Amphibolite à pyroxène | | | Pyroxéno-amphibolite à grenat | |
|-----|------------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|
| | NR01 | NR22 | NR27 | NR29 | NR25 |
| Ba | 136,5 | 102,5 | 415 | 80,2 | 49,9 |
| Cr | 120 | 447 | 779 | 414 | 209 |
| Cs | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,06 |
| Ga | 12,6 | 17,8 | 19,3 | 17,6 | 18,2 |
| Hf | 1,35 | 11,25 | 12,55 | 1,51 | 2,07 |
| Nb | 5,54 | 96,4 | 109,5 | 21,9 | 5,74 |
| Rb | 5,3 | 2,9 | 4,4 | 7,3 | 1,1 |
| Sc | 47,4 | 37,7 | 44,1 | 51,2 | 46 |
| Sm | 2,78 | 21,8 | 15,95 | 3,59 | 3,95 |
| Sn | 0,6 | 2,9 | 2,9 | 3,3 | 0,9 |
| Sr | 190 | 783 | 439 | 113 | 188 |
| Ta | 0,5 | 5,1 | 4,6 | 1,8 | 5,6 |
| Th | 0,29 | 6,51 | 8,21 | 1,87 | <0.05 |
| Ti | 0,41 | 3,24 | 2,93 | 0,6 | 0,82 |
| U | 0,05 | 1,62 | 1,96 | 0,8 | <0.05 |
| V | 257 | 447 | 397 | 310 | 310 |
| W | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Zr | 52 | 435 | 531 | 44 | 80 |
| Ag | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| As | <5 | <5 | 6 | <5 | <5 |
| Cd | <0.5 | <0.5 | <0.5 | 0,5 | <0.5 |
| Co | 62 | 81 | 69 | 57 | 60 |
| Cu | 108 | 165 | 271 | 41 | 137 |
| Li | 10 | 10 | 10 | <10 | 10 |
| Mo | <1 | 1 | 1 | <1 | 1 |
| Ni | 71 | 321 | 226 | 167 | 93 |
| Pb | 14 | 17 | 12 | 4 | <2 |
| Tl | <10 | 10 | 10 | <10 | <10 |
| Tn | 96 | 165 | 174 | 105 | 111 |

V.1.2.3. Terres rares

Les données des terres rares des métabasites ont été normalisées par rapport aux chondrites de [Sun et Mc Donough, \(1989\)](#).

Les spectres des terres rares normalisés par rapport à la chondrite sont présentés à la figure 32 A. Les spectres des amphibolites à pyroxène présentent un fort enrichissement en

terres rares légères et un appauvrissement en terres rares lourdes, contrairement à ceux des pyroxéno-amphibolites à grenat qui ne révèlent aucun fractionnement, mais avec une faible anomalie négative en europium pour un échantillon.

Les spectres multiéléments des différents metabasites de la figure 32 B, normalisés par rapport au manteau primitif de Sun et Mc Donough, (1989), montrent une certaine homogénéité. Dans l'ensemble, ces spectres présentent une anomalie positive en Tl, et des anomalies négatives très prononcé en hafnium (Hf) et titane (Ti). De manière particulière, les pyroxéno-amphibolites à grenat montrent une anomalie positive en tantale (Ta) et une anomalie négative en Th outre celles du Hf et du Ti.

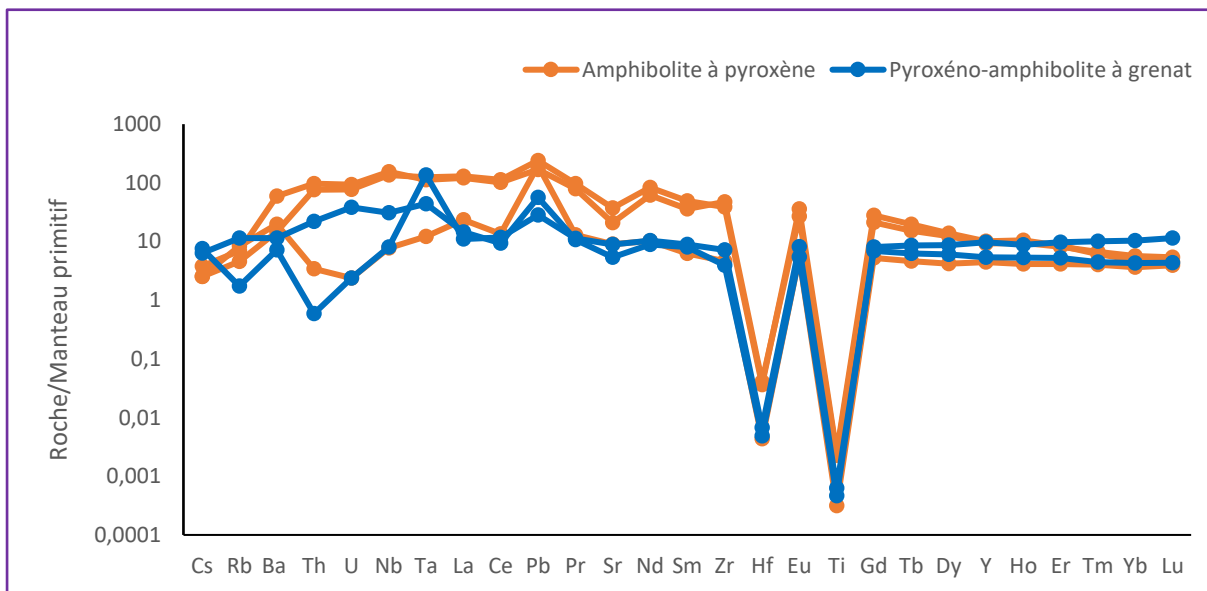
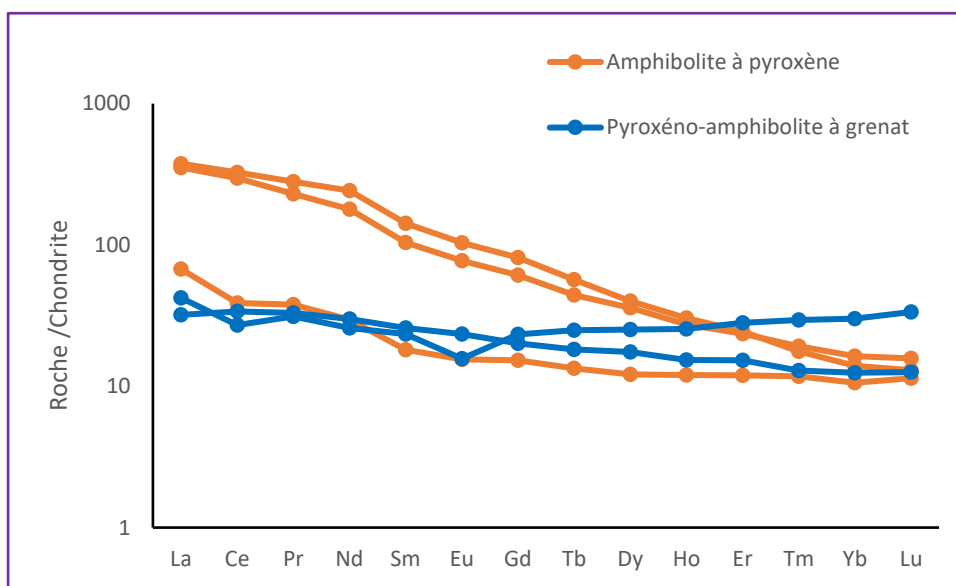


Figure 32 : Spectres des différents metabasites normalisé d'après Sun et Mc Donough, (1989) : A) Spectre des terres rares normalisé par rapport à la chondrite ; B) Spectre multiélément normalisé par rapport au manteau primitif.

Tableau 8: Composition en terres rares (ppm) des métabasites.

| | Amphibolite à pyroxène | | | Pyroxéno-amphibolite à grenat | |
|------------------|------------------------|------------|-----------|-------------------------------|------------|
| NOM | NR01 | NR22 | NR27 | NR29 | NR25 |
| La | 16 | 89,1 | 83,7 | 10 | 7,6 |
| Ce | 23,8 | 200 | 181,5 | 16,6 | 20,7 |
| Pr | 3,6 | 26,6 | 21,8 | 2,96 | 3,13 |
| Nd | 13,8 | 113 | 83,6 | 12,1 | 14 |
| Sm | 2,78 | 21,8 | 15,95 | 3,59 | 3,95 |
| Eu | 0,9 | 5,99 | 4,49 | 0,91 | 1,36 |
| Gd | 3,14 | 16,7 | 12,55 | 4,78 | 4,14 |
| Tb | 0,5 | 2,13 | 1,65 | 0,93 | 0,68 |
| Dy | 3,08 | 10,15 | 9,12 | 6,38 | 4,44 |
| Ho | 0,68 | 1,72 | 1,55 | 1,44 | 0,87 |
| Er | 1,98 | 4,04 | 3,89 | 4,64 | 2,53 |
| Tm | 0,3 | 0,45 | 0,49 | 0,75 | 0,33 |
| Yb | 1,8 | 2,37 | 2,78 | 5,12 | 2,12 |
| Lu | 0,29 | 0,33 | 0,4 | 0,85 | 0,32 |
| Σ LREE | 59,98 | 450,5 | 386,55 | 45,25 | 49,38 |
| Σ HREE | 12,67 | 43,88 | 36,92 | 25,8 | 16,79 |
| Σ REE | 72,65 | 494,38 | 423,47 | 71,05 | 66,17 |
| LREE/HREE | 4,73401736 | 10,2666363 | 10,469935 | 1,75387597 | 2,94103633 |

V.2. NATURE DU PROTOLITE

V.2.1. Métasédiments

La projection des données des analyses géochimiques dans le diagramme K_2O - MgO - Na_2O de De La Roche (1965) (Fig.33 A) montre que les gneiss de Keulott-Liyinn appartiennent au domaine des arkoses et grauwackes (gneiss à biotite, gneiss à biotite et grenat et micaschiste à grenat) et que les metabasites quant à eux appartiennent au domaine des basaltes et gabbro (amphibolite à pyroxène et pyroxéno-amphibolite à grenat). Dans le diagramme $Fe_2O_3+TiO_2+CaO$ vs Al_2O_3 de De La Roche (1965) (Fig. 33 B), les micaschistes à grenat, les gneiss à biotite et grenat et les gneiss à biotite occupent le domaine des arkoses. Les amphibolites n'étant pas compatibles pour ce diagramme.

