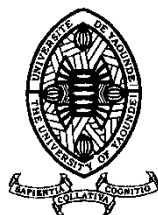


UNIVERSITE DE YAOUNDÉ I

FACULTÉ DES SCIENCES

CENTRE DE RECHERCHE ET DE
FORMATION DOCTORALE EN
SCIENCES, TECHNOLOGIE ET
GÉOSCIENCES



UNIVERSITY OF YAOUNDÉ I

FACULTY OF SCIENCE

POSTGRADUATE SCHOOL OF
SCIENCES, TECHNOLOGY AND
GEOSCIENCES

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES

LABORATOIRE DE GEOSCIENCES DES FORMATIONS PROFONDES
ET APPLICATIONS

ETUDE PETRO-STRUCTURALE DES
FORMATIONS GEOLOGIQUES DE YEMASSI
(CENTRE - CAMEROUN)

MÉMOIRE

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

Spécialité : **Géosciences des Formations Profondes et applications**

Option : **Pétrologie et Géologie Structurale**

Par

MEKONTCHOU Guy Francis

Matricule : 21S2261

Licencié en ès-Sciences

Sous la direction de

METANG Victor

Maître de Conférences



Année académique 2023-2024

DÉDICACE

À Ma famille

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je voudrais dire ma reconnaissance à l'éternel Dieu pour ses bien faits dans ma vie et celle de ma famille. Je tiens aussi à adresser des remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire :

Le Chef du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I, le Professeur BISSO Dieudonné, pour m'avoir accueilli au Département ;

Le professeur NDIGUI Paul Désiré, ancien Chef du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I pour m'avoir accueilli au Département ;

Le Professeur NZENTI Jean Paul, Chef du Laboratoire de Géologie des Formations Profondes et Applications de l'Université de Yaoundé I, pour m'avoir accepté dans le Laboratoire, pour ses enseignements et sa rigueur au travail ;

Le Professeur METANG Victor qui, malgré ses multiples occupations et dont je reconnais la rigueur pour le travail bien fait à l'encadrement scientifique, a accepté de diriger ce travail avec une attention particulière ; qu'il trouve en ces mots mes sincères remerciements ;

Le Professeur TCHOUANKOUE Jean Pierre pour avoir permis que j'utilise son microscope pour l'observation des lames minces ;

Le Professeur GANNO Sylvestre pour les conseils et encouragements ;

Monsieur TOYI TCHOUTA Boris pour tous les conseils et le soutien qu'il m'a apporté lors de mes différentes campagnes de terrain ;

J'exprime ma vive reconnaissance à tout le corps enseignant du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I pour leur disponibilité à rendre service aux étudiants dudit Département, il s'agit particulièrement des professeurs : NKOUMBOU Charles, YONGUE FOUATEU Rose, EKOMANE Emile, NJILAH ISSAC KONFOR, YENE Joseph Quentin, NDAM Jules Rémy, ONANA Vincent Laurent, NUMBEM TCHAKOUNTE Jacqueline; les Docteurs : NGO BELNOUN Rose, NOMO NEGUE Emmanuel, TCHAPTCHET TCHATO DE Pesquidoux.

Mes promotionnaires avec qui j'ai travaillé en collaboration pour leurs connaissances et pour leurs encouragements, je leur dis merci. Je pense aussi particulièrement à BIKAGA Rosine Clarisse, DJOUKOUO NDE Laurence, FONYU Magret NDUM, NZEYE DJEMENI Philippe, WIRNGO Rebecca KIBONG.

Mes aînés académiques, pour leurs encouragements multiples, conseils, nombreux échanges scientifiques et les remarques qui ont contribué à éclairer plusieurs points d'ombres dans ce travail ;

À mon petit frère KENNE ERIC pour ses encouragements et soutiens multiformes ;

À monsieur ELOUNDOU André pour ses encouragements.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES ABREVIATIONS	ix
RESUMÉ.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE I : CADRE GEOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE	4
I.1- CADRE GÉOGRAPHIQUE	4
I.1.1- Localisation du secteur d'étude	5
I.1.2- Orographie	5
I.1.3- Voies de communication	7
I.1.4- Climat	7
I.1.5 - Végétation et faune	8
I.1.6 - Hydrographie	8
I.1.7 – Sols.....	9
I.1.8- Géographie économique	10
I.2- CADRE GÉOLOGIQUE.....	10
I.2.1- Chaîne Panafricaine	10
I.2.2- Partie Nord-Ouest du craton du Congo.....	15
I.2.2- État de connaissance sur la géologie du secteur d'étude	17
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	19
II.1-MATÉRIEL	20
II.2- MÉTHODES	20
II.2.1-Travaux préliminaires.....	20
II.2.2-Travaux de terrain	21
II.2.3-Travaux de laboratoire.....	21
II.2.4-Traitement des images satellitaires.....	21

CHAPITRE III : INVENTAIRE LITHOLOGIQUE ET ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE	23
III.1- Gneiss à deux micas	25
III.2- Gneiss à disthène.....	26
III.3- Micaschistes à grenat et disthène	28
III.4- Micaschistes à grenat	32
CHAPITRE IV : ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE ET STRUCTURALE.....	37
IV.1- ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE	38
IV.1.1- ANALYSE DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE.....	38
IV.1.2-ANALYSE STRUCTURALE	45
IV.3.1. Phase de déformation D ₁	45
IV.3.2- Phase de déformation D ₂	47
IV.3.3- Phase de déformation D ₃	49
IV.3.4- Phase de déformation D ₄	51
CHAPITRE V : INTERPRÉTATION ET DISCUSSION DES RÉSULTATS.....	53
V.1- PETROGRAPHIE	54
V.2- ANALYSE STRUCTURALE ET CARTOGRAPHIQUE	54
CHAPITRE VI : CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	57
I- CONCLUSION GÉNÉRALE	58
II- PERSPECTIVES	59
RÉFÉRENCES	60

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de localisation du secteur d'étude : A) Carte administratif du Cameroun ; B) Position du secteur d'étude dans la carte administrative de la région du Centre Cameroun. C) Carte topographique du secteur de Yémassi.	5
Figure 2: carte orographique de la zone d'étude.....	6
Figure 3: Diagramme ombrothermique du secteur de Yémassi.....	8
Figure 4: Carte du réseau hydrographique du secteur d'étude.....	9
Figure 5: Carte de reconstitution des domaines Panafricains NE brésilien et Ouest Africain montrant la continuité entre les Chaines de Sergipano et Nord Equatoriale CA : Cisaillement de l'Adamaoua	11
Figure 6: Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale : (a) Reconstruction géodynamique à l'échelle continentale ; (b) Carte des différentes unités lithotectoniques au Cameroun	15
Figure 7: Carte géologie du complexe du Ntem	17
Figure 8: carte d'échantillonnage du secteur d'étude	24
Figure 9: Photographie et microphotographies des gneiss à deux micas : A) affleurement en dalle dans le village d'Akok ; B) orientation préférentielle des biotites qui alternent avec des lits quartzo-feldspathiques ; noter les inclusions de la biotite dans l'orthose et le quartz ; C) début de mylonitisation autour des porphyroblastes de grenat ; D) transformation du grenat en biotite en présence du quartz ; E) rétro-morphose de l'amphibole en Biotite.	27
Figure 10: Photographie et microphotographies des gneiss à disthène : A) affleurement en dalle dans le village Nkol-Melen chefferie ; B) orientation préférentielle des biotites ; C) orientation préférentielle du disthène qui épouse celles des paillettes de biotite et même des grains de quartz, noter l'inclusion des cristaux de quartz ; D) inclusions de biotite ; E) inclusion du feldspath dans le disthène ; F) porphyroblastes de disthène.....	29
Figure 11: Photographie et microphotographies des micaschistes à grenat et disthène : A) affleurement en dôme au niveau du Mont Elokolo dans le village Nkol-Melen chefferie ; B orientation préférentielle des disthènes, déstabilisation du disthène aux extrémités en	

muscovite, transformation du grenat en biotite ; C) inclusions de biotite et des minéraux opaques ; D) porphyroblaste de grenat ; E) et F) rutile et minéraux opaques.....	31
Figure 12: Photographie et microphotographies des micaschistes à grenat : A) affleurement en dalle dans la localité de Yémassi ; B) inclusions de quartz et de feldspath alcalin dans le grenat ; C) porphyroblaste sigmoïde de grenat des queues de cristallisation riches en minéraux néoformés ; D) plagioclase et microcline en cours de déstabilisation ; E) inclusion de la biotite et de muscovite dans le feldspath alcalin F) orientation préférentielle de certains cristaux de quartz, rétromorphose de l'amphibole en biotite.....	34
Figure 13: Carte géologique du secteur d'étude	35
Figure 14: Carte des unités géomorphologiques du secteur d'étude, extraite de l'image SRTM.	39
Figure 15: Carte des linéaments hydrographiques de Yémassi et ses environs.....	39
Figure 16: Bloc diagramme extraite de l'image SRTM du secteur d'étude.....	40
Figure 17: Carte des pentes extraites de l'image SRTM du secteur d'étude	41
Figure 18: Image Google Earth du secteur de Yémassi importée à ArcGIS.	42
Figure 19: Carte des linéaments du secteur de Yémassi digitalisée à partir de l'image SRTM. ..	43
Figure 20: Carte synthétique des linéaments du secteur d'étude de Yémassi digitalisée à partir de l'image SRTM.....	43
Figure 21: Rosace de direction des linéaments hydrographiques du secteur de Yémassi.	44
Figure 22: Rosace de direction des linéaments des.....	44
Figure 23: Rosace de synthèse de distribution des fractures du secteur de Yémassi.....	44
Figure 24: Stéréogramme des pôles et traces cyclographiques des plans de foliation S1	46
Figure 25: Eléments structuraux de la phase D ₁ . A-Plans de foliation S1 dans les micaschistes ; B- Foliation S1 par litage compositionnel dans les micaschistes ; C- boudins B1 à cœur quartzofeldspathique dans les micaschistes d'Akok ; D- famille des plis P ₁	47
Figure 26: Structures de la phase D ₂ . A- cisaillement C ₂ formant des plis en crochons P ₂ . B- Filonnet riche en grains de grenat dans les gneiss de la chefferie de Nkol Melen. C- plis isopaques P ₂ . D- boudin B ₂ sigmoïde de cinématique senestre.	49
Figure 27: Structures de la phase D ₃ . A- boudins B ₃ incomplets à cœur quartzofeldspathique. B- Filonnets f ₃ riche en quartz et feldspath.	50
Figure 28: Structure de la phase D ₄ : diaclases	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Relevés climatiques moyens de Yémassi pour une période de 110 ans (1914 - 2024) 7

Tableau 2: Caractéristiques texturales et métamorphiques des roches du secteur d'étude.....36

LISTE DES ABREVIATIONS

CCC : Cisaillement Centre Camerounais

CPAC : Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale

FBO : Faille de Bétaré-Oya

FS : Faille de la Sanaga

GPS: Global Positioning System

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission

TTG: tonalite-trondhjenite-granodiorite

U-Pb: Uranium-Plomb

WGS 84: World Geodetic System (Revision de 1984)

SIG : Système d'Information Géographique

LPA : Lumière Polarisée Analysée,

LGFP : Laboratoire de Géoscience des Formations Profondes et Applications

LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée, **MNT** : Model Numérique de Terrain.

Liste des abréviations utilisées pour les minéraux (Kretz, 1983).

And : Andalousite

Amp : Amphibole

Bt : Biotite

Chl : Chlorite

Grt : Grenat

Kfs : Feldspath

Ky : Disthène

Zr : Zircon

Rt : rutile

Sr : Séricite

Op : Opaque

Mi : Microcline

Ms : Muscovite

Pl : Plagioclase

Qtz : Quartz

RESUMÉ

Le secteur de Yémassi est situé dans la Région du Centre, Département de la Léké, Arrondissement de Lobo. Ce travail a été entrepris dans l'optique de caractériser l'évolution tectono-métamorphique dudit secteur et de le situer par rapport au dynamisme la Chaîne Panafricaine Nord Équatoriale (CPNE). L'étude pétrographique a permis d'inventorier un ensemble métamorphique constitué de micaschistes à grenat, micaschistes à grenat et disthène, gneiss à deux micas et gneiss à disthène. Sur le plan structural, une chronologie relative des éléments structuraux enregistrés par les différents types lithologiques a permis de distinguer quatre phases de déformation. La première phase est caractérisée par la foliation S_1 (par litage compositionnel et par rubanement lithologique), les Boudins B_1 et les plis P_1 . C'est une phase de tectonique compressive de direction axiale moyenne NE-SW. La seconde phase, essentiellement marquée par le cisaillement C_2 (dextre), les boudins B_2 , les plis P_2 , les filonnets f_2 (de direction E-W) et les linéations minérales L_2 (orientés N135E avec des plongements de 05° vers le NW et/ou le SE). La phase de déformation D_3 est à tendance ductilo-fragile est marquée par les éléments structuraux tels que : Les boudins B_3 , les plis P_3 (résultant d'une fracture post P_2), les filonnets f_3 . La composition de ces roches métamorphiques avec d'une part la présence des silicates d'alumine (disthène et l'andalousite) et d'autre part la présence abondante des minéraux alumineux suggèrent l'existence d'un protolithe sédimentaire. Ainsi, le secteur de Yémassi présente une évolution tectonique monocyclique et polyphasée qui s'apparente à celle des formations panafricaines du domaine sud.

Mots clés : Formations Panafricaines, Micaschistes, Gneiss, Polyphasée, Monocyclique, Yémassi.