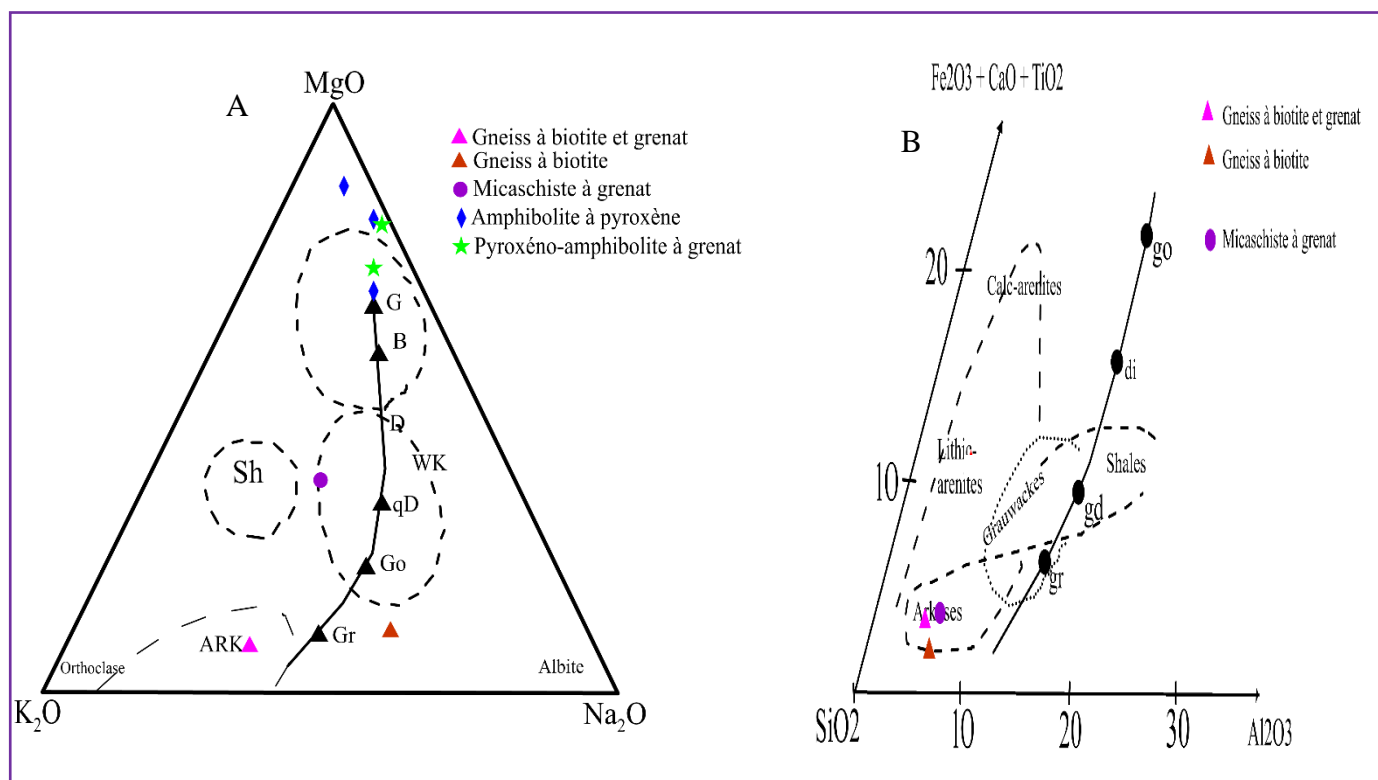


Figure 29: Diagramme de De la Roche montrant la nature des protolithes : A) diagramme K_2O - MgO - Na_2O : (Gr) granite, (Go) granodiorite, (qD) quartz diorite, (D) diorite, (B) basalte, (G) gabbro, (Sh) argile, (ARK) arkose, (WK) grauwackes ; B) diagramme $Fe_2O_3+TiO_2+CaO$ vs Al_2O_3 : (go) gabbro, (Sh) argile, (ARK) arkose, (WK) grauwackes ; B) diagramme $Fe_2O_3+TiO_2+CaO$ vs Al_2O_3 : (go) gabbro, (di) diorite, (gd) granodiorite, (gr) granite.

Cependant, une nette distinction est fournie par le diagramme $\text{Log}(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ vs $\text{Log}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ de classification des roches sédimentaires de Herron (1988) de la figure 34. Dans ce diagramme, les gneiss à biotite et les micaschistes à grenat correspondent aux grauwackes. Quant aux gneiss à biotite et grenat, ils occupent le champ des litharenites.

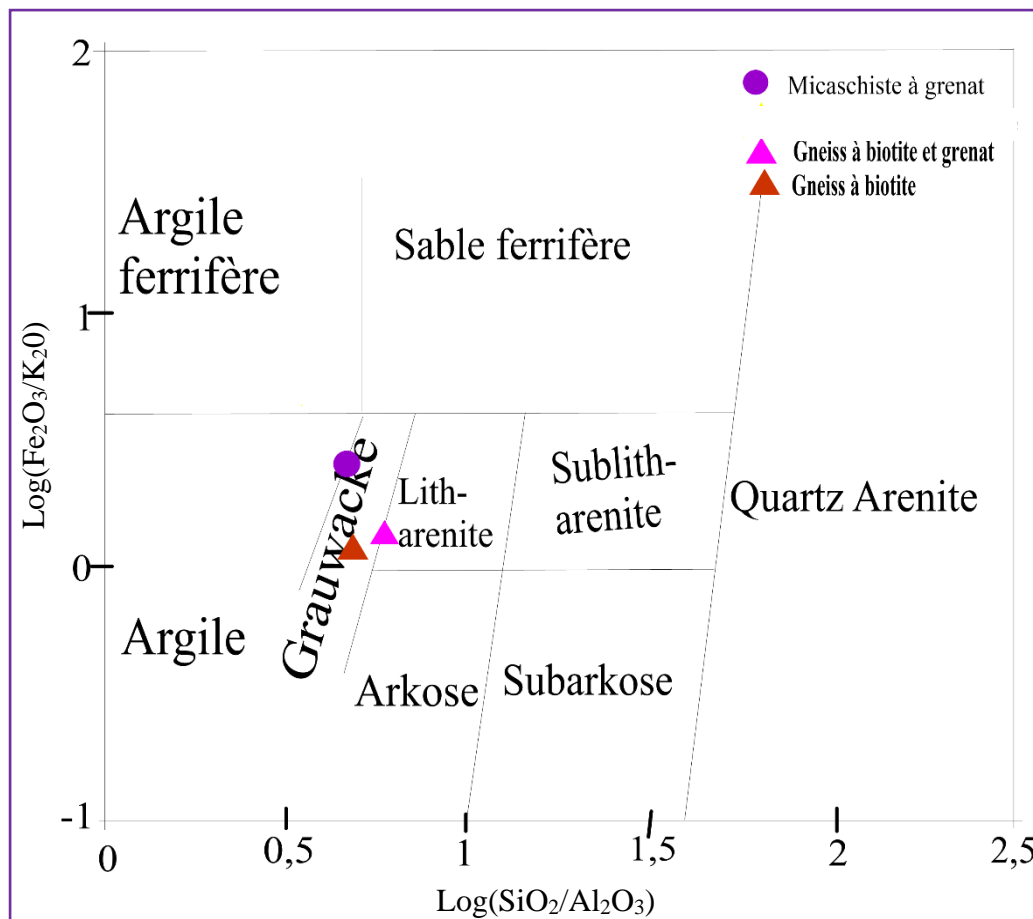


Figure 30: Diagramme $\text{Log}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ vs $\text{Log}(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ de Herron (1988).

V.2.2. Métabasites

Le diagramme MgO-CaO-FeO de la figure 35A révèle que les métabasites (amphibolite à pyroxène et pyroxéno-amphibolite à grenat) chevauchent le champ des orthoamphibolites et celui des para-amphibolites traduisant ainsi leurs natures hétérogènes.

Le diagramme $\text{La}/10\text{-Y}/15\text{-Nb}/8$ de Cabanis et Lécalle (1989) de la figure 35B indique que les métabasites de Keulott-Liyinn dérivent des roches magmatiques basiques. Les pyroxéno-amphibolites à grenat correspondent à des basaltes continentaux et des basaltes de type E-MORB et les amphibolites à pyroxène, quant à elles proviennent à la fois des basaltes calco-alcalins, des basaltes continentaux et des basaltes alcalins de rift intra-continental.

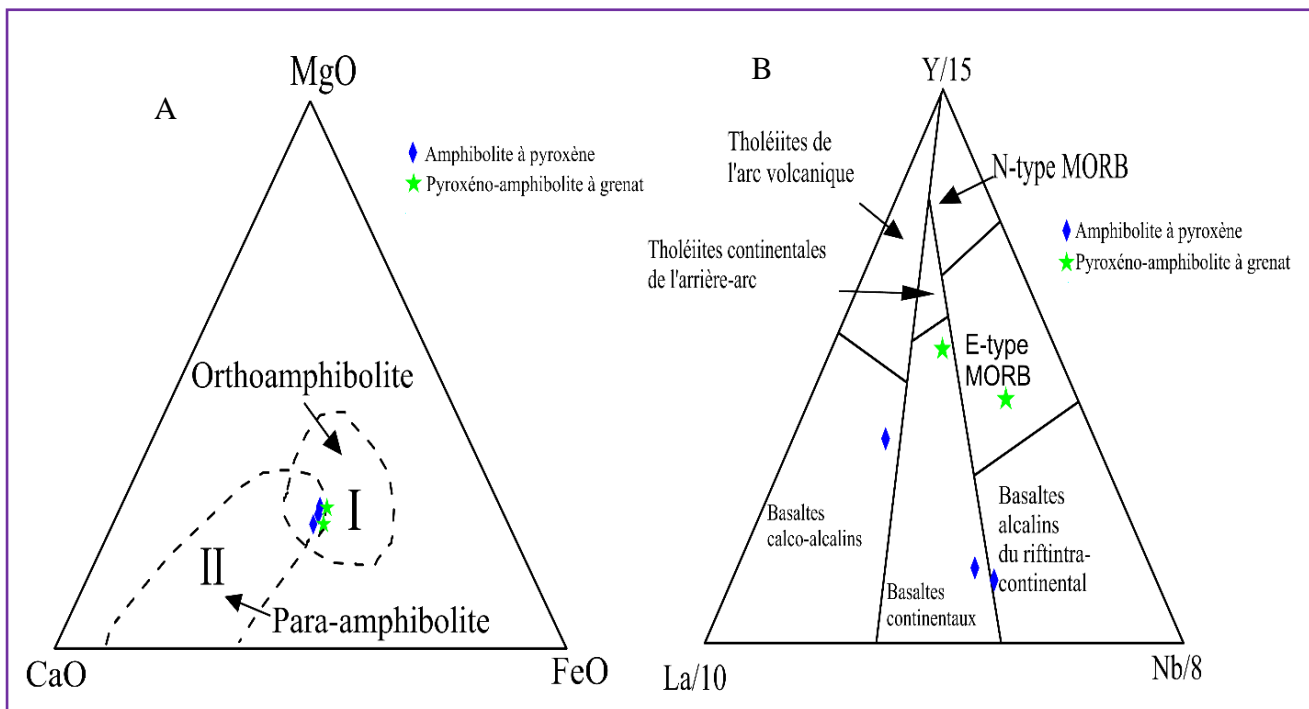


Figure 31: A) Diagramme CaO-MgO-FeO (Deng et al., 2020) ; B) Diagramme La/10-Y/15-Nb/8 (Cabanis et Lécalle 1989).

Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8 de Cabanis et Lécalle (1989) de la figure 35B indique que les metabasites de Keulott-Liyinn dérivent des roches magmatiques basiques. Les pyroxéno-amphibolites à grenat correspondent à des basaltes continentaux et des basaltes de type E-MORB et les amphibolites à pyroxène, quant à elles proviennent à la fois des basaltes calco-alcalins, des basaltes continentaux et des basaltes alcalins du rift intra-continental.

CHAPITRE VI : ESSAI D'INTERPRETATION ET DISCUSSION

Ce chapitre porte sur l'interprétation des résultats obtenus au niveau des études pétrographiques, structurales et géochimiques.

VI.1. EVOLUTION TECTONO – METAMORPHIQUE

VI.1.1. Evolution métamorphique

Le secteur de Keulott-Liyinn appartient au Groupe de Bafia situé dans le domaine Adamaoua-Yadé de la CPAC. Les études pétrographiques permettent de mettre en exergue un seul ensemble lithologique qui est essentiellement métamorphique. Dans cet ensemble, on distingue deux formations qui sont les formations para-dérivées et les formations ortho-dérivées.

L'ensemble para-dérivé est constitué des métasédiments (quartzites, micaschistes à grenat, gneiss à biotite, gneiss à biotite et amphibole et les gneiss à biotite et grenat). Les micaschistes à grenat sont caractérisés par une texture granolépido-blastique hétérogranulaire oeilé tandis que les gneiss quant à eux sont caractérisés par des textures granoblastiques à granolépido-nématoblastique à tendance hétérogranulaire. Les assemblages minéralogiques sont à $Bt+Kfs+Grt+Ms+Pl+Qtz\pm Op\pm Spn$ pour les micaschistes à grenat, $Kfs+Qtz+Bt+Pl$ pour les gneiss à biotite, $Bt+Pl+Kfs+Qtz_1+Amp\pm Ap\pm Zrn\pm Spn$ pour les gneiss à biotite et amphibole et $Qtz+Bt+Kfs+Grt+Pl\pm Spn\pm Zrn$ pour les gneiss à biotite et grenat. La présence des minéraux tels que Bt, Ms et Chl dans la roche témoigne de leur origine para-dérivée.

L'ensemble ortho-dérivé quant à lui comprend les metabasites (amphibolites à pyroxène, les pyroxéno-amphibolites à grenat et les pyroxénites). Ces roches sont caractérisées par des textures granoblastiques à granonématoblastiques. Les assemblages minéralogiques sont : $Amp+Px+Kfs+Pl+Qtz\pm Ser\pm Op$ pour les amphibolites à pyroxène, $Px+Amp_1+Grt+Pl_1+Kfs+Qtz\pm Op\pm Ser\pm Ap$ pour les pyroxéno-amphibolites à grenat et $Px+Pl+Qtz+Kfs\pm Zrn$ pour les pyroxénites.

Toutes ces associations minérales sont caractéristiques d'un métamorphisme prograde jusqu'au faciès des granulites comme en témoigne la présence des minéraux anhydres dans les roches tels que le pyroxène et le grenat. Cette évolution prograde et retrograde met en exergue le caractère polyfacial du métamorphisme ayant sévi dans le secteur de Keulott-Liyinn. Les différentes associations minérales indiquent que ces formations ont ensuite suivi une évolution retrograde comme l'atteste la texture coronitique (couronne d'amphibole de deuxième génération autour du pyroxène) dans les metabasites, et ce jusqu'aux faciès des schistes verts traduisant une chute de pression et de température. Cette texture coronitique, associée à la

transformation des biotites en chlorite, révèlent que cette décompression a évolué depuis le faciès des granulites jusqu'à celui des schistes verts en passant par le faciès des amphibolites. Cette évolution est en accord avec celle décrites dans les formations Néoprotérozoïques de Bapé par Tchakounté (2020).

VI.1.2. Evolution morphostructurale et tectonique

L'analyse de la carte topographique et les observations de terrain révèlent que l'évolution morphologique du secteur d'étude est globalement composée d'une pénéplaine, surmontée à l'ouest par un massif montagneux d'orientation NNE – SSW. L'analyse morphostructurale de la carte hydrographique a révélée deux directions principales d'écoulement subperpendiculaire des eaux : W – E et N – S. leur exploitation montre que le réseau hydrographique est dendritique à guidage structural.

L'étude de la déformation enregistrée par les formations géologiques du secteur d'étude permet de proposer une chronologie à quatre phases de déformations étagées de D₁ à D₄ dont trois phases de déformations ductiles D₁, D₂ et D₃ reprises par une dernière phase D₄ essentiellement cassante.

- ❖ la phase D₁ est caractérisée par la foliation S₀/S₁, qui est ubiquiste. Elle ne s'observe qu'à l'état de relique sur le terrain et est soulignée par le rubanement lithologique S₀/S₁, issu de la transposition d'une surface S₀ d'origine sédimentaire et presque entièrement reprise par l'épisode D₂.
- ❖ la D₂ est caractérisée par une foliation S₂, des plis intrafoliaux P₂, des boudins intrafoliaux B₂. La déformation D₂ affectant les roches de Keulott est un aplatissement général horizontal induit par une compression ESE – WNW comme l'atteste l'orientation des contraintes et la répartition des pôles de foliations (Fig.26 B). Cette compression met en évidence un plissement P₃ à l'échelle cartographique qui est à l'origine de la configuration allongée NNE à NE – SSW à SW des massifs du secteur de Bafia. L'équation de l'ellipsoïde de déformation D₂ est : $\sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_1$ donc X>Y>Z caractéristique d'une déformation polyaxial.
- ❖ la D₃ est associée aux plans de cisaillement C₃ ayant joué en mouvement senestre et par les plis P₃ à plans axiaux horizontaux et parallèles à la foliation S₂.
- ❖ la phase de déformation D₄ est essentiellement cassante. Elle est matérialisée par les filons de nature quartzo-feldspathique et les diaclases, significatives d'un temps de relâchement des contraintes.