ABSTRACT

The Yémassi area is located in the Centre Region, Lékié Division, Lobo Sub-Division. This work was undertaken with a view to characterise the tectono-metamorphic evolution of the said area and to situate it in relation to the dynamism of the central Africa orogenic fold belt. The petrographic study of the study area has made it possible to inventory a metamorphic assemble made up of garnet micaschists, garnet and kyanite micaschists, two-mica gneiss and kyanite gneiss. On the structural level, a relative chronology of the structural elements recorded by the different lithological types has made it possible to distinguish four stages of deformation. The first stage is characterized by foliation S_1 , B_1 boudins and P_1 folds. It is a stage of compressive tectonics with a mean NE-SW axial direction. The second stage, essentially marked by C_2 shear zone, B_2 boudins, P_2 folds, f_2 stringers and L_2 mineral lineations (with a mean N135E orientation with 05° deeps to the NW or SE). The D_3 deformation stage is transpressive in tendency and marked by structural elements such as: B_3 flanges, F_3 veinlet. The D_4 stage is essentially brittle marked by NW-SE oriented fractures. The composition of these metamorphic rocks with the presence of alumina silicates (kyanite and andalusite) on the one hand and the abundant presence of aluminous minerals on the other suggest the existence of a sedimentary protolith. Thus, the Yémassi sector presents a monocyclic and multistage tectonic evolution that is similar to that of the Pan-African formations of the southern domain.

Keywords : Pan-African formations, micaschistes, gneiss, multistage, monocyclic, Yémassi.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Au Cameroun les formations précambriennes constituent l'essentiel du substratum géologique. Elles sont réparties en deux principales ensembles à savoir : la Chaîne Panafricaine Nord Equatoriale (CPNE) : (Nzenti et al., 1994 ; Ngnotué et al., 2000) ou la Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale (CPAC) : (Toteu et al., 2004) et l'ensemble cratonique représenté par la partie Nord-Ouest du craton du Congo d'âge paléoprotérozoïque à archéen (Maurizot et al., 1986 ; Tchameni et al., 2000, 2001 ; Shang et al., 2004 a,b , 2007 , 2010 ; Takam et al., 2009). D'après les travaux de Nzenti et al. (1994, 1998) ; Ngnotué et al. (2000) ; Toteu et al. (2004), plus de 2/3 du territoire camerounais est couvert par les formations panafricaines. Ces auteurs ont d'ailleurs subdivisé ces formations en trois domaines sur la base des caractéristiques géodynamiques. C'est ainsi que du Nord au Sud l'on distingue : le domaine Nord, le domaine centre et le domaine Sud (Nzenti et al., 1994). Les particularités des différents domaines sont connues et ont été mentionnées dans les travaux de : (1) Mvondo et al. (2007), Ngnotué et al. (2000, 2012), Nkoumbou et al. (2014), Owona et al. (2011a, b), Binellie et al. (2020), Metang et al. (2022a, b, c, e)) ; Bissaya et al. (2023) pour le domaine Sud ; (2) Ganwa et al. (2008), Ganno et al. (2010), Kouankap Nono et al. (2010), Cheubeu et al. (2011), Kankeu et al. (2012), Tchouankoué et al. (2014), Azefack et al. (2023) pour le domaine centre et (3) Bouyo et al. (2013 ; 2015) pour le domaine Nord. Malgré de nombreux recherches effectués dans le domaine sud, ces travaux sont des monographies et les résultats ne sont pas uniformes. Ainsi, Mvondo et al. (2007), Owona et al. (2011), Metang et al. (2014) et Metang (2015) fait état de quatre phases de déformation dans les formations panafricaines du domaine sud. Bissaya et al. 2023 démontrent l'existence de six phases de déformation dans les migmatites de Yaoundé. Mvondo et al. (2023) montrent que les formations de Yaoundé se sont mis en place dans un contexte arrière arc suite à une accréation (1000-614 Ma) suivi d'une collision (614-610 Ma) E-W impliquant les cratons Ouest Africain et le Métacraton Saharien. Nkoumbou et al. (2014) soutient l'hypothèse selon laquelle les formations panafricaines de Yaoundé se seraient mis en place dans un contexte de proto-océanisation qui aurait abouti à une collision précédée d'une subduction vers Nord. Au regard de ces hypothèses parfois opposées, il ressort que la compréhension de la Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale reste encore énigmatique. Il est alors judicieux de faire une cartographie à grande échelle pour rechercher les informations nouvelles qui apporteraient vraisemblablement des éléments de réponse à cette problématique régionale. Dans cette optique, une cartographie géologique couplée aux traitements d'image satellitaires du secteur de Yémassi est une contribution à la compréhension du domaine sud en particulier et de la Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale en général.

L'objectif principal de ce mémoire est de faire une étude pétro-structurale des formations géologiques panafricaines de Yémassi. Spécifiquement il sera question de :

- Traiter et interpréter les images satellitaires pour compléter les observations de terrains ;
- Identifier les différents types pétrographiques et dresser une carte d'échantillonnage et d'affleurement ;
- Reconnaître et décrire les éléments structuraux en vue de construire une carte pétro-structurale.

Outre l'introduction générale, ce travail présente cinq chapitres :

- le chapitre I ressort le cadre géographique et géologique du secteur d'étude ;
- le chapitre II met en exergue le matériel et les méthodes utilisées ;
- le chapitre III porte sur l'inventaire lithologique et l'étude pétrographique ;
- le chapitre IV est consacré à l'étude structurale ;
- le chapitre V est focalisé sur l'interprétation et la discussion des résultats obtenus.

Ce travail s'achèvera par une conclusion générale et les perspectives.

**CHAPITRE I : CADRE GEOGRAPHIQUE ET
GÉOLOGIQUE**

I.1- CADRE GÉOGRAPHIQUE

I.1.1- Localisation du secteur d'étude

Le secteur d'étude est situé dans l'Arrondissement de Lobo, Département de la Lekié, Région du Centre Cameroun. Sur le plan géographique, Yémassi est localisé entre les méridiens 11°15'E et 11°20'E et les parallèles 3°55'N et 4°00'N (Fig. 1).

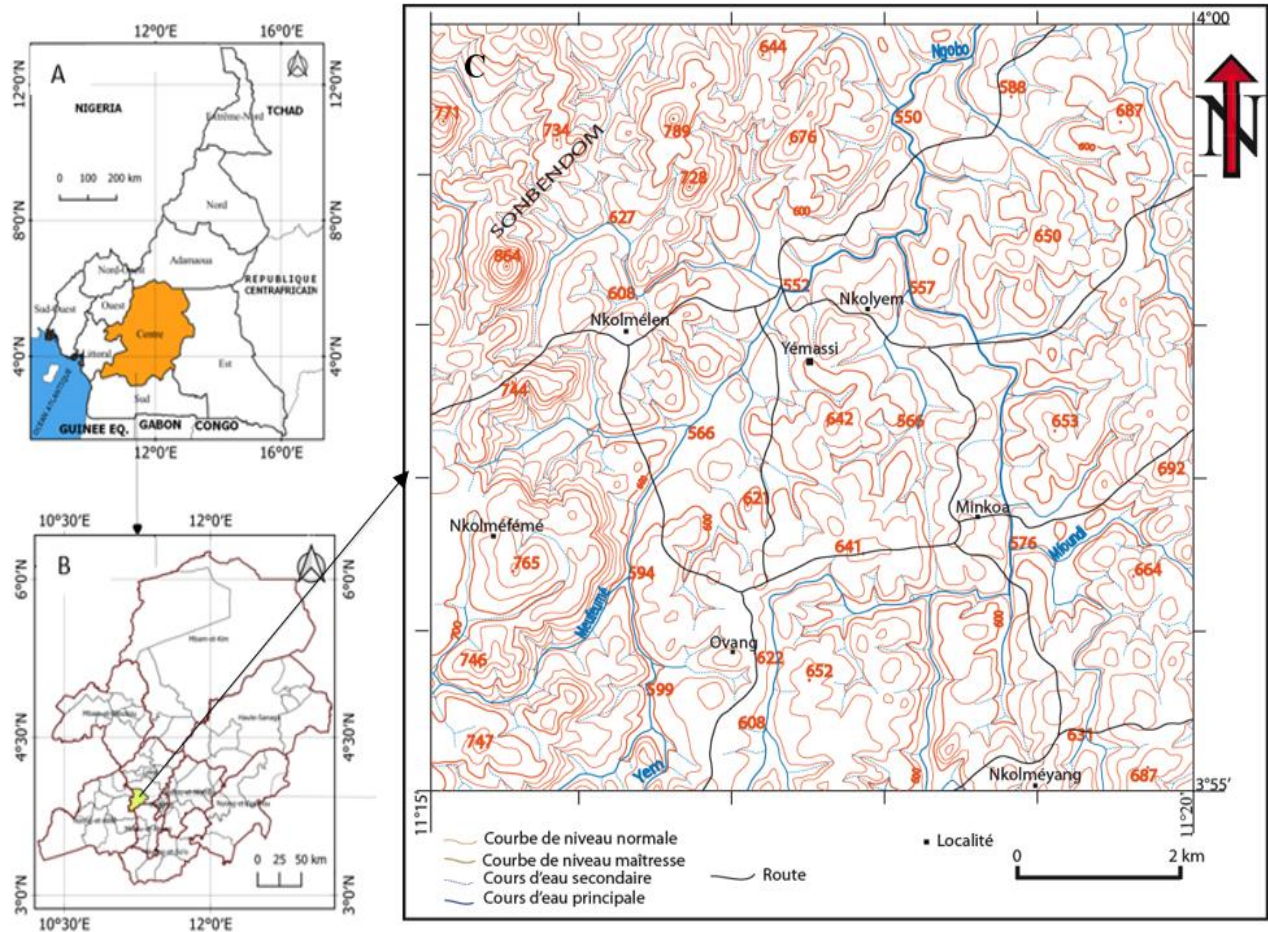


Figure 1: Carte de localisation du secteur d'étude : A) Carte administrative du Cameroun ; B) Position du secteur d'étude dans la carte administrative de la région du Centre Cameroun. C) Carte topographique du secteur de Yémassi.

I.1.2- Orographie

Segalen (1967) et Kamgang Kabeyene (1998) ont présenté une esquisse géomorphologique du Cameroun qui permet de distinguer quatre grandes unités caractéristiques à savoir : les régions de basses altitudes, les reliefs intermédiaires, les surfaces d'aplanissement et les montagnes. La zone de Yémassi est caractérisée par des reliefs intermédiaires avec des altitudes variant entre 552 et 864 m. Les observations de terrain couplées à l'analyse de la carte topographique et au bloc

I.1.3- Voies de communication

Malgré le mauvais état des routes du secteur d'étude, l'accès à la localité de Yémassi est possible grâce à plusieurs axes.

Voici un aperçu des principales voies d'accès que nous avons empruntées pour se rendre et sortir de Yémassi à partir de Yaoundé par Nkolbisson (Fig. 1) :

- Route National 3 ; cette route (autoroute Yaoundé – Douala) constitue un axe majeur pour accéder dans la région. Yémassi est accessible grâce aux routes secondaires reliées à la RN3 sur une distance d'environ 25km ;

- Route passant par Okola d'une distance d'environ 5 km reliant la ville d'Okola au village Yémassi. Bien que l'accès à Yémassi soit possible, l'on est à son aise de s'y rendre pendant les périodes sèches ; or en période de crue, il se forme des bourbiers sur différents axes rendant l'accès difficile.

I.1.4- Climat

Le climat de la zone d'étude est de type équatorial ; une grande saison sèche allant de décembre à février, une grande saison des pluies allant de mars à octobre (Fig. 3, Tab. 1). Le mois qui enregistre une pluviosité plus importante est le mois d'octobre avec 308,6 mm de crue et le mois le plus sec est décembre avec 19,1 mm de pluie comme l'indique le tableau 1. La pluviométrie annuelle est de 1678,3 mm et la températures moyenne annuelle est de 24,4°C avec des maximums pouvant atteindre 26°C et des minimums de 23,2mm.

Tableau 1: Relevés climatiques moyens de Yémassi pour une période de 110 ans (1914 - 2024)

Mois	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	
P (mm)	17,2	44,1	135,9	175,7	208	156,5	100,4	139,9	267,8	308,6	105,1	19,1	Cumul:1678,3
T (°C)	25,1	26	25,7	25,2	24,7	24	23,2	23,2	23,7	23,7	24,4	24,3	Moy : 24,4

Source : <http://www.weatherbase.com> (consulté le 24/07/2024 à 13h00)

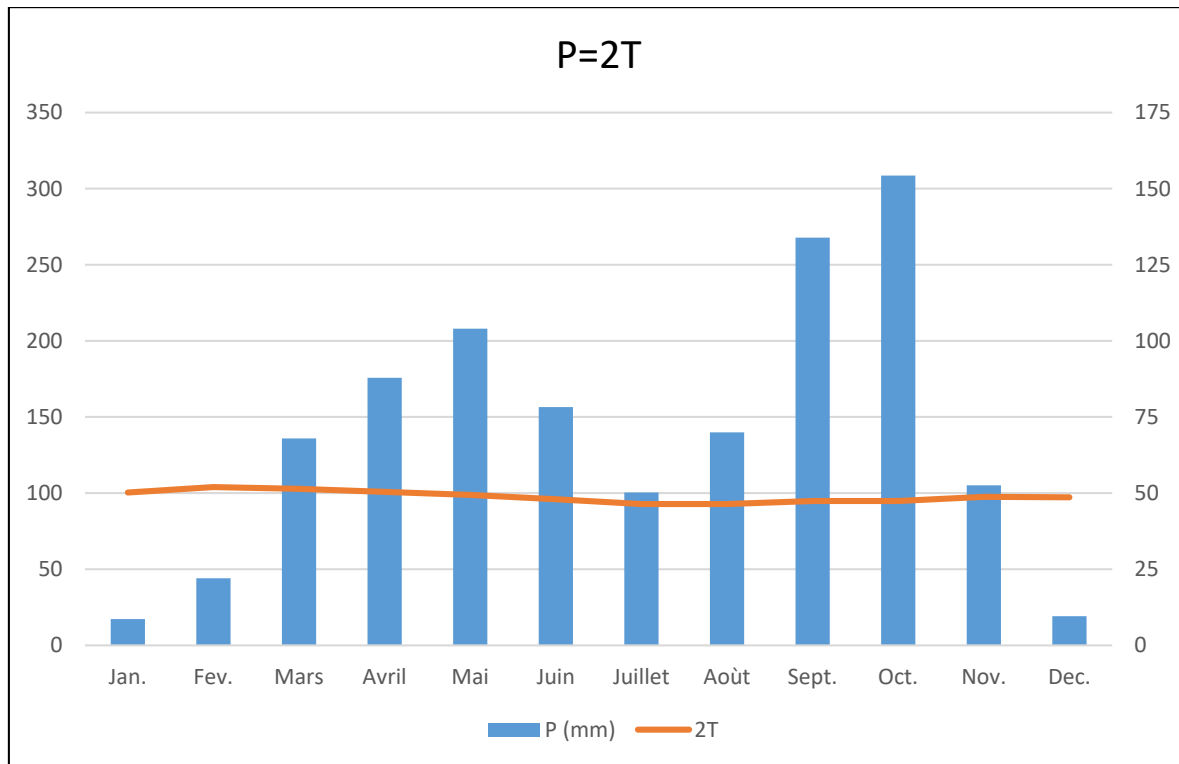


Figure 3: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1957) du secteur de Yémassi

I.1.5 - Végétation et faune

Cette localité est caractérisée par une végétation et une faune diversifiée :

- Une forêt primaire constituée des arbres de hauteur variant entre 10 m et 15 m ;
- Une forêt secondaire riche en arbuste, bambou de chine (*Bamboussa vulgaris*) et les lianes (*Clematis vitalba* L.).

La localité de Yémassi présente une faune très diversifiée. L'on peut citer les gorilles et les chimpanzés (*Pan troglodyte*), les vipères (*Bitis gabonensis*), les rats et écureuils, rats palmistes (*Xenus erythropus*), les porcs épics (*Hystrix gistata*), les hérissons (*Erinaceus europaeus*). L'on observe plus les oiseaux gendarmes (*ploceus cucullatus*) et bien d'autres espèces.

I.1.6 - Hydrographie

Le réseau hydrographique (Fig. 4) de Yémassi est caractérisé par une densité élevée des ruisseaux dont certains sont à régime permanent ou saisonnier. Les rivières Ngobo, Meufaumé et le Nfoundi sont les collecteurs principaux. L'écoulement des eaux se fait plus aisément ; ceci favorisé par un relief varié formé de collines et de plaines.

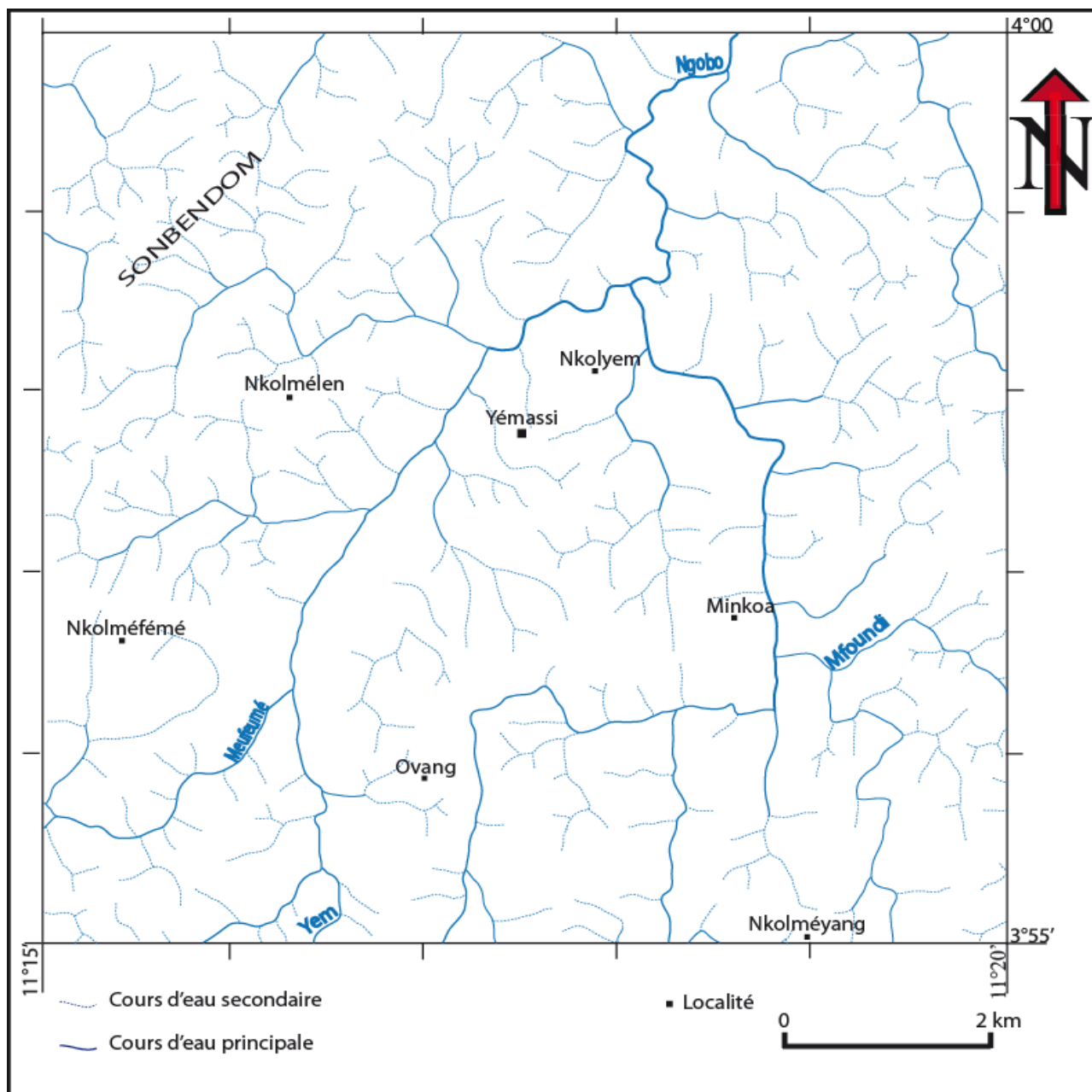


Figure 4: Carte du réseau hydrographique du secteur d'étude

I.1.7 – Sols

Les sols de Yémassi sont principalement de deux types :

- Les sols ferralitiques présentant une texture sablo-argileuse. L'on distingue les sols rouges Ferralitiques constitués de latérites et les sols riches en humus sous couvert végétal forestier favorables aux cultures pérennes comme le cacao, le manioc et les fruitiers ;

- Les sols hydromorphes, sont présents dans les zones marécageuses et aux abords des cours d'eau dans les vallées.

I.1.8- Géographie économique

L'économie locale est basée sur l'agriculture vivrière et de rente. Les principales cultures sont : le cacao, le manioc, les patates, les arachides, les bananes plantains, le macabo, les noix de palmiste. Les autochtones font dans l'élevage des chèvres, des poules et des porcs. Ils font aussi la cueillette et la vente du vin de palme.

I.2- CADRE GÉOLOGIQUE

Le socle géologique au Cameroun est subdivisé en deux parties : Le complexe du Ntem ou partie NW du craton du Congo et le domaine panafricain qui couvre en grande partie le reste du territoire national.

I.2.1- Chaîne Panafricaine

Le secteur de Yémassi appartient à la Chaîne Panafricaine d'Afrique centrale (CPAC) : Penaye et al., 1993, 2004, 2006 ; Toteu et al., 2001, 2004). La CPAC est une vaste portion orogénique qui est orientée E-W avec une longueur pratiquement supérieure à 5000 km sur une largeur d'environ 3000 km. Cette chaîne s'étend sur presque 2/3 du territoire camerounais et est limitée au Sud par le craton du Congo. Cette Chaîne se prolonge à l'Ouest, au Nord-Est du Brésil (province du Boborema) où elle forme la Chaîne du Boborema (Fig. 5). La situation du Cameroun au sein de la Chaîne Panafricaine est importante parce qu'il constitue le lien entre la chaîne d'Afrique de l'Ouest, d'Afrique centrale et du NE du Brésil (Kankeu et al., 2009 ; Ganno et al., 2010, 2016). Encore appelée Chaîne des Oubanguides (Podevin, 1993 ; Trompette, 1994). La Chaîne Panafricaine est subdivisée au Cameroun d'après les travaux de (Soba.,1989 ; Nzenti et al.,1994) du Nord au Sud en trois (03) grands domaines lithostructuraux à savoir : (1) le domaine Nord, (2) le domaine Centre ou Adamaoua-Yadé, et (3) le domaine Sud ou groupe de Yaoundé (Fig. 6).

1) **Le domaine Nord** est un vaste domaine limité 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 Cameroun (Toteu et al., 2004 ; Ngoussi Ngalamo et al., 2018), en relation avec sa localisation au Nord-Ouest de la faille de Tcholliré-Banyo. Ce domaine se compose de (1) schistes et gneiss Néoprotérozoïques de moyenne à haut grade d'origine volcanique et volcano-sédimentaire bien représentés par la série de Poli [les métavolcaniques sont des basaltes tholéiitiques et rhyolites calco-alcalines situés dans un environnement crustal distensif daté à environ 800 Ma (Ngako, 1986

; Toteu et al., 1990)]; (2) Granitoïdes Panafricains pré-, syn-, à tardi tectoniques (diorites, granodiorites et granites) principalement de composition calco-alcalins et datés entre 660 et 580 Ma (Toteu et al., 1987, 2001) ; (3) les granitoïdes alcalins post-tectoniques, qui comprennent dykes mafiques et felsiques recoupés par des granites subcirculaires et syénites ; et (4) de nombreux bassins (série de type Mangbaï) avec roches sédimentaires et volcaniques non métamorphisées qui peuvent correspondre aux gisements molassiques de l'orogénèse panafricaine (Béa et al., 1990).

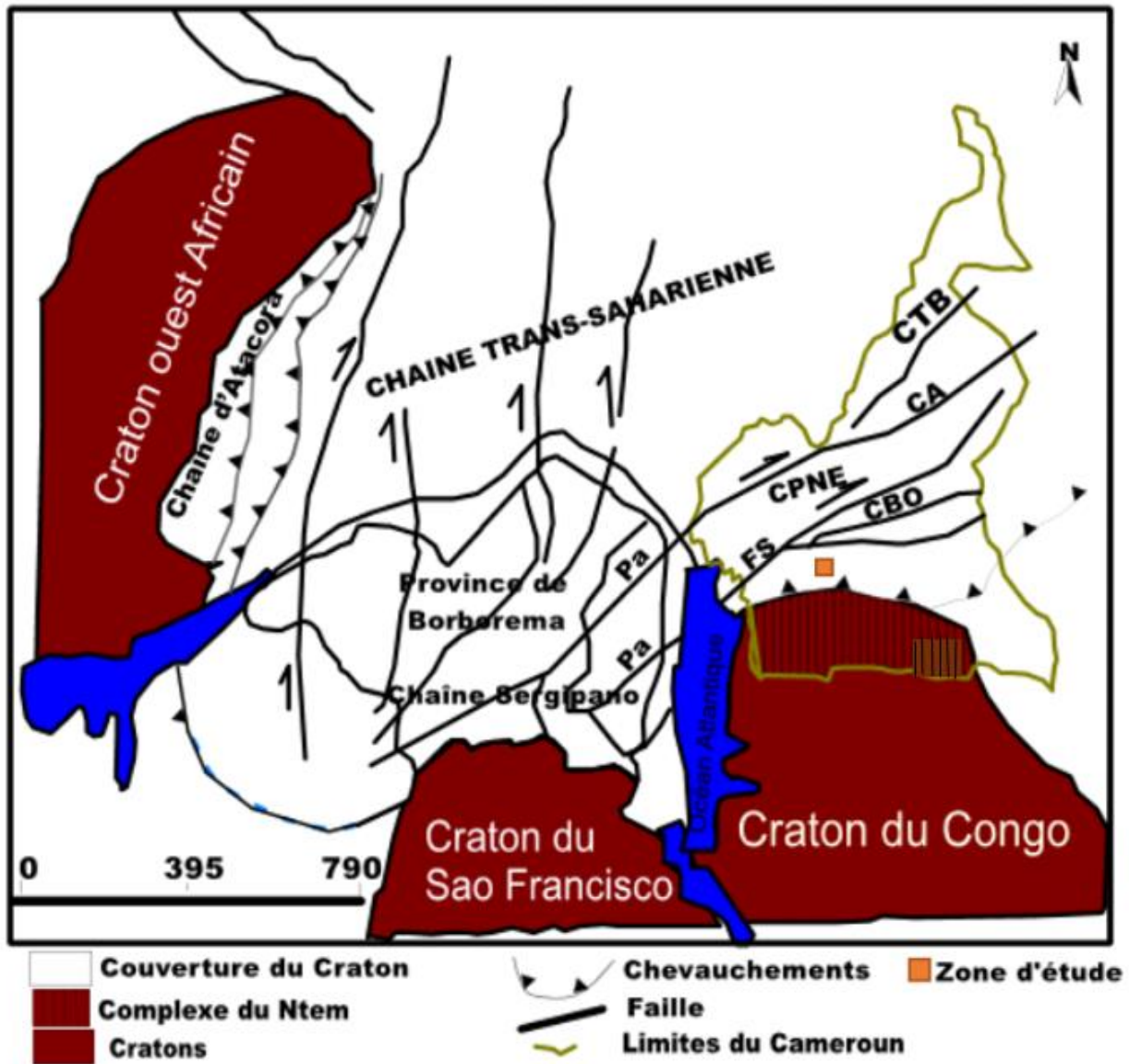


Figure 5: Carte de reconstitution des domaines Panafricains NE brésilien et Ouest Africain montrant la continuité entre les Chaînes de Sergipano et Nord Equatoriale (d'après Casting et al., 1994, modifiée dans Ganno et al., 2010). CA : Cisaillement de l'Adamaoua

Les données Rb / Sr, Sm / Nd, et U-Pb indiquent que la plupart des roches de ce domaine (gneiss et granitoïdes) sont des roches juvéniles Néoprotérozoïques ou présentent une

contamination par une croûte de 2,1 Ga (Toteu et al., 2001). Sur le plan tectonique ce domaine est marqué par une évolution polyphasée caractérisée par trois phases de déformations :

- 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 par des assemblages du faciès des amphibolites (650°C, 6-7 Kb, Nzenti et al., 1992) ;
- La deuxième phase D₂, est synchrone d'un magmatisme intense (Nzenti et al., 1992) et d'une granitisation (granitoïdes calco-alcalins syn-tectoniques D₂ datés à 580 Ma, âge U/Pb sur zircon, Toteu et al., 1987). La phase D₂ 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. À cette phase correspond un métamorphisme de faciès amphibolite (700°C, 5-7 Kb) et schiste vert (550°C, 5 Kb) ;
- La phase de déformation D₃ est cassante. Elle est à l'origine de nombreux décrochements dextres E-W. Des granitoïdes syn-D₃ sont datés à 545 Ma (âge U/Pb sur zircon, Toteu et al., 1987) ont pu être observés.