Ces résultats montrent que la phase de déformation D₂ a imprimé au secteur de Bafia sa structurale actuelle et sont compatibles avec ceux de [Mvondo Ondoua \(2009\)](#), [Ngamy \(2016\)](#) et [Tchakounté \(2020\)](#).

Les données pétrographiques combinées à celles de l'analyse structurale ont permis d'esquisser la carte géologique de la localité de Keulott-Liyinn et ses environs (Fig.36).

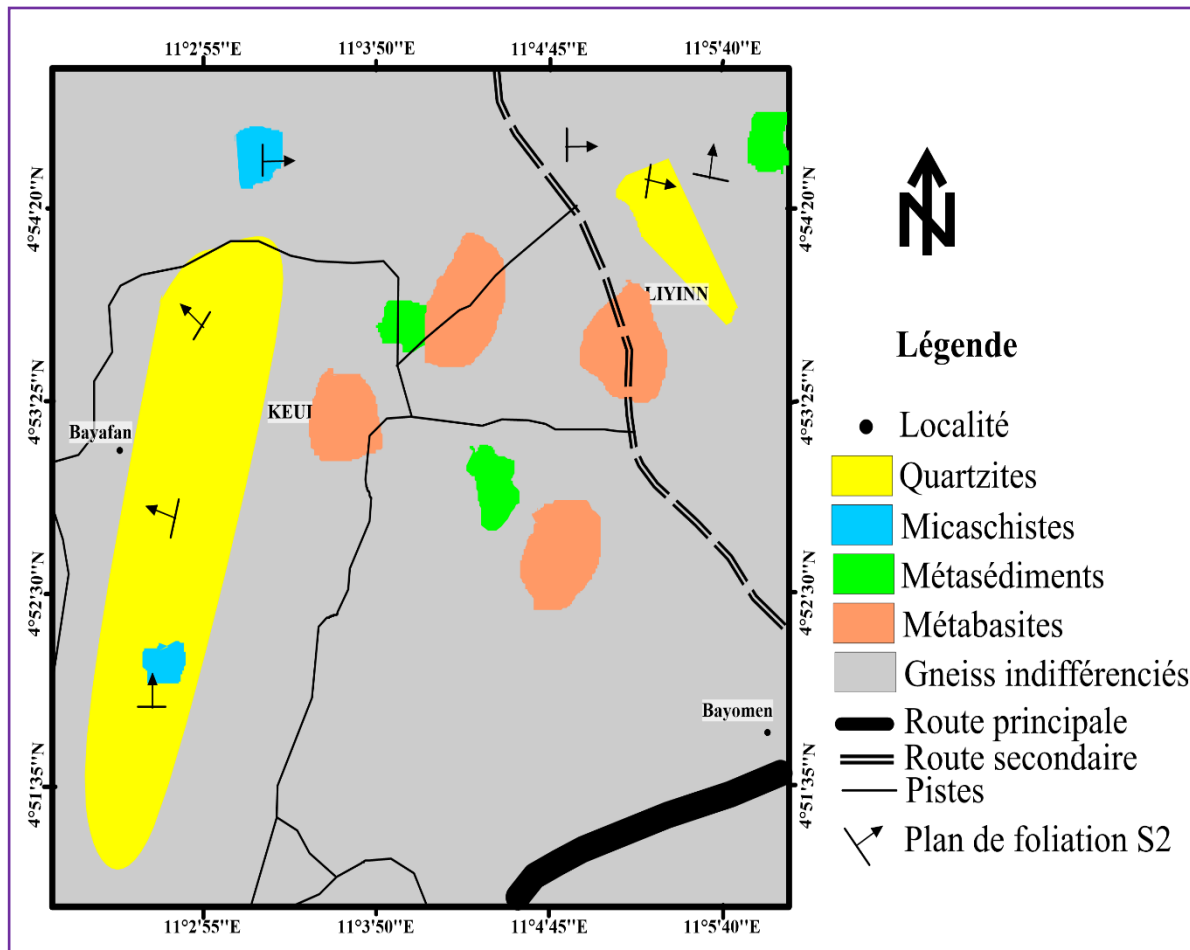


Figure 32: Esquisse de la carte géologique du secteur Keulott – Liyinn et ses environs (pas à l'échelle).

VI.2. SOURCE ET CONTEXTE GEOTECTONIQUE

VI.2.1. Métasédiments

Le diagramme K₂O-MgO-Na₂O de [De La Roche \(1965\)](#) montre que les métasédiments de la zone d'intérêt sont des arkoses et grauweekes (Fig.33 A). Par contre, le diagramme Fe₂O₃+TiO₂+CaO-SiO₂-Al₂O₃ de [De La Roche \(1965\)](#) montre que les métasédiments appartiennent plutôt aux arkoses (Fig.33 B). Le report des données dans le diagramme log (SiO₂/Al₂O₃) vs log (Fe₂O₃) indique que ces formations para-dérivées sont des grauweekes ainsi que des lith-arenites (Fig.34). Cette disposition leur confère un protolithe sédimentaire. Ces

roches proviendraient d'une source de gneiss granitique et d'une source metabasique (Fig. 37 A). Ce résultat est confirmé par le diagramme Df1-Df2 de [Roser et Korsch \(1988\)](#) discriminant les roches mères des sédiments qui montre que les sédiments à l'origine de ces métasédiments proviennent des roches magmatiques intermédiaires et des roches magmatiques mafiques (Fig.37 B) contrairement aux résultats obtenus par [Tchakounté \(2020\)](#) sur l'encaissant des granitoïdes de Bapé qui indiquent une source uniquement à partir des roches magmatiques felsiques.

Les résultats d'analyses géochimiques ont montré des appauvrissements en terre rares lourdes et des enrichissements en terres rares légères dans les roches. Ceci serait lié aux conditions physico-chimiques auxquelles est soumis le secteur. Le rapport $\sum\text{LREE}/\sum\text{HREE}$ permet de faire mieux ressortir le caractère dominant d'un sous-groupe par rapport à l'autre. Ainsi ces valeurs globalement supérieures à 1ppm montrent que les terres rares légères (LREE) sont plus fractionnées que les terres rares lourdes. Le report des analyses dans le diagramme La-Th de [McLennan et al. \(1993\)](#) utilisé pour distinguer les sédiments post-archéens des sédiments archéens montrent que les métasédiments de Keulott-Liyinn et ses environs se seraient déposés dans un environnement post-archéen (Fig. 37 C). Dans le diagramme de discrimination des paramètres tectoniques $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ vs $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ de [Roser et Korsch \(1986\)](#), les roches de la zone d'intérêt occupent le champ des sédiments de marge continentale active, des arcs évolués et de marge passive (Fig.37 D). Ceci suggère que leurs protolithes se seraient déposés dans un contexte de marge continentale active préalablement passive avec une composition d'un mélange de détritits felsique-plutonique. Ces résultats s'accordent avec les travaux de [Tchakounté et al., 2007](#), indiquant que les protolithes de ces formations se seraient formés dans un contexte de marge continental passive et active. Ces résultats sont compatibles avec les travaux de [Kundu et al., 2022](#) qui suggèrent que la sédimentation dans la marge Sud du domaine Adamawa-Yadé s'est opéré en contexte de marge passive durant l'ouverture du bassin de Yaoundé au début du néoproterozoïque et s'est poursuivi au cours de la subduction du craton du Congo sous le bassin de Yaoundé ([Tchakounté et al., 2021](#) ; [Stendal et al., 2006](#)).