2) **Le domaine Centre** se trouve entre les domaines nord et sud. C'est un vaste domaine qui s'étend du Sud de Bafia au Sud de Poli. Il comporte : (i) de nombreux plutons syntectoniques hyperpotassiques à affinité calco-alcaline et d'âge panafricain, dans un encaissant fortement métamorphique formé de gneiss de haut degré et d'amphibolites (Nzolang et al., 2003 ; Tanko Njiosseu et al., 2005 ; Kouankap Nono et al., 2010 ; Nzina Ncharé et al., 2010 ; Chebeu et al., 2011 ; Tchouankoué et al., 2016 ; Nome Negue et al., 2017 ; Tchakounté et al., 2017 ; Ngamy Kamwa et al., 2019 ; Azéfac et al., 2023) et (ii) des granulites d'âge archéen à paléoprotérozoïque (Nzenti et al., 2007 ; Tanko Njiosseu et al., 2005 ; Ganwa et al., 2008, 2016 ; Tchakounté et al., 2017). Ces formations sont affectées par quatre principales phases de déformation (Ganno et al., 2010, Kouankap Nono, 2011) accompagnées de grands décrochements à savoir : (i) le Cisaillement Centre Camerounais (CCC : Ngako et al., 1991), (ii) la faille de Bétaré-Oya (FBO : Kankeu et al., 2010) et (iii) la faille de la Sanaga (FS : Dumont., 1986 ; Tchakounté et al., 2017). Les données isotopiques préliminaires du Rb-Sr révèlent une origine mantellique pour les granitoïdes de Bapé associés aux micromonzogabbros et les données U-Pb sur le zircon indiquent une mise en place par impulsions successives entre 640 et 603 Ma (Tchakounté et al., 2021) ; l'on y trouve des migmatites formées après le TTG et les croutes granitiques ont été remaniées par fusion partielle à T=683-9940C avec un faible rapport Rb/Sr (0,03-0,53). Des rapports Cr/V et Cr/Th élevés (9,91-

100,75 ;28,41-686,15), respectivement, indiquent une provenance principale de la croûte mafique. Le fractionnement des terres rares (La/Yb) $N=8,48-197,89$) indique la fusion des roches mères crustales (méta-TTG). Les teneurs faibles en Hf et Zr (0,95-5,65 ppm et 23-262,85 ppm, respectivement), les faibles rapports de Sr/Y (9,17-200,65) et une corrélation positive entre TSc et Zr/Sc, indiquent un remaniement crustal. Les âges U-Pb sur zircon détritique dans les gneiss tonalitiques et granodiorites indiquent la contribution des sources mésoarchéennes et paléoprotérozoïques suggérant un âge de dépôt maximal au paléoprotérozoïques inférieur pour leur protolithe magmatique. Les âges d'interception inférieure observés dans ce domaine correspondent au remaniement tectonique de la croûte lors de l'événement panafricain associé à une fonte partielle due probablement à des activités de cisaillement à l'échelle régionale et d'accrétion magmatique de magmas juvéniles (Assomo et al., 2021 ; Tchakounte et al., 2021).

3) Le domaine Sud auquel appartient le secteur de Yémassi 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 schistes et de quartzites (les séries d'Ayos-Mbalmayo-Bengbis et Yokadouma) et un ensemble métamorphique de moyen à haut degré, composé de micaschistes, d'amphibolites, de gneiss, de migmatites, et de roches à silicate calcite (séries de Yaoundé et de Ntui-Betamba). Ces ensembles lithologiques sont intrudés par des diorites et des granodiorites (Nzenti, 1998) ; Metang et al. (2022a) et ont subi un métamorphisme de haute pression et haute température ($T = 750^{\circ}\text{C}$ 800°C , $P = 0,9 - 1,3 \text{ GPa}$; Nzenti et al., 1988) daté à $620 \pm 10 \text{ Ma}$ (âge U-Pb sur zircon : Penaye et al., 1993), à 616 Ma (âge U-Pb sur zircon et Sm-Nd ; Toteu et al., 1994) et/ou entre $613 \pm 33 \text{ Ma}$ et $586 \pm 15 \text{ Ma}$ (âge Th-U-Pb sur monazite : Owona et al., 2011a) ; Ngnotué et al. (2012) révèlent l'existence dans la série de Yaoundé d'un nouvel événement métamorphique d'âge Tonien à Sténien (911 Ma à 1122 Ma ; âge U-Pb sur zircon des métapélites) interprété comme le début du métamorphisme dans la série de Yaoundé. Les formations du domaine Sud ont subi ici une évolution polyphasée et monocyclique (Nzenti et al., 1988, 1998 ; Ngnotué et al., 2000).

Les travaux de Bissaya et al. (2023) sur la base des analyses structurales sur le terrain et en laboratoire, ont conduit aux principales conclusions suivantes :

1- Quatre épisodes de déformation ductile (D_1-D_4) et deux épisodes de déformation ductile-fragile (D_5-D_6) dominent l'évolution structurale de l'orogénèse néoprotérozoïque dans la région de Yaoundé.

- D_1 présente une foliation à faible pendage S_1 et des plis isoclinaux F_1 qui illustrent un

régime de cisaillement simple, au sein du mouvement tangentiel précoce vers le sud ;

- D₂ montre une foliation à pendage doux S₂ et une linéation L₂ de direction N-S associée à des cisaillements frappants C₂ de direction N-S, illustrant l'aplatissement général, au sein du mouvement tangentiel tardif vers le sud ;

- D₃ présente des plis de direction N-S et de raccourcissement E-W, tandis que D₄ présente des plis de direction E et de raccourcissement N-S, dénotant la tectonique transcurrente ;

- D₅ et D₆ ont eu lieu en continu par rapport à la tectonique transcurrente D₃ et D₄ antérieure avec des caractéristiques de plissement à glissement en flexion qui seraient surimprimées par des régimes de contraintes post-orogéniques plus tard.

2- Au moins deux épisodes de déformation en décrochement E₁ et E₂ qui ont engendré deux systèmes de failles en décrochement dominant l'évolution structurale du Post-Néoprotérozoïque dans la région de Yaoundé.

- Le premier système Z₁ présente des failles en décrochement orientées NW–SE à N-S. Il résulte d'un régime de décrochement orienté NW–SE avec une moyenne de σ_1 de 01/332 à 02/328 (ou 01/152 à 02/148). Elle coïncide avec la marge de subduction sud du Gondwana du Permo-Trias et l'ouverture de l'océan Atlantique Sud du Crétacé supérieur ;

- Le deuxième système Z₂ présente des failles décrochantes orientées SW-NE. Il résulte d'un régime de décrochement orienté SW-NE avec une moyenne de σ_1 de 02/272 à 03/274 (ou 02/092 à 03/094). Il est dû à la propagation de la contrainte de compression intra-plaque E-W de l'ouverture de l'océan Atlantique Sud au cours du Miocène ;

- Les deux phases ont développé plusieurs structures secondaires, par exemple des fractures en feuillets et des structures en losanges, avec une cinématique prévisible.

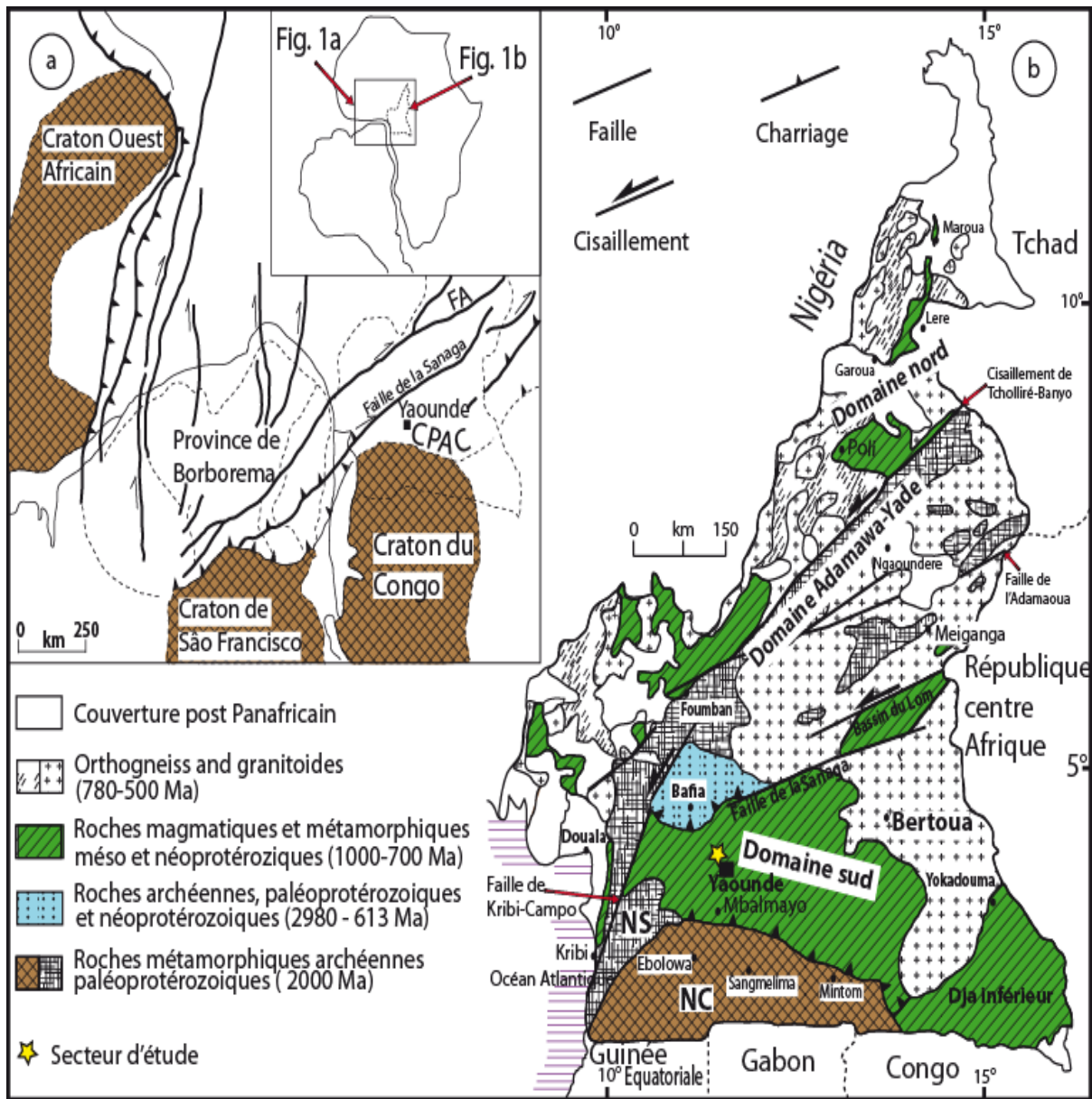


Figure 6: Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale : (a) Reconstruction géodynamique à l'échelle continentale (Oliveira et al., 2006) ; (b) Carte des différentes unités lithotectoniques au Cameroun (Metang et al. (2022b) ; modifiée de Tchakounté et al. (2017)). CP

1.2.2- Partie Nord-Ouest du craton du Congo

Le craton du Congo s'étend au Cameroun (sa bordure Nord), en République Démocratique du Congo, Angola (sa partie Sud) en passant par le Congo, le Gabon et la Guinée Équatoriale (partie Centrale). La bordure NW du craton du Congo est connue au Cameroun sous l'appellation « Complexe du Ntem » (Maurizot et al., 1986 ; Toteu et al., 1994 ; Pouclet et al., 2007). Mais les

travaux récents de (Owona et al., 2022) montrent que la bordure NW du craton du Congo comprend le complexe du Nyong et le complexe du Ntem.