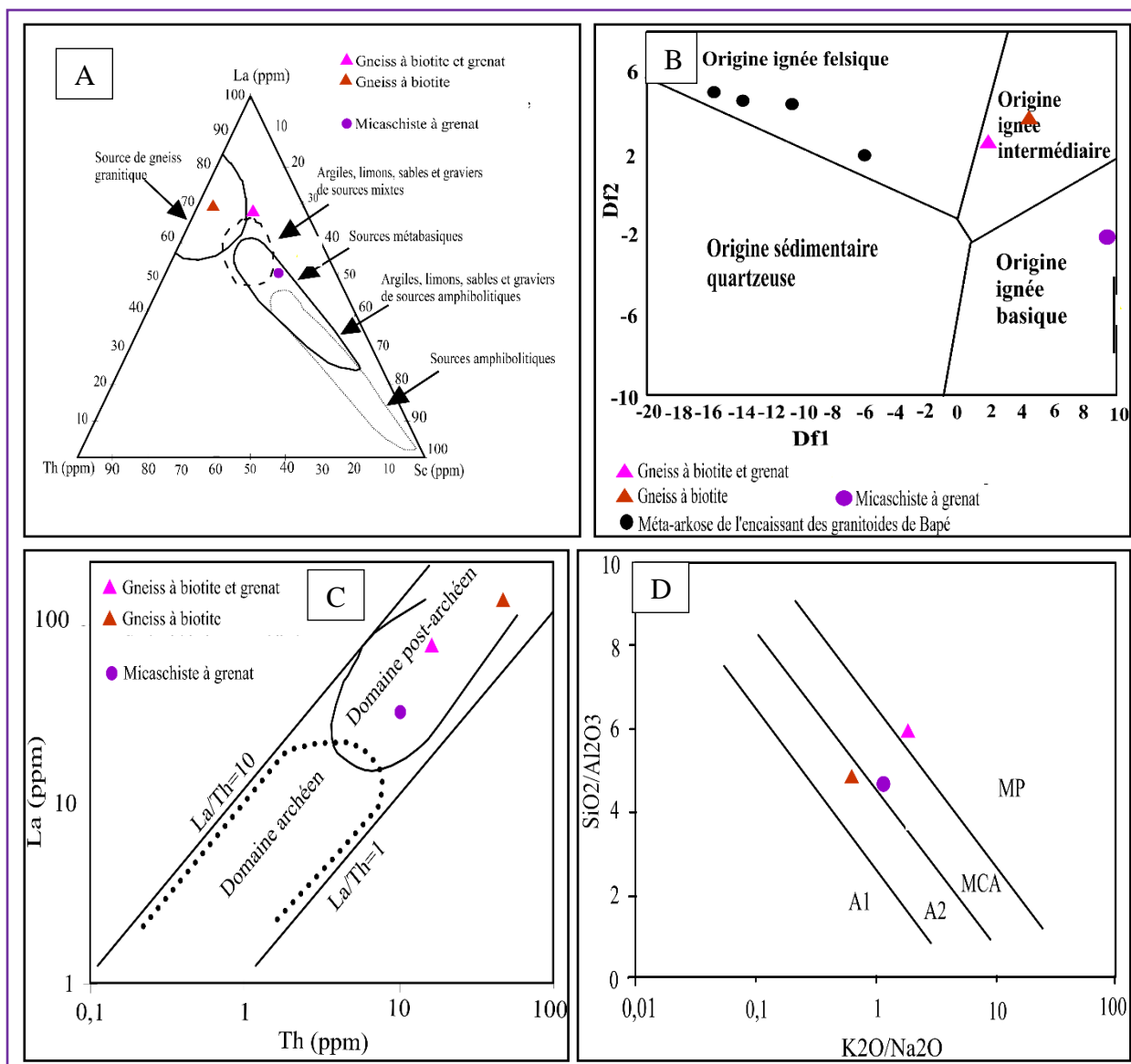


Figure 33: Source et contexte géotectonique des métasédiments ; A) Diagrammes ternaire La-Th-Sc de Cullers (1994) ; B) Diagramme binaire K₂O/Na₂O-SiO₂/Al₂O₃ de Roser et Korsch (1986) : MCA (marge continentale active), MP (marge passive), A1 (contexte d'arc, détritits basaltique-andésitique) et A2 (contexte d'arc évolué, détritits felsique-plutonique) ; C) Diagramme binaire La-Th de McLennan et al. (1993) ; D) Diagramme Df1-Df2 de Roser et Korsch (1988) montrant la source des métasédiments.

VI.2.2. Métabasites

Concernant les métabasites, l'exploitation des données géochimiques montre qu'elles sont de nature orthodérivée. Cette nature est corroborée par leur position le long de la dorsale matérialisant les séries magmatiques dans le diagramme de De la roche (1965). Par ailleurs, les résultats révèlent que ces ortho-amphibolites dérivent de la transformation métamorphique des basaltes calco-alcalins, des basaltes continentaux, des basaltes alcalins de type rift intracontinental et des basaltes de type E-MORB.

Ces caractéristiques sont confortées par la position des metabasites dans le champ des E-MORB et OIB du diagramme Th/Yb en fonction de Nb/Yb de [Pearce \(2008\)](#) contraignant le contexte tectonique de mise en place des roches mafiques (Fig. 38 A). L'utilisation du diagramme Th/Ta en fonction de Yb de [Shandl et Gorton \(2002\)](#) (Fig. 38 B) permet de préciser le contexte tectonique des metabasites de Keulott-Liyinn et ses environs dans le champ des basaltes des rides médio-océaniques (MORB). Les caractéristiques globales de ces metabasites sont compatibles avec les compositions typiques des metabasites décrites dans le complexe du Nyong par [Owona et al. \(2022\)](#). Cette dissemblance de source pourrait suggérer un environnement de bassin arrière arc, compatible avec une mise en place en contexte de subduction ([Tchouankoué et al., 2020](#)).

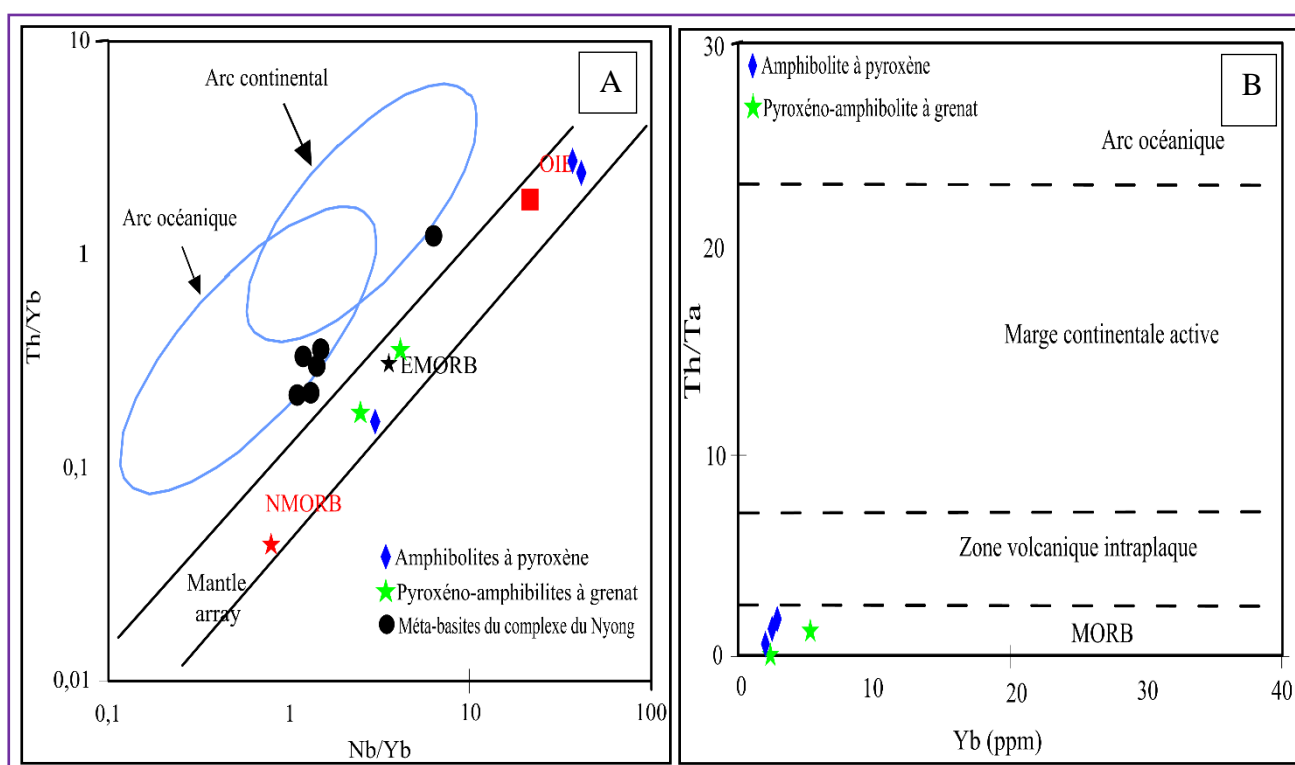


Figure 34: Diagramme de discrimination tectonique. A) Diagramme Th/Yb en fonction de Nb/Yb de Pearce (2008) ; B) Diagramme Th/Ta en fonction de Yb de Schandl et Gorton (2002).

Le spectre comparatif des terres rares (Fig.39) entre les metabasites du secteur d'étude et ceux du complexe du Nyong ([Owona et al., 2022](#)) met en exergue les relations génétiques entre les deux groupes, avec une évolution globalement parallèle. En effet, ces spectres sont

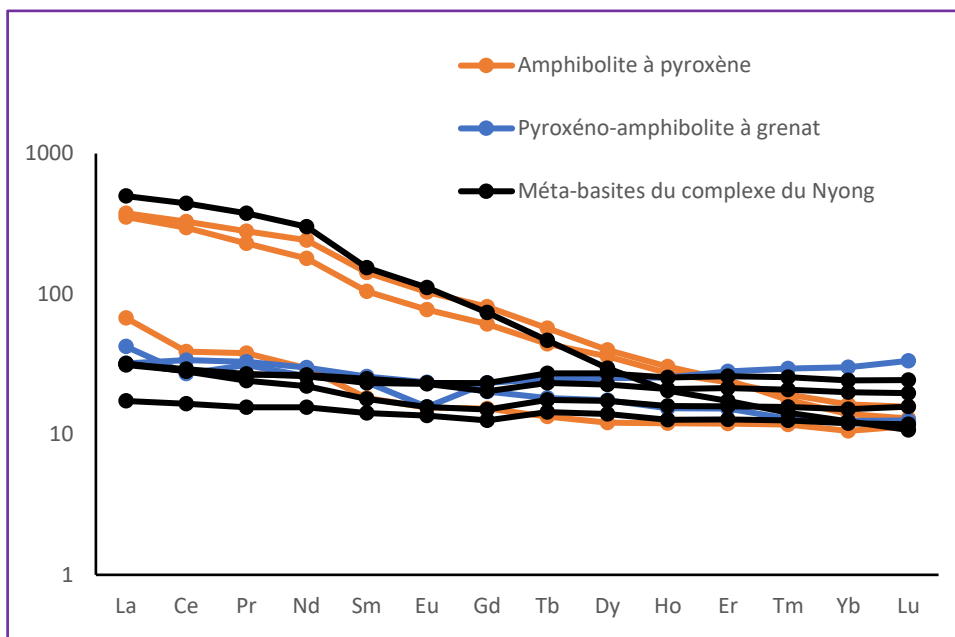


Figure 35 : Diagramme comparatif des terres rares entre les metabasites du secteur d'étude et ceux du complexe du Nyong (Owona et al., 2022).

plats et pratiquement parallèles à l'exception de deux échantillons d'amphibolites à pyroxène (tout comme un échantillon de l'auteur suscité) qui présentent un fort enrichissement en terres rares légères et un appauvrissement en terres rares lourdes. Cette évolution suggère que ces deux groupes de roches seraient issus d'une même source.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

❖ CONCLUSION GENERALE

La localité de Keulott-Liyinn et ses environs appartient au groupe de Bafia dans le domaine Adamaoua-Yadé. La morphologie du secteur y révèle trois unités morphologiques.