I.2.2.1- Complexe du Nyong

Le complexe du Nyong est situé au N-W de celui du Ntem, il est constitué de roches sédimentaires et métamorphiques mises en place au cours d'un événement tectonométamorphique de haut degré vers 2050 Ma (Toteu et al., 1994 ; Ndema et al., 2014). Des travaux de datation SHRIMP U-Pb/Zircon (Lerouge et al., 2006 ; Owona et al., 2022) montrent que les roches du complexe du Nyong sont entièrement paléoprotérozoïques et que la plupart des protolithes sont d'âge Archéen (BIF datés de 2776 ± 34 Ma, gneiss à grenat et gneiss à orthopyroxène d'âge Mésoarchéen à Néoarchéen, métasyénites de Lolodorf datés de 2055 Ma avec un protolithe à 2836 Ma, charnockites de Bienkop entre 2044 Ma et 1985 Ma). L'évolution structurale du groupe du Nyong est marquée par trois phases de déformation auxquelles s'associe un métamorphisme polycyclique datés à 2050 Ma (âge U-Pb sur zircon) avec des assemblages granulitiques soulignés dans la partie ouest du groupe par des recristallisations panafricaines (600 Ma) (Nédeléc et al., 1993 ; Lerouge et al., 2006 ; Ndema, 2016)

I.2.2.2- Complexe du Ntem

Le complexe du Ntem occupe la plus grande surface du craton, il a été affecté par deux cycles orogéniques :

- ❖ Le cycle Libérien qui est marqué par la mise en place des protolithe de roches vertes suivie de l'intrusion de TTG (Tonalite-Trondhjémite-Granodiorite) entre 2900 et 2800 Ma. La fin de ce cycle est marquée par l'intrusion des granitoïdes anatectiques et potassiques 2600 et 2500 Ma (âges U-Pb sur zircon : Toteu et al., 1994, 2004 ; Shang et al., 2010) ;

- ❖ Le cycle Éburnéen qui est caractérisé par trois événements successifs : l'intrusion des syénites alcalines autour de 2300 Ma, la mise en place des dolérites vers 2100 Ma et enfin un métamorphisme des faciès amphibolite à granulite vers 2050 Ma.

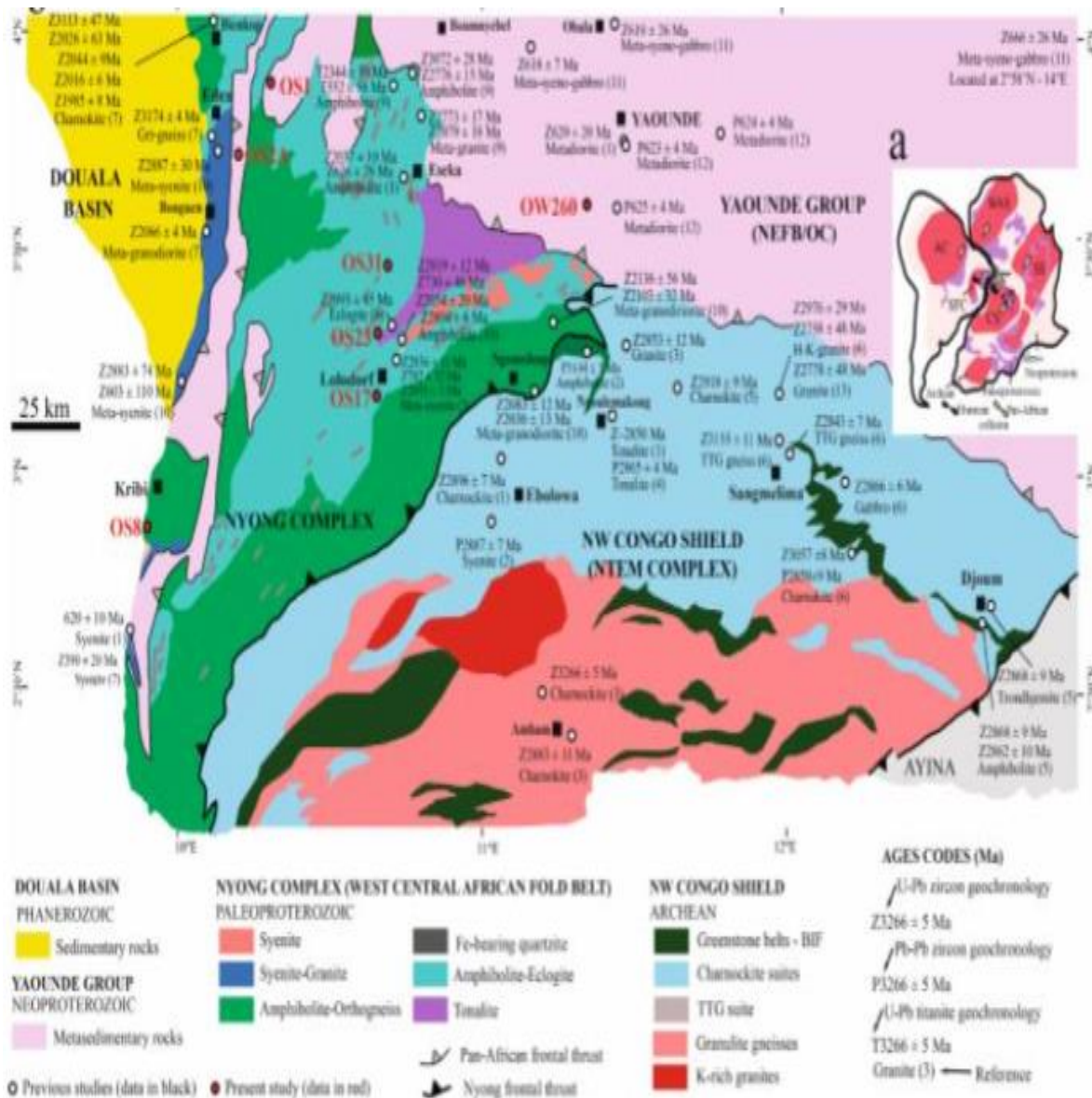


Figure 7: Carte géologique du complexe du Ntem d'après Neves et al. (2002) modifiée par Owona et al. (2021)

I.2.2- État de connaissance sur la géologie du secteur d'étude

La région de Yaoundé et ses environs comprend deux ensembles métamorphiques :

- Ensemble métasédimentaire (paragneiss) : formé de roches alumineuses, riche en Grenat, disthène et muscovite. Les principaux faciès sont des gneiss à grenat et disthène, des gneiss à grenat et plagioclase (Nzenti et al., 1988 ; Toteu et al., 2004) ;
- Ensemble métaplutonique (orthogneiss) : formé de roches sombres riches en grenat et pyroxène, moins structurées et moins abondantes que les paragneiss. Les principales roches sont des pyroxénites et les métadiorites (Nzenti et al., 1988 ; Toteu et al., 2004 ; Metang et al., 2022c).

Les métadiorites résultent de la fusion partielle d'une source mixte impliquant le manteau métasomatisé avec la contribution du matériel crustal.

Ces deux ensembles métamorphiques sont par endroits migmatisés (Nzenti et al., 1988 ; Mvondo et al., 2007) et traversés par des lentilles de granodiorites âgés de 595 ± 4 Ma (âge U/Pb sur zircon, Metang et al., 2022a). Ces granodiorites sont issues de la fusion partielle des métadiorites durant la période d'intense migmatisation dans le groupe de Yaoundé.

Metang et al. (2022b) ont montré les caractéristiques de la faille de Mewoulou-Nkolbisson par des observations de terrain et le traitement des images satellitaires. Cette faille a été cartographiée par Mvondo et al. (2007).

Metang et al. (2022d) par le traitement des images SRTM et des images Landsat 8 OLI couplées aux travaux de terrain, ont actualisé les contours des métadiorites de Yaoundé.

Les travaux de Bissaya et al. (2023) sur la base des analyses structurales sur le terrain et en laboratoire, ont conduit à observer que quatre épisodes de déformation ductile (D_1 – D_4) et deux épisodes de déformation ductile-fragile (D_5 – D_6).

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1-MATÉRIEL

Pour mener à bien les objectifs fixés dans le cadre de ce mémoire, nous avons utilisé comme matériel : (1) La carte topographique de Yaoundé 3d (Nkolbisson) à l'échelle 1/50 000, c'est sur ce fragment de carte qu'apparaît la localité de Yémassi où ont été menées les études. Des modèles numériques de terrain de type SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ; (2) Une boussole munie d'un clinomètre qui va servir à la mesure des attitudes des éléments structuraux ; (3) Un marteau pour géologue ainsi qu'une masse de 5kg pour casser l'affleurement et prélever les échantillons ; (4) Un appareil photo numérique et téléphone portable (itel) avec une bonne résolution pour la prise de vue ; (5) Un GPS (Global Positioning System) qui est le matériel de géolocalisation de marque Garmin pour relever les coordonnées géographiques des affleurements et des structures ; (6) Un carnet de terrain et les crayons pour la prise de note ; (7) Les sacs de type banco et sacs à dos pour le transport aisé des échantillons ; (8) Du papier ciment pour la protection des échantillons ; (9) Un mètre ruban pour la mesure d'épaisseur des filons ; (10) Un ordinateur pour l'analyse et le traitement des données ; (11) les logiciels Microsoft Office Word ; Microsoft Office Excel, Adobe Illustrator (CS) 11.0 pour le traitement des photos et images ; Surfer 15, Global mapper 18 et ArcGis 10.3 pour la réalisation des cartes géomorphologiques en deux (02) et en trois (03) dimensions ; QGIS3.15 pour la réalisation des autres cartes ; stéréonet pour la réalisation et traitement des Rosaces des directions et des projections Stéréographiques et (12) les microscopes polarisants de marque OPTIC YVYMEN SYSTEM et LEITZ WETZLAR pour les études pétrographiques.

II.2- MÉTHODES

Les travaux ont été effectués en trois phases à savoir la phase préliminaire, la phase de terrain et l'étape de laboratoire.

II.2.1-Travaux préliminaires

Les travaux préliminaires constituant la première étape dans l'évolution de ce travail, ont commencé par les recherches bibliographiques, recherches à partir de laquelle les synthèses des travaux sur la chaîne panafricaine en générale et de la zone d'étude en particulier ont été faites ainsi que : (1) L'acquisition des cartes topographiques (Yaoundé 3d à l'échelle 1/50 000); (2) La carte de reconstitution des domaines panafricains NE Brésiliens et Ouest Africain ressortissant la continuité entre les chaînes de Sergipano et Nord Equatorial (d'après Castaing et al., 1994 modifiée d'après Ganno et al., 2010) ; (3) La carte géologique du Cameroun (modifiée d'après Tchakounté et al., 2017 – dans Metang et al., 2022b) ; (4) l'établissement d'une carte des linéaments à partir des

images satellitaires de la localité de Yémassi extraite des scènes Landsat ETM, WGS84, UTM 33N ; (5) Réalisation de la rosace de direction à partir des azimuts des linéaments ; et (6) La réalisation de la carte géologique du secteur ainsi que la carte de localisation et hydrographique du secteur d'étude.

II.2.2-Travaux de terrain

Nous avons effectué une campagne d'une durée de 14 jours au courant du mois de juillet 2024 avec une méthode de travail basée sur les observations à l'échelle mésoscopique et macroscopique. Lors de cette campagne, différents travaux ont été effectués. Il s'agit notamment de : (1) prélèvement des échantillons de roche, description macroscopique, nomenclature et classification selon le type lithologique ; (2) prélèvement de quelques échantillons de roche pour les études pétrographiques à l'échelle microscopique ; (3) localisation sur la carte topographique des différents affleurements de roche observés ; (4) identification des éléments structuraux enregistrés par les roches de la localité, mesure de leur attitude, établissement d'une chronologie relative entre ces différents éléments structuraux et prise de photos ; (5) établissement d'une chronologie relative des événements tectonométamorphiques et (5) l'identification et vérification sur le terrain de certaines structures observées sur les images satellitaires.

II.2.3-Travaux de laboratoire

Les travaux de laboratoires ont consisté en : (1) la confection des lames minces à partir des échantillons que nous avons prélevés et sélectionnés sur le terrain. Treize (13) lames minces ont été réalisées au laboratoire des lames minces du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I. Les observations microscopiques de ces lames minces se sont déroulées au Laboratoire de Géosciences des Formations Profondes et Applications (LGFPA) du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I à l'aide d'un microscope polarisant (LEITZ WETZLAR) ; (2) l'étude statistique des attitudes des éléments structuraux a été faite dans le même Laboratoire par projection dans l'hémisphère inférieur du canevas de Schmidt à l'aide du logiciel stéréonet et (3) la réalisation des cartes, des saisies et traitement des données à l'ordinateur.

II.2.4-Traitement des images satellitaires

Le traitement des images satellitaires s'est fait aussi bien pendant les travaux préliminaires qu'en laboratoire. Il a permis la réalisation de certaines cartes comme le modèle numérique de terrain, la carte des lignes de crêtes, des hydrographiques, des trajectoires de foliation et des linéaments pénétratifs. La méthode utilisée pour cette partie est le filtrage. Le filtrage est une

technique visant à éliminer le bruit contenu dans les données. Le bruit étant défini comme toute donnée non utile qui masque l'information recherchée. En géologie, l'on s'intéresse à la découverte dans l'image, des discontinuités dans les textures comme par exemple les contours de zones relativement homogènes, ce qui peut révéler la présence des failles ou des fractures. Deux modes de filtrage ont été utilisés. Il s'agit du filtrage spatial et du filtrage directionnel de Sobel.

II.2.4.1-Filtrage spatial

Le filtrage spatial par convolution permet de modifier la valeur numérique d'un pixel selon sa relation avec les valeurs des pixels voisins (Metang et al., 2014 ; Takodjou et al., 2016). Le niveau de gris de chaque pixel à l'intérieur de la fenêtre mobile sur l'image est multiplié par la valeur correspondante de la matrice de convolution. La valeur finale attribuée au pixel central représente la somme de ces produits divisée par le nombre d'éléments de la fenêtre. L'image résultant provient de la convolution de la fenêtre sur l'image entière (Metang et al., 2014 ; Takodjou et al., 2016 et Binam et al., 2018). La dimension de la fenêtre en pixels, est directement proportionnelle à l'ordre de grandeur des changements spatiaux reliés aux linéaments à détecter. Dans le cadre de ce mémoire, compte tenu de la superficie réduite de notre secteur d'étude et de l'ordre de grandeur des structures, nous retiendrons une fenêtre de 3 x 3 pour détecter les linéaments majeurs et pour générer les structures plus fines.

II.2.4.2- Filtrage directionnel de Sobel

Les filtres directionnels améliorent la perception des linéaments en provoquant un effet optique d'ombres portés sur l'image comme si elle était éclairée par une lumière rasante (Marion, 1987). Le rehaussement des linéaments a donc été effectué à partir des filtres directionnels utilisant l'opérateur de Sobel. Ce filtre de Sobel est une variété plus sélective de filtres directionnels où les valeurs de la matrice de convolution sont déterminées selon la distance par rapport au pixel central. Celui-ci peut détecter aussi bien les linéaments orientés verticalement, horizontalement et à 45° par rapport au gradient du filtre. La dimension des filtres varie selon les besoins. Seuls les linéaments dont la dimension est supérieure à la fenêtre de convolution sont détectés (Colwell, 1983).

**CHAPITRE III : INVENTAIRE LITHOLOGIQUE
ET ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE**

Dans ce chapitre, il sera question de faire un inventaire lithologique et une étude pétrographique des formations géologiques rencontrées dans le secteur d'étude. Quatorze échantillons ont été prélevés dans quinze sites explorés. Par la suite, treize lames minces ont été confectionnées. Les observations de terrain couplées à l'étude des lames mince ont permis de mettre en évidence un seul ensemble métamorphique. Les affleurements sont sous formes de dômes ou de dalles. Dans cette étude, la nomenclature utilisée pour la description des textures est celle de Bard (1980) et les abréviations utilisées pour les minéraux sont celles proposées par Kretz (1983).

L'ensemble métamorphique (Fig. 7) est très répandu dans le secteur d'étude. Par endroits, ces roches sont altérées ou présentent un début d'altération. Il s'agit des gneiss à disthène, des gneiss à deux micas, les micaschistes à grenat et les micaschistes à grenat et disthènes. Les minéraux perceptibles à l'œil nu sont : quartz, biotite, feldspath alcalin, grenat, muscovite, disthène et plagioclase.

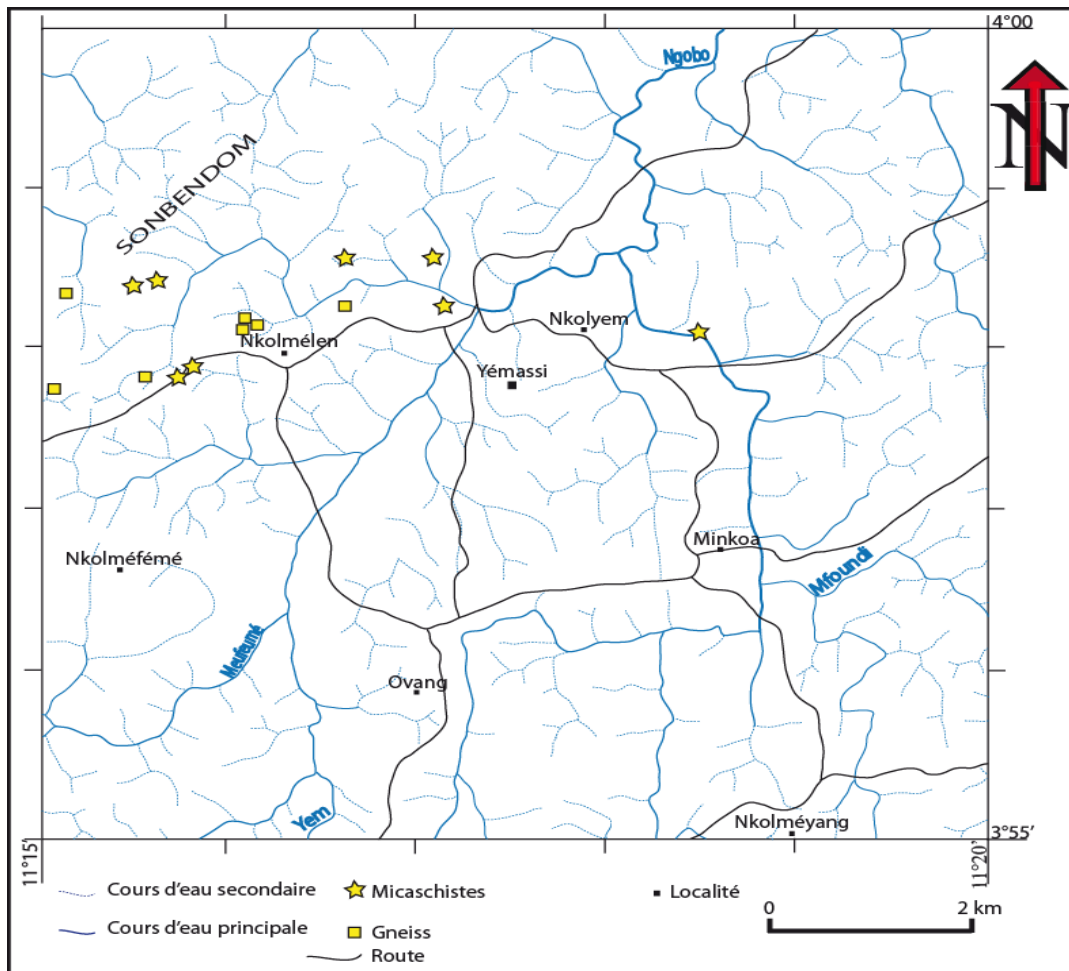


Figure 8: carte d'échantillonnage du secteur d'étude

III.1- Gneiss à deux micas

Les gneiss à deux micas affleurent sous la forme de dalle dans la localité d'Akok. La roche a un aspect gris sombre, constituée de minéraux de tailles millimétriques et présente une structure foliée marquée par l'alternance de bandes claires (riches en quartz et feldspaths) et de bandes sombres (riches en minéraux ferromagnésiens). Au microscope, la roche est présente une texture lépidogranoblastique, composée principalement de biotite, feldspath alcalin (orthose), quartz, grenat, amphibole, muscovite et les minéraux opaques.

➤ **La biotite (34%)** est en paillettes subautomorphes à xénomorphes. La plupart des paillettes forme des amas qui sont dissimilés dans la roche. Cependant, des lamelles isolées, disséminées dans la roche présentent une orientation préférentielle qui alternent avec des lits quartzo-feldspathiques (Fig.9B et 9D). Certaines lamelles fines de biotite se retrouvent parfois en inclusion dans le grenat (Fig.9C).

➤ **Le quartz (16%)** est en agrégats subautomorphes à xénomorphes, avec des tailles comprises entre 0,5 mm et 5mm. Certains cristaux sont interstitiels entre les cristaux de l'orthose et biotite (Fig.9B). D'autres cristaux se transforment. Le quartz est fracturé par endroits (Fig.9B).

➤ **Le feldspath alcalin (15%)** (orthose) est représenté exclusivement par des cristaux subautomorphes à xénomorphes, ayant des dimensions ne dépassant pas 2,16 mm de long. Le feldspath alcalin présente parfois des inclusions de quartz et de biotite (Fig.9C et 9B).

➤ **Le grenat (12%)** est moulé par les paillettes de biotite. L'on note des inclusions de quartz dans le grenat. Ce quartz dans le grenat est dans une paragenèse primaire et le grenat est dans une paragenèse secondaire (Fig.9C). Par endroits autour du grenat, l'on a des fins grains quartzo-feldspathiques témoignant ainsi un début de mylonitisation (Fig.9C). L'on observe une transformation du grenat en biotite en présence du quartz (Fig. 9D).

➤ **Le disthène (6%)** apparaît sous une forme xénomorphes. Il est en association avec la biotite et l'on note des inclusion de quartz (Fig.9E). La rétro-morphose du disthène en muscovite s'observe par endroits.

➤ **L'amphibole (5%)** présente une forme subautomorphe à xénophobe. L'on observe une rétro-morphose de l'amphibole en biotite (Fig. 9E).

➤ **La muscovite (2%)** apparaît sous forme de lamelles xénomorphes. Par endroits, certaines

paillettes sont ployées alors que d'autres moulent les porphyroblastes de grenat. Les lamelles de biotites épousent parfois l'orientation des biotites. Leur taille peut atteindre 1 mm de grand axe (Fig.9D).

- **Les minéraux opaques** proviennent de l'altération du grenat et de la biotite.
- **Le zircon apparaît** le plus souvent en inclusion dans la biotite.

III.2- Gneiss à disthène

Les gneiss à disthène sous la forme de dalle et en blocs dans la localité de Nkol-Melen chefferie. Les affleurements présentent un aspect gris rougeâtre dû à la patine. Les minéraux sont de taille millimétrique et leur disposition témoigne une structure foliée. Au microscope, la roche est caractérisée par une texture granolépidoblastique hétérogranulaire composée principalement du quartz, feldspath alcalin (orthose), biotite, disthène, plagioclase, microcline, amphibole, muscovite, andalousite et les minéraux opaques.

➤ **Le quartz (21%)** apparaît en petits cristaux de forme xénomorphe de taille comprise entre 0,5 mm et 3mm. D'autres cristaux se trouvent isolés ou en inclusions dans la biotite, le disthène (Fig.10C et 10F) et l'andalousite (Fig. 10E).

➤ **Le feldspath alcalin (19%)** est représenté par des phénocristaux automorphes à xénomorphes de taille comprise entre 0,5 mm et 15mm. Des cristaux de feldspath se retrouve en inclusion dans le disthène, le quartz.

➤ **La biotite (16%)** est en paillettes subautomorphes à xénomorphes. La biotite se présente en lamelles dont la taille peut atteindre 6 mm de grand axe et parfois en amas. L'on note une orientation préférentielle des biotite (Fig. 10B). Certaines lamelles biotites sont en association avec le feldspath alcalin (Fig. 10B) et d'autre en inclusion dans le disthène, le quartz, le feldspath, le microcline et plagioclase.

➤ **Le disthène (11%)** est représenté d'une part par un porphyroblastes ayant une forme xénomorphe (Fig. 10E) et d'autre part subautomorphe à xénomorphe (Fig. 10C). L'on observe une transformation du disthène en muscovite au niveau des extrémités de certains porphyroblastes. L'on note une orientation préférentielle du disthène qui épouse celle des paillettes de biotite et même les grains de quartz (Fig. 10C). Des inclusions de quartz sont fréquentes (Fig.10C).

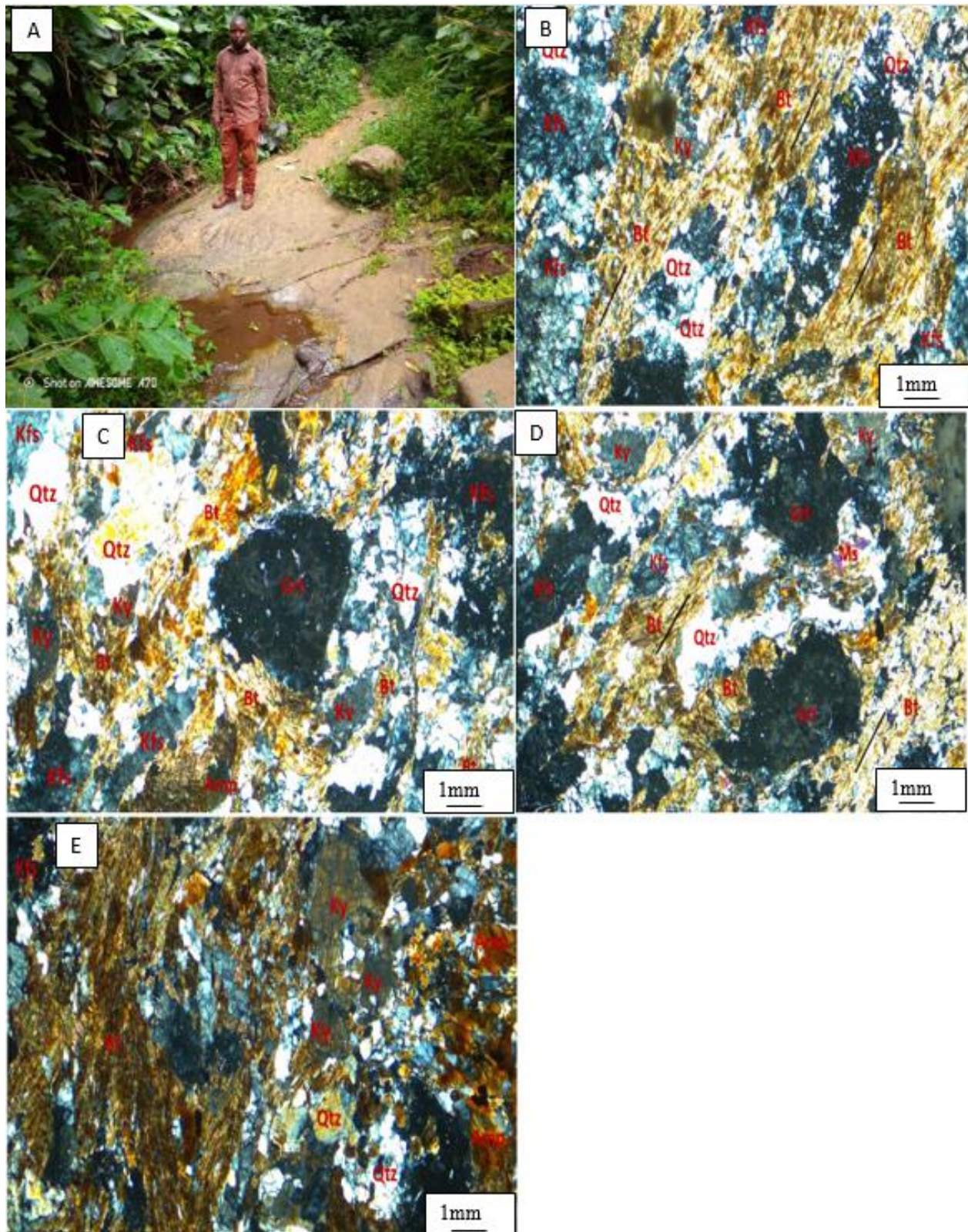


Figure 9: Photographie et microphotographies des gneiss à deux micas : A) affleurement en dalle dans le village d'Akok ; B) orientation préférentielle des biotites qui alternent avec des lits quartzo-feldspathiques ; C) début de mylonitisation autour des porphyroblastes de grenat ; D) transformation du grenat en biotite en présence du quartz ; E) rétro-morphose de l'amphibole en Biotite.