Sur le plan pétrographique, le secteur de Keulott-Liyinn et ses environs est constitué de quartzites (quartzites à deux micas, quartzites compacts et quartzites à muscovites), des metabasites (amphibolites à pyroxène, pyroxéno-amphibolites à grenat et pyroxénites) et des métasédiments (gneiss à biotite, gneiss à biotite et amphibole, gneiss à biotite et grenat et micaschiste à grenat). Dans les amphibolites, les textures sont grano-némato à nématoblastiques à tendance coronitique. Par contre dans les gneiss, les textures sont grano-lérido à granoblastiques. Dans l'hypothèse d'une évolution similaire des matériels gneissiques et amphibolitiques qui sont interstructurés sur le terrain, les associations minérales, avec la présence du pyroxène dans les amphibolites et leur prédominance dans certains types pétrographiques (pyroxénites) indiquent que les formations du secteur ont subi une même évolution métamorphique. Ces formations ont donc subi une évolution métamorphique prograde jusqu'aux faciès des granulites puis retromorphique jusqu'aux faciès des schistes verts en passant par le faciès amphibolites.

Sur le plan structural, les roches du secteur d'étude portent les empreintes de quatre phases de déformation allant de D_1 à D_4 :

- La phase de déformation D_1 est rélictuelle et est essentiellement marquée par le développement de la foliation S_0/S_1 qui transpose la surface primitive S_0 dans les métasédiments.
- La phase D_2 est caractérisée par la foliation S_2 , les plis intrafoliaux P_2 et les boudins B_2 complet à incomplet. Cette phase est la plus puissante et a imprimé au secteur de Bafia sa configuration structurale actuelle.
- D_3 est la phase de déformation essentiellement cisailant et marquée par les plans de cisaillement C_3 à polarité senestre et les plis P_3 mésoscopiques et cartographique induit par une compression ESE-WNW. La phase D_3 est une déformation polyaxiale, correspondant à un aplatissement général horizontal.
- D_4 est essentiellement cassante et est marquée par le filon de nature quartzo-feldspathique et les diaclases. La présence de plusieurs phases de déformation met en exergue le caractère polyphasé de la déformation dans la localité de Keulott-Liyinn et ses environs.

Sur le plan géochimique, les gneiss de la zone d'étude sont des métasédiments provenant des roches magmatiques intermédiaires et des roches magmatiques mafiques tandis que les

amphibolites sont des metabasites. Les metasédiments ont des caractéristiques chimiques des sédiments post-archéens et déposer dans un contexte de marge continentale active préalablement passive avec une composition d'un mélange de détritiques felsique-plutonique. Les metabasites sont de nature orthodérivées et correspondent à des basaltes de type E-MORB et OIB.

❖ PERSPECTIVES

Malgré cette contribution à travers les présents résultats obtenus sur le secteur d'étude, la compréhension de l'évolution géodynamique du secteur de Bafia nécessite des travaux complémentaires, notamment :

- (1) Une cartographie détaillée et étendue des différentes entités géologiques ;
- (2) Une analyse pétrographique et chimico-minéralogique pour déterminer les conditions P et T des formations et l'évolution métamorphique du secteur ;
- (3) Des études géochimique, isotopique (Sm/Nd) et géochronologique afin de déterminer la nature, la source et l'âge des différentes formations.

REFERENCES

- Almeida F.F., Hasuai Y., Brito de Nueves B.B., Fuck R.A., 1981.** Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Science Reviews*, 17, 1–29.
- Bouyo Houketchang M., Penaye J., Mouri H., Toteu S.F., 2019.** Eclogite facies metabasites from the Paleoproterozoic Nyong Group, SW Cameroon: mineralogical evidence and implications for a high- pressure metamorphism related to a subduction zone at the NW margin of the Archean Congo craton. *Journal of African Earth Sciences* 149, 215–234.
- Bruto de Neves B.B., Van Schumus W.R. and Fetter A., 2001.** North-Western AfricaNorth-Eastern Brazil. Major tectonic links and correlation problems. *Journal of African Earth Sciences*, 34, 275-278.
- Castaing,C., Triboulet,C., Feybesse,J., and Chèvremont,P., (1993).** Tectonometamorphic evolution of Ghana, Togo, Benin in the light of the pan-African/Braziliano orogeny. *Tectonophysics* 218, 323-347.
- Cullers, R.L. (1994).** The chemical signature of source rocks in size fraction of Holocene stream sediment derived from metamorphic in the wet mountains region, Colorado, USA. *Chemical Geology* 113, 327-343.
- Davidson et Reginaldo. (1989).** Tectonic evolution for the seripano Fold Belt, NE Brazil, during the Braziliano Orogeny. *Precambrian Research* 45, 319-342.
- De La Roche, H., 1965.** Sur l'existence de plusieurs faciès géochimique des schistes paléozoïques des Pyrénées lychonnaise. *Geologische Rundschau* 55, 274-301.
- Dumont, J. F., 1986.** Identification par télédétection de l'accident de la Sanaga (Cameroun). Sa position dans le contexte des grands accidents d'Afrique Centrale et de la limite nord du craton congolais. *Géodynamique* 1, 13-19.
- Evensen, N. M., Hamilton, P. J., O'Nions, R. K. 1978.** Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 4, 1199-1212.
- Ganno S., Nzenti J. P., Ngotué T., Kankeu B., Kouankap Nono G.D., 2010.** Polyphase deformation and evidence for transpressive tectonics in the Kimbi area, Northwestern Cameroon Pan-African Fold Belt. *Journal of Geology and Mining Research* 4 (2), 001-015.
- Ganwa A.A., 1998.** Contribution à l'étude géologique de la région de Kombé II – Mayabo dans la série panafricaine de Bafia : Géomorphologie structurale, Tectonique, Pétrologie. Thèse Doctorat 3^{ème} Cycle. Unpublished Thesis, University of Yaoundé I, 173 p.

- Herron, M. M. (1988).** Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Research*, 58(5), 820-829.
- Kouankap Nono, G. D., 2011.** Etude du Cisaillement Centre Camerounais dans la région de Banefo-Mvoutsaha au NE Bafoussam, dans le domaine centre de la Chaîne Panafricaine Nord Equatoriale au Cameroun. Pétrogenèse, Géochronologie et Structurologie des formations du socle. Thèse de Doctorat/ Ph.D., Université de Yaoundé I, 118p.
- Kwékam, M., Liégeois, J.P., Njonfang, E., Affaton, P., Hartmann, G., Tchoua, F., 2010.** Nature, origin and significance of the Pan-African high-K calc-alkaline Fomopea plutonic complex in the Central African fold belt (Cameroon). *Journal of African Earth Sciences* 57, 79-95.
- Kankeu, B., Greiling, R.O. and Nzenti J.P. (2009).** Pan-African strike-slip tectonics in eastern Cameroon-Magnetic fabrics (AMS) and structure in the Lom basin and its gneissic basement (Bétaré-Oya area). *Precambrian Research* 17, 258-272.
- Kankeu, B., Nzenti, J. P., Greiling, R. O., Ganno, S., Ngnotué, T., Bassahak, J., Hell, V., 2010.** Application de la technique de l'Anisotropie de la Susceptibilité Magnétique (ASM) à l'identification des structures géologiques : le cisaillement panafricain de Bétaré-Oya dans le district aurifère de l'Est Cameroun. *Annales de la Faculté des Sciences, série sciences de la terre* 38, 17-29.
- Lerouge C., Cocherie A., Toteu S.F., Penaye J., Milési J.P., Tchameni R., Nsifa E. N., Fanning M., Deloule E., 2006.** Shrimp U-Pb zircon age evidence for Paleoproterozoic sedimentation and 2.05 Ga syntectonic plutonism in the Nyong Group, South-western Cameroon: consequences for the Eburnean-Transamazonian belt of NE Brazil and Central Africa. *Journal of African Earth Sciences* 44, 413-427.
- Loose, D., & Scheng, V. (2018).** 2.09 Ga old eclogites in the Eburnian-Transamazonian orogen of southern Cameroon: significance for Paleoproterozoic plate tectonics. *Precambria Research*, 304, 1-11.
- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K., Hanson, G.N., 1993.** Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. In: *Special Papers-Geological Society of America*, 284. 21-40.

- Metang, V. (2015).** Cartographie géologique du secteur de Matomb-Makak (Centre-sud Cameroun) : implications sur l'évolution géodynamique du groupe de Yaoundé. Thèse Doctorat/Ph.D, Université de Yaoundé I, 198p.
- Mvondo, H., Owona, S., Mvondo, O.J., Essono, J. (2007).** Tectonic evolution of the Yaoundé segment of the Neoproterozoic Central African Orogenic Belt in Southern Cameroon. *Canadian Journal of Earth Sciences* 44, 433-444.
- Mvondo, O.J, 2009.** Caractérisation des événements tectoniques dans le domaine sud de la chaîne au Cameroun : styles tectoniques et géochronologie des séries de Yaoundé et de Bafia. Thèse de Doctorat/Ph.D, Université de Yaoundé I, 160p.
- Ndéma Mbongue J. L., Ngnotue T., Ngo Nlend C. D., Nzenti J. P., Cheo Suh E., 2014.** Origin and Evolution of the Formation of the Cameroon Nyong Series in the Western Border of the Congo Craton. *Journal of Geosciences and Geomatics* 2, 62-75.
- Nga Essomba T. P., Ganno S., Tanko Njiosseu E.L., Ndéma Mbongue J.L., Kamguia Woguia B., Soh Tamehe L., Takodjou Wambo J. D., Nzenti J. P., 2020.** Geochemical constraints on the origin and tectonic setting of the serpentinized peridotites from the Paleoproterozoic Nyong series, Eseka area, SW Cameroon. *Acta Geochimica* 39 (3) 404–422.
- Ngako, V. (1986).** Evolution métamorphique et structurale de la bordure Sud-ouest de la “série de Poli” (segment camerounais de la chaîne panafricaine). Mémoires et documents du Centre armoricain d'étude structurale des socles 5,185p.
- Ngako V., Jégouzo P., Djallo S., 1989.** Deformation and metamorphism in the Poli PanAfrican orogenic belt (North Cameroon): geodynamic and paleogeographic implications. *Journal of African Earth Sciences*, 9, 541–555.
- Ngako, V., Jégouzo, P., Nzenti, J.P., 1991.** Le Cisaillement Centre Camerounais. Rôle structural et géodynamique dans l'orogénèse panafricaine. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris* 313, 457-463.
- Ngamy Kamwa. A., Owona S., Tchakounté J. N, Mvondo Ondoa. J., 2016.** Fabriques en aplatissement et constriction des granitoïdes de Nga Mbappé et de Yoro au nord du Groupe de Yaoundé (CPNE, Cameroun) : témoins de la mise en place de granites syntectoniques au cours de l'orogénèse Pan-Africaine. *Journal of Comunicações Geológicas* 103, 1, 5-16.

- Ngnotué, T., Nzenti, J.P., Barbey, P., and Tchoua, F.M. (2000).** The Ntui-Betamba high-grade gneisses: a Northward extension of the Pan-African Yaoundé gneisses in Cameroon. *Journal of African Earth Sciences* 31, 369-381p.
- Njanko T., Nedelec A., Affaton P. (2006).** Synkinematic high - K calc-alkaline plutons associated to the Pan-African Central Cameroon Shear Zone (W-Tibati area): Petrology and geodynamic significance. *Journal of African Earth Sciences*, 44, 494-510.
- Nzenti, J. P., Barbey, P., Macaudiere, J. et Soba, D. (1988).** Origin and evolution of the late Precambrian high-grade Yaoundé gneisses (Cameroon). *Precambrian Research* 38, 91-109.
- Nzenti, J.P., Ngako, V., Kambou, R., Penaye, J., Bassahak, J., Njel, O.V. (1992).** Structures régionales de la chaîne panafricaine du Nord Cameroun. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 315, 209 – 215.
- Nzenti, J.P., Barbey, P., Bertrand, J.M., and Macaudière, J. (1994),** La Chaîne panafricaine au Cameroun : Cherchons suture et modèle!, 15ème Réunion des Sciences de la Terre, Nancy, France, Société Géologique de France, p. 99.
- Nzenti, J.P., Njanko, T., Njiosseu, E.L.T. et Tchoua, F.M. (1998).** Les domaines granulitiques de la Chaîne Panafricaine Nord-Equatoriale au Cameroun. Vicat J.P et Bilong P. Collection. Geocam, 1/1998, Press. Université de Yaoundé I, 227-284.
- Nzenti, J.P., Barbey, P., and Tchoua, F.M. (1999).** Evolution crustale au cameroun: éléments pour un modele geodynamique de l'orogenese neoproterozoique, *in* Vicat, J.P., and Bilong, P.,eds., *Géologie et environnements au Cameroun: Collection GEOCAM*, p.397–407.
- Nzepang Tankwa M., 2020.** Petrochemistry and geochronology of greenstones belt and supracrustal rocks in Messondo area, Nyong group, SW Cameroon, implications for Fe, Cu and exploration. PhD thesis, Panafrican University, 282p.
- Owona, S., Schulz, B., Ratschbacher, L., Mvondo Ondoa, J., Ekodeck, G.E., Tchoua, M. F., Affaton, P. (2011a).** Pan-African metamorphic evolution in the Southern Yaounde Group (Oubanguide Complex, Cameroon) as revealed by EMP-Monazite dating and thermobarometry and garnet metapelites. *Journal of African Earth Sciences* 59, 125-139.
- Owona S., Mvondo Ondoa J., Ratschbacher L., Ndzana M.P.S., Tchoua F.M., Ekodeck G.E. (2011b).** La géométrie de la tectonique archéenne, Paléo et Néoprotérozoïque dans le Sud-Ouest du Cameroun. *Comptes Rendus Géosciences* 343, 312-322.
- Owona S., Ratschbacher L., Nsangou Ngapna M., Gulzar A.M., Mvondo Ondoa J., Ekodeck G.E. (2021a).** New U– Pb zircon ages of Nyong Complex meta-plutonites:

- implications for the Eburnean/TransAmazonian Orogeny in southwestern Cameroon (Central Africa). *Geological Journal* 56, 1741–1755.
- Owona S., Ratschbacher L., Nsangou Ngapna M., Gulzar A.M., Mvondo Ondoa J., Ekodeck G. E., 2021b.** How diverse is the source ? Age, provenance, reworking, and overprint of Precambrian meta-sedimentary rocks of West Gondwana, Cameroon, from zircon U-Pb geochronology. *Precambrian Research* 359, 106220.
- Owona S., Schulz B., Minyem D., Ratschbacher L., Tchamabe B.C., Olinga J.B., Ondoa J.M., Ekodeck G.E., 2022.** Eburnean/Trans-Amazonian orogeny in the Nyong complex of southwestern Cameroon: Meta-basite geochemistry and metamorphic petrology, *Journal of African Earth Sciences* 190, 104515.
- Penaye, J. (1988):** *Pétrologie et structure des ensembles métamorphiques au Sud-est de Poli (Nord-Cameroun). Roles respectifs du socle proterozoïque inférieur et de l'accrétion crustale pan-africaine.* Thèse Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 196p.
- Penaye, J., Toteu, Van Schmus, W.R., Nzenti, J.P. (1993).** U-Pb and Sm-Nd preliminary geochronologic data on Yaoundé series, Cameroun : Re-interprétation of the granulitic rock as the suture of the collision in « Centrafrican » belt. *Compte.Rendu. Académie des Sciences.*, Paris, t 317, série II, 789-794.
- Penaye J., Kroner A., Toteu S. F., Van Schmus W. R., and Doumnang J.-C. (2006)** Evolution of the Mayo Kebbi region as revealed by zircon dating: An early (ca. 740 Ma) Pan-African magmatic arc in southwestern Chad. *Journal of African Earth Sciences* 44(4-5), 530-542.
- Poulet, A., Vidal, M., Doumnang, J.C., Vicat, J.P., Tchameni, R., 2006.** Néoproterozoic crustal evolution in the Southern Chad: Pan-African oceanic basin closing arc accretion and late- to post-orogenic granite intrusion. *Journal of African Earth Sciences* 44, 543-560.
- Poulet A., Tchameni R., Mezger K., Vidal M., Nsifa E. N., Shang C. K., Penaye J., 2007.** Archaean crustal accretion at the northern border of the Congo craton (South Cameroon), The charnockite-TTG link. *Bulletin of the Geological Society of France* 178 : 331–342.
- Roser, B.P., Korsch, R.J. (1986).** Discrimination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *Journal of Geology* 94,635-650.
- Roser, B.P., Korsch, R.J (1988).** Provenance signature of sandstone-mudstone suites determined using discrimination function analysis for major-element data. *Chemical Geology* 67 : 119-139.