- **Le plagioclase (10%)** apparaît sous forme de plages automorphes, de taille comprise entre 4 et 15 mm de long et 2 à 10 mm de large. L'on note des inclusions de biotite (Fig. 10D). Les textures myrmekitiques apparaissent par endroits dans le plagioclase (Fig. 10C).
- **Le microcline (8%)** a une forme subautomorphes de taille comprise entre 15 mm de large et 25 mm de long. L'on observe des inclusions de biotite (Fig. 10D).
- **L'amphibole (8%)** présente une forme subautomorphe à xénomorphe. L'on observe une inclusion de quartz dans l'amphibole et une rétro-morphose de l'amphibole en biotite (Fig. 10B).
- **L'andalousite (3%)** a une forme subautomorphe de taille comprise entre 2 à 5 mm de large et 5 à 8 mm de long. L'andalousite est disposée suivant une orientation préférentielle et oblique à l'orientation préférentielle des biotites (Fig. 10E)
- **La muscovite** apparaît en lamelles étirées et présentant une orientation préférentielle (2%). Certaines paillettes sont issues de la transformation du plagioclase ou du disthène.
- **Les minéraux opaques (2%)** proviennent de l'altération du grenat et de la biotite.

III.3- Micaschistes à grenat et disthène

Les micaschistes à grenat et disthène affleurent sous la forme de dôme sur le mont Elokolo dans la localité d'Akok. Ils ont une couleur grise, constitués de minéraux de tailles millimétriques et présentent une structure foliée marquée par l'alternance de bandes claires (riches en quartz et feldspaths) et de bandes sombres (riches en minéraux ferromagnésiens). Au microscope, la roche est caractérisée par une texture Granolépido-nématoblastique hétérogranulaire, composée principalement de quartz, feldspath alcalin (orthose), disthène, grenat, amphibole, biotite, plagioclase, rutile et les minéraux opaques.

- **Le quartz (18%)** est présent d'une part sous la forme de porphyroblastes subautomorphes à xénomorphes de taille comprise entre 10 mm et 30 mm et d'autre part par des petits cristaux de taille comprise entre 0,5 mm et 7 mm. Certains porphyroblastes de quartz présente des inclusions de biotite (Fig. 11D) et d'autre en inclusion dans le grenat, le disthène et certaines paillettes de biotite (Fig. 11B).

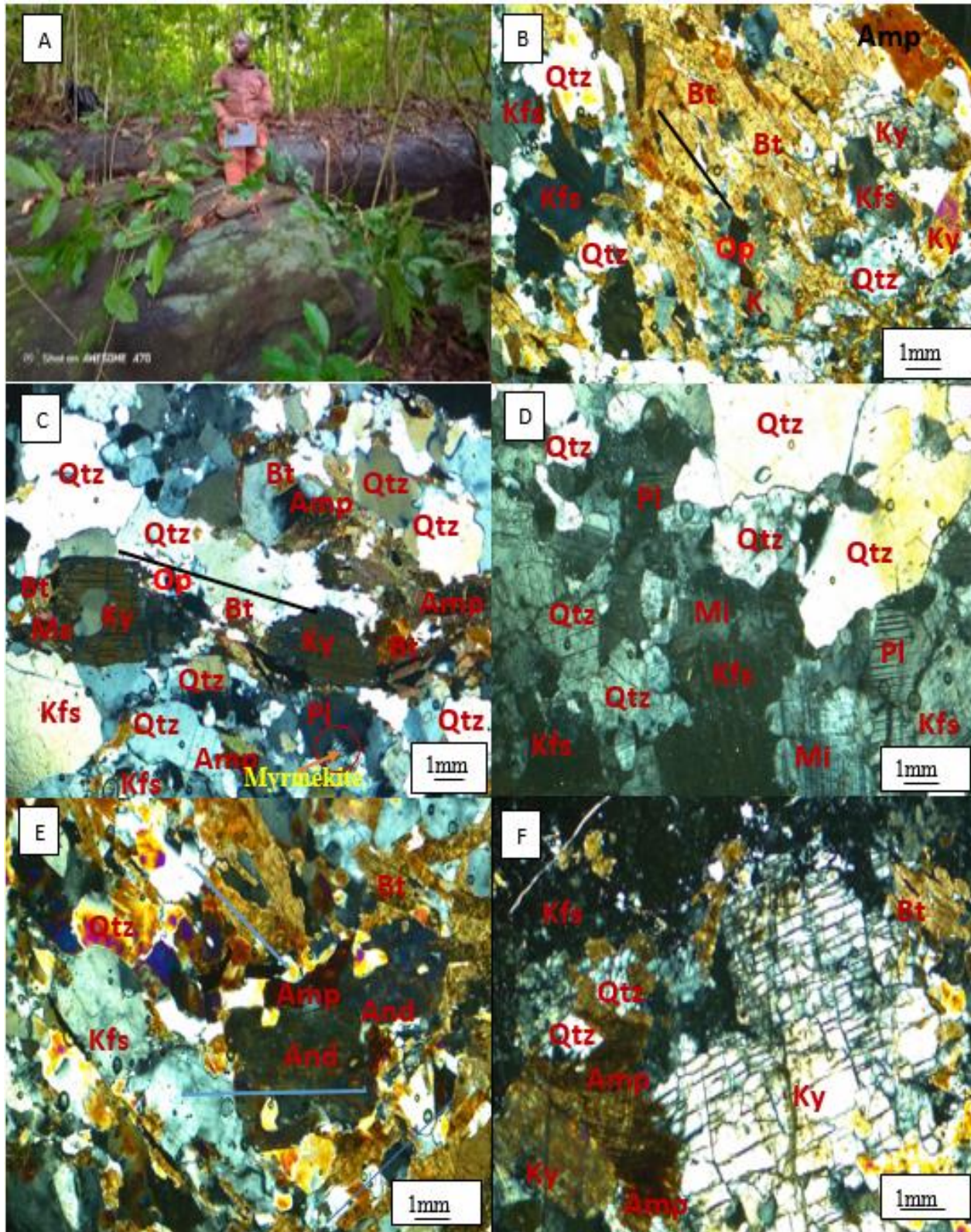


Figure 10: Photographie et microphotographies des gneiss à disthène : A) affleurement en dalle dans le village Nkol-Melen chefferie ; B) orientation préférentielle des biotites ; C) orientation préférentielle du disthène qui épouse celles des paillettes de biotite et même des grains de quartz ; D) inclusions de biotite ; E) inclusion du feldspath dans le disthène ; F) porphyroblastes de disthène.

➤ **Le feldspath alcalin ou orthose (17%)** tout comme le quartz est représenté par des gros cristaux subautomorphes à xénomorphes de taille comprise entre 10 mm et 30 mm d'une part et des petits cristaux compris entre 0,5 mm et 9 mm. Des cristaux d'orthose sont généralement en association avec le quartz.

➤ **Le disthène (13%)** présente une forme automorphe à subautomorphe de 15 à 30 mm de long et 2 à 5 mm de large. Certains présentent une orientation préférentielle (Fig. 11D et 11B) et d'autres des inclusions de quartz (paragenèse primaire) et de biotite (Fig. 11B). L'on note une déstabilisation du disthène aux niveaux de ses extrémités en petites paillettes de muscovite (Fig. 11B).

➤ **Le grenat (14%)** est présent sous forme de porphyroblastes subautomorphe à xénomorphe moulé par la muscovite (Fig. 11B) d'une part et d'autre part avec la biotite (Fig. 11B) ou encore par l'association des deux micas. L'on note des inclusions de quartz (paragenèse primaire) et de biotite dans le grenat (Fig. 11D et 11B). Une transformation du grenat en biotite apparaît par endroits (Fig. 11B).

➤ **L'amphibole (12%)** présente une forme subautomorphe à xénomorphe de taille variable. L'on observe une rétro-morphose de l'amphibole en biotite (Fig. 11F).

➤ **La biotite (10%)** est en paillettes subautomorphes à xénomorphes. La biotite se présente en lamelles dont la taille peut atteindre 5mm de grand axe et parfois en amas. Certaines biotites sont en inclusion dans le disthène (Fig. 11B), le feldspath alcalin (Fig. 11E) et le grenat (Fig. 11B) et d'autres sont en cours d'altération pour former la chlorite (Fig. 11B et 11E).

➤ **Le plagioclase (10%)** apparaît sous forme de plages subautomorphes (Fig. 11C).

➤ **Le rutile (2%)** présente une forme subautomorphe à xénophobe. Il est en association fréquente avec la biotite (Fig. 11E et 11F).

➤ **Les minéraux opaques (3%)** proviennent de l'altération du grenat et de la biotite.

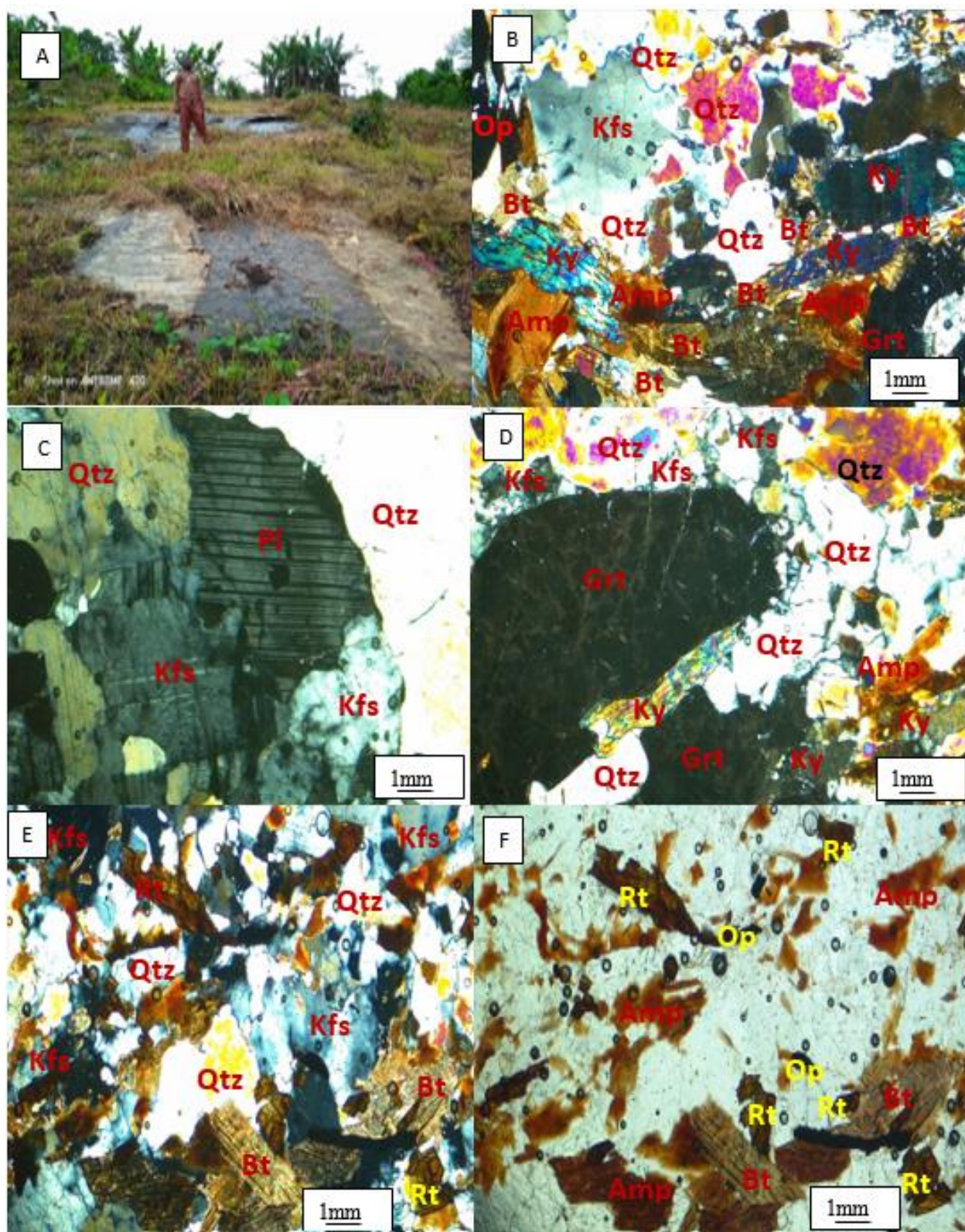


Figure 11: Photographie et microphotographies des micaschistes à grenat et disthène : A) affleurement en dôme au niveau du Mont Elokolo dans le village Nkol-Melen chefferie ; B) orientation préférentielle des disthènes, déstabilisation du disthène aux extrémités en muscovite, transformation du grenat en biotite; D) porphyroblaste de grenat ; E) et F) rutile et minéraux opaques.