- Rudnick, R.L., Gao, S. (2003).** The composition of the continental crust. In : Rudnick, R.L. (Ed.), *The Crust*. Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 1–64.
- Shang C. K., Liégeois J. P., Satir M., Frisch W., Nsifa E.N., 2010.** Late Archaean high-K granite geochronology of the northern metacratonic margin of the Archaean Congo craton, Southern Cameroon: Evidence for Pb-loss due to non-metamorphic causes. *Gondwana Research* 18 (2-3), 337-355.
- Sun, S. S., & McDonough, W. F. (1989).** Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geological Society, London, Special Publications, 42(1), 313-345.
- Tchakounté J., 1999.** Etude géologique de la région d'Etoundou-Bayomen dans la série de Bafia (province du Centre) : tectonique, géochimie-métamorphisme. Thèse, Université de Yaoundé I, 190p.
- Tchakounté, J.N., Toteu, S.F., Van Schmus, W.R., Penaye, J., Deloule, E., MvondoOndoa, J., Bouyo Houketchang, M., Ganwa, A.A., White, W.M., 2007.** Evidence of ca 1.6-Ga detrital zircon in the Bafia Group (Cameroon): Implication for the chronostratigraphy of the Pan-African Belt north on the Congo craton. *Comptes Rendus Geoscience*, 339, 132–142.
- Tchakounté, J. N., Eglinger, A., Toteu, S. F., Zeh, A., Nkoumbou, C., Mvondo-Ondoa, J., Barbey, P. (2017).** The Adamawa-Yadé domain, a piece of Archaean crust in the Neoproterozoic Central African Orogenic belt (Bafia area, Cameroon). *Precambrian Research* 299, 210–229.
- Tchakounté J. (2020).** Tectonique, Géochronologie et Pétrogenèse du massif de Bapé et de son encaissant (Bafia, Centre-Cameroun) : implications géodynamiques pour l'évolution crustale de la bordure sud du bloc Adamaoua-Yadé. Université de Yaoundé I, Thèse doctorat/PhD, Yaoundé, 215 p.
- Tchakounté J. N., Gentry C.F., Ngamy A. K., Metang V., Mvondo J. O., Nkoumbou C. (2021).** Petrology and geochemistry of the Pan-African high-K calc-alkaline to shoshonitic-adakitic Bapé plutonic suites (Adamawa-Yade block, Cameroon): evidence of hot oceanic crust subduction. *International journal of Earth Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02060-6>.
- Tchameni R., 1997.** Géochimie et géochronologie des formations de l'Archéen et de Paléoproterozoïque du Sud Cameroun (Groupe du Ntem, Craton du Congo). Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, France, 395p.

- Tchameni R., Nsifa, N.E., 1998.** Revue des données géochronologiques sur la partie NordOuest du Craton du Congo (groupe du Ntem) Sud-Cameroun. In Géosciences au Cameroun, Vicat T. P. et Bilong P., Editors, Collection GEOCAM 1, Presses Universitaires de Yaoundé I, 339- 350.
- Tchameni R., Mezger K., Nsifa N.E., Pouclet A., 2001.** Crustal origin of Early Proterozoic syenites in the Congo Craton (Ntem Complex), South Cameroon. *Lithos* 57 (1), 23-42.
- Tchameni, R., Pouclet, A., Penaye, J., Ganwa, A.A., Toteu, S.F., 2006.** Petrography and geochemistry of the Ngaoundéré Pan-African granitoids in Central North Cameroon : implication for their sources and geological setting. *Journal of African Earth Sciences* 44, 511-529.
- Tchouankoué J.P., Tchaptchet T., Nyassa M. L., Njuinang D. J., Feudjou M. C., Tchato C. F., Ngambi P.E., Li Xian-Hua, (2021).** Evidence for a 2.06 Ga subduction at the western border of the Adamawa-Yade domain in Cameroon : Constraints from elemental geochemistry, zircon Hf isotopes and zircon U/Pb geochronology from Ititin metabasites. *Journal of African Earth Sciences* 1-11.
- Toteu, S.F., Michard, A., Bertrand, J.M., and Dautel, D., (1990) :** Metamorphic zircon from North-Cameroon : implication from the pan-African evolution of central Africa. *Geology Rundsc.*, 79/3, 777-788.
- Toteu, S.F., Michard, A., Bertrand, J.M., Rocci, G. (1987).** U/Pb dating of Precambrian rocks from northern Cameroon, orogenic evolution and chronology of the Pan-African belt in Central Africa. *Precambrian Research* 37, 71 - 87.
- Toteu, S. F., Van Schmus, W. R., Penaye, J. and Nyobe, J. B. (1994).** U-Pb and Sm-Nb evidence for Eburnian and Pan-African high-grade metamorphism in cratonic rocks of Southern Cameroon. *Precambrian Research* 67, 321-347.
- Toteu, S. F., Van Schumus, W. R., Penaye, J., Michard, A., (2001).** New U-Pb and Sm-Nd data from North-Central Cameroon and its bearing on the pre-pan African history of Central Africa. *Precambrian Research* 108, 45-73.
- Toteu, S. F., Penaye, J. and Djomani Poudjom, Y., (2004).** Geodynamic evolution of the Pan-African belt in Central Africa with special reference to Cameroon. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Volume 41, 73 –85.

- Toteu S.F., Penaye J., Deloule E., Van Schmus W.R., Tchameni R., (2006a).** Diachronous evolution of volcano-sedimentary basins north of the Congo craton: Insights from U–Pb ion microprobe dating of zircons from the Poli, Lom and Yaoundé Groups (Cameroon). *Journal of African Earth Sciences*, 44, 428–442.
- Toteu S.F., Yongue Fouateu R., Penaye J., Tchakounté J., Seme Mouangue A.C., Van Schmus W.R., Deloule E., Stendal H., (2006b).** U-Pb dating of plutonic rocks involved in the nappe tectonic in southern Cameroon: consequence for the Pan-African orogenic evolution of the central African fold belt. *Journal of African Earth Sciences*, 44, 479–493.
- Trompette, R. (1997).** Geology of Western Gondwana (200-500Ma) Pan-African Aggregation of South America and Africa. Bakelma, Rotterdam/Broofield.
- Weecksteen, G. (1957) :** carte géologique de reconnaissance au 1/500000, notice explicative sur le feuillet Douala-Est.

ANNEXE

Tableau 9: Tableau récapitulatif des échantillons.

| ECHANTILLONS | LOCALITES | COORDONNEE GEOGRAPHIQUE | PLAN DE FOLIATION | NATURE PETROGRAPHIQUE |
|--------------|-----------|--|----------------------|--------------------------|
| NR1 | KEULOTT | N04°53'46'' E11°04'00'' Z=583±3m | | Gneiss Amphibolite |
| NR2 | KEULOTT | N04°53'31'' E11°03'01'' Z=655±5m | | Quartzite |
| NR3 | KEULOTT | N04°53'37'' E11°02'55'' Z=719±5m | | Quartzite |
| NR4 | KEULOTT | N04°53'36'' E11°02'54'' | N034E34°NW | Quartzite |
| NR5 | KEULOTT | N04°53'20'' E11°02'51'' Z=719±5m | | Quartzite |
| NR6 | KEULOTT | N04°53'11'' E11°02'49'' Z=711±2m | | Quartzite |
| NR7 | KEULOTT | N04°52'52'' E11°02'46'' Z=740±2m | N026E14°WNW | Quartzite |
| NR8 | KEULOTT | N04°52'24'' E11°02'38'' Z=749±5m | | Quartzite |
| NR9 | KEULOTT | N04°52'16'' E11°02'43'' Z=659m | | Quartzite |
| NR10 | KEULOTT | N04°52'11'' E11°02'45'' Z=625±4m | | Quartzite |
| NR11 | KEULOTT | N04°52'10'' | N030E60°ESE | Amphibolite |

| | | | | |
|------|---------|---|-------------------------|-------------|
| | | E11°02'45'' Z=630±7m | | |
| NR12 | KEULOTT | N04°51'58'' E11°02'39'' Z=663±4m | N082E25°N | Quartzite |
| NR13 | KEULOTT | N04°51'31'' E11°02'28'' Z=681m | | Quartzite |
| NR14 | KEULOTT | N04°51'26'' E11°02'23'' Z=699±3m | | Quartzite |
| NR23 | KEULOTT | N°04°54'34'' E11°03'13'' Z=600±2m | N012E60°ESE N08E55°E | Amphibolite |
| NR24 | KEULOTT | N04°53'36'' E11°03'12'' Z=649±5m | | Quartzite |
| NR25 | KEULOTT | N04°53'22'' E11°03'43'' Z=605±2m | | Amphibolite |
| NR26 | KEULOTT | N04°53'03'' E11°04'26'' Z=597±3m | | Gneiss |
| NR28 | KEULOTT | N04°53'58'' E11°04'19'' Z=564±5m | | Amphibolite |
| NR29 | KEULOTT | N04°53'45'' E11°04'14'' Z=563±2m | | Amphibolite |
| NR15 | LIYINN | N04°54'38'' E11°04'51'' Z=547±3m | N172E29°E | Migmatite |
| NR16 | LIYINN | N04°54'29'' E11°05'18'' | N012E62°ESE | Quartzite |

| | | | | |
|------|--------|--|-------------|-------------|
| | | Z=573±3m | | |
| NR17 | LIYINN | N04°54'31'' E11°05'33'' Z=542±3m | N022E69°ESE | Gneiss |
| NR18 | LIYINN | N04°54'33'' E11°05'37'' Z=549±3m | N120E11°NNE | Migmatite |
| NR19 | LIYINN | N04°54'38'' E11°06'09'' Z=544±5m | | Migmatite |
| NR20 | LIYINN | N04°54'09'' E11°05'41'' Z=584±5m | | Gneiss |
| NR21 | LIYINN | N04°54'1'' E11°05'31'' Z=599±3m | | Quartzite |
| NR22 | LIYINN | N04°53'43'' E11°05'9'' Z=609±5M | | Amphibolite |
| NR27 | LIYINN | N04°52'40'' E11°04'47'' Z=583±5m | | Amphibolite |
| NR30 | | N04°51'58'' E11°05'08'' Z=617±2m | | Quartzite |
| NR31 | | N04°52'11'' E11°05'17'' Z=578±2m | | Gneiss |