III.4- Micaschistes à grenat

Les micaschistes à grenat se présentent en dalle ou en blocs dans la localité de Yémassi. Macroscopiquement, la roche présente une altération. Elle est de couleur blanchâtre, constituée de minéraux de tailles millimétriques. Les bandes claires (riches en quartz et feldspaths) et de bandes sombres (riches en minéraux ferromagnésiens) sont une caractéristique de ces roches à l'échelle de l'affleurement. Au microscope, la roche est caractérisée par une texture porphyrogranolépidoblastique hétérogranulaire composée principalement du grenat, quartz, feldspath alcalin, biotite, muscovite, amphibole, plagioclase, microcline et les minéraux secondaires (minéraux opaques).

➤ **Le grenat (21%)** est sous forme de porphyroblastes de forme subautomorphes à xénomorphes. L'on note une transformation du grenat en feldspath potassique et alcalin (Fig. 12C). Le grenat est moulé par les paillettes de biotite. Certains cristaux sont sigmoïdes et sont témoin d'un cisaillement de cinématique senestre. L'on observe des queues de cristallisation ou des minéraux néoformés tels que biotite, quartz ; muscovite, biotite et minéraux opaques sont identifiés. Les petits grains de quartz entourent les porphyroblastes de grenat (Fig. 12C). Dans certains porphyroblastes de grenat, l'on observe des inclusions de quartz témoin d'une paragenèse primaire (Fig. 12F).

➤ **Le quartz (16%)** apparaît en gros cristaux et en petits cristaux présentant une forme subautomorphe à xénomorphe, avec des tailles variables. Certains cristaux sont en inclusion dans le grenat et le plagioclase (Fig. 12D, 12C et 12F). L'on observe une orientation préférentielle de certains cristaux de quartz (Fig. 12F).

➤ **Le feldspath alcalin ou orthose (14%)** est représenté par des gros et petit cristaux subautomorphes à xénomorphes de taille variable. L'on note des inclusions du feldspath alcalin dans le grenat (Fig. 12F).

➤ **La biotite (12%)** est en paillettes subautomorphes à xénomorphes avec des tailles variables. La biotite moule le grenat par endroits (Fig. 12F). Certaines paillettes de biotite se trouvent en inclusion dans le grenat, le plagioclase, le feldspath alcalin (Fig. 12D) et le quartz (Fig. 12F) et d'autres sont en association fréquente avec la muscovite (Fig. 12D).

➤ **La muscovite (10%)** est présente sous forme de paillette. Elle est en inclusion dans le grenat et le plagioclase (Fig. 12E).

➤ **L'amphibole (8%)** présente une forme subautomorphe à xénophobe. Elle présente des rétro-morphose en biotite autour du grenat (Fig.12F). Certains prismes d'amphibole épousent l'orientation préférentielle des lamelles de biotite et de muscovite.

➤ **Le plagioclase (8%)** est sous forme de larges plages (35 x 50 mm) subautomorphes à xénomorphes. La plage de plagioclase englobe les inclusions de biotite, de quartz et de feldspath alcalin. L'on observe un début de déstabilisation des plagioclases en sericite. Des fissures orientées dans plusieurs directions sont plus marquées dans les porphyroblastes de plagioclase (Fig. 12D).

➤ **Le microcline (5%)** se présente en cristaux subautomorphes de taille comprise entre 9 mm de large et 15 mm de long. Les inclusions de biotite sont fréquentes. Certains cristaux sont altérés au niveau de leurs extrémités (Fig. 12D).

➤ **Les minéraux opaques (3%)** proviennent de l'altération du grenat et de la biotite.

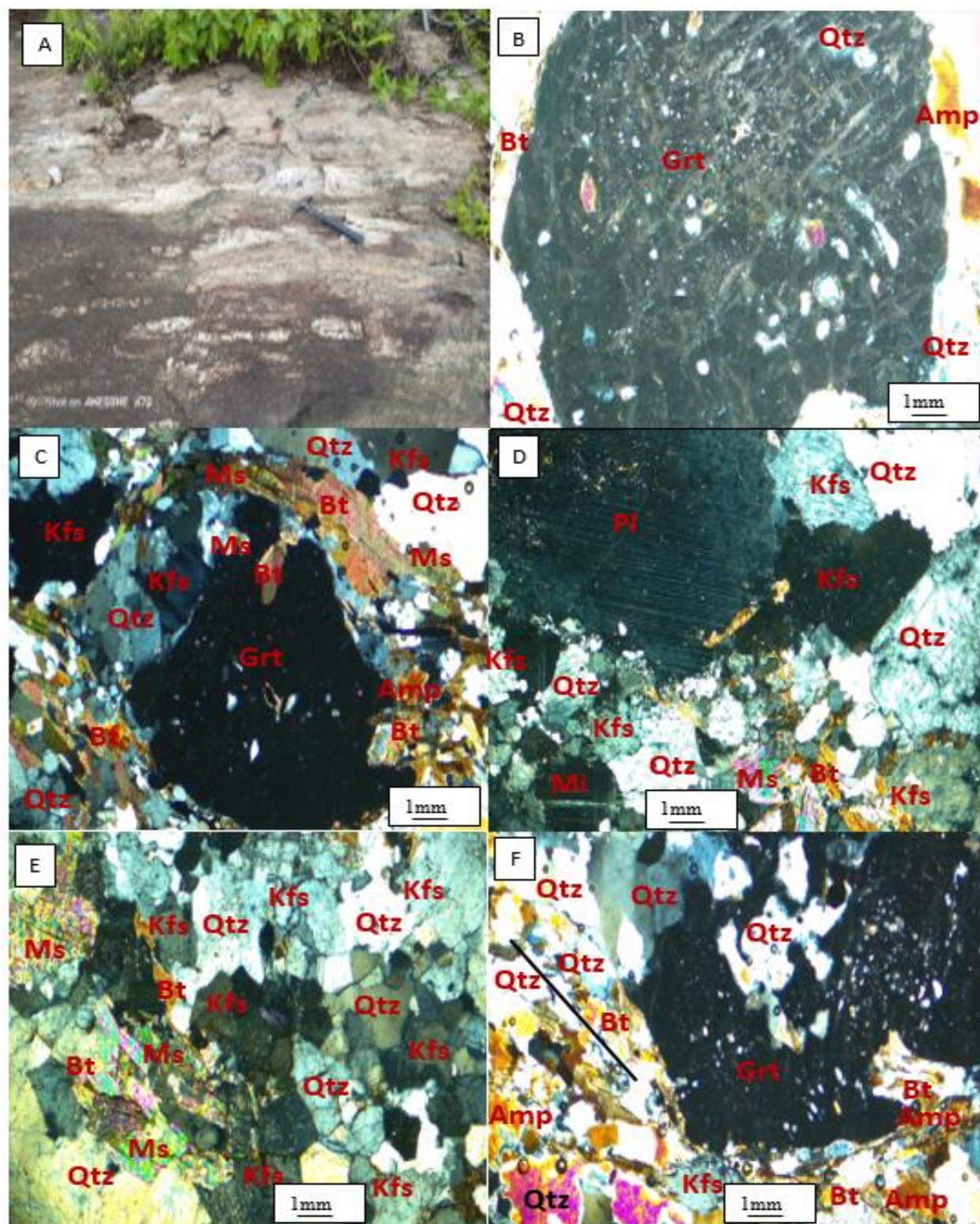


Figure 12: Photographie et microphotographies des micaschistes à grenat : A) affleurement en dalle dans la localité de Yémassi ; B) transformation ou rétromorphose du grenat en feldspath potassique et alcalin ; C) porphyroblastes sigmoïde de grenat des queues de cristallisation riches en minéraux néoformés ; D) plagioclase et microcline en cours de déstabilisation ; E) cristaux de biotite et muscovite allongé suivant la foliation de la roche F) orientation préférentielle de certains cristaux de quartz, rétromorphose de l'amphibole en biotite.

La figure 13 ci-dessous donne une idée sur l'agencement et la disposition des roches rencontrées dans le secteur d'étude.

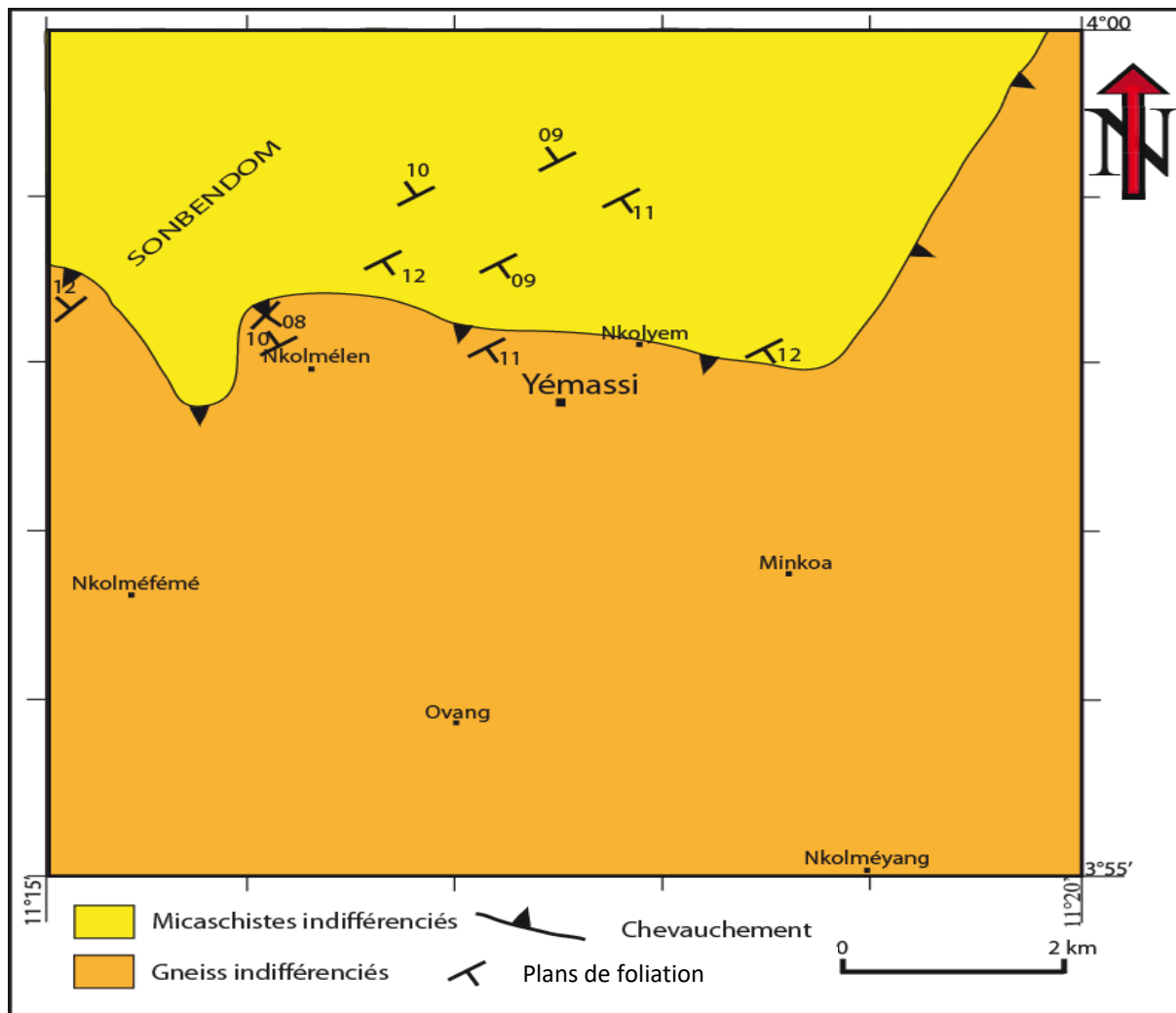


Figure 13: Carte géologique du secteur d'étude

Tableau 2: Caractéristiques texturales et métamorphiques des roches du secteur d'étude

Types pétrographiques	Texture	Association minérale	Faciès
Gneiss à deux micas	Lépidogranoblastique	Bt+Qtz+Grt+Kfs+Ky+Amp	granulite
		Bt+Qtz+Kfs+Ms+Op	amphibolite
Gneiss à disthène	Granolépidoblastique hétérogranulaire	Qtz+Ky+Bt+Amp+And+Ms	granulite
		Qtz+Kfs+Bt+And+Ms+Op	amphibolite
Micaschistes à grenat et disthène	Granolépidoématoblastique hétérogranulaire	Qtz+Kfs+Ky+Grt+Bt+Rt	amphibolite
		Qtz+Kfs+Bt+Amp+Chl+Op	Schiste vert
Micaschistes à grenat	porphyrogranolépidoblastique hétérogranulaire	Grt+Qtz+Kfs+Bt+Ms+Amp+Pl+Mi	Amphibolite
		Bt+Ser+Kfs+Ms+Op	Schist vert

**CHAPITRE IV : ANALYSE
GEOMORPHOLOGIQUE ET STRUCTURALE**

Le présent chapitre est consacré à l'analyse de la déformation qui a affecté le secteur de Yémassi. Cette étude qui comprend d'une part une analyse géomorphologique et d'autre part une analyse structurale permettra, à terme de définir et de caractériser les différents épisodes de la déformation ayant affecté les formations géologiques du secteur exploré.

IV.1- ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE

L'analyse géomorphologique est abordée à travers le volet orographique (relief), hydrographique (réseau hydrographique) et l'analyse linéamentaire.

IV.1.1- ANALYSE DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE

IV.1.1.1- Orographie

La carte des unités géomorphologiques (Fig. 14) couplée à la carte orographique (Fig. 2) nous renseigne sur les différentes altitudes du secteur d'étude à partir des courbes de niveaux montrant une variation d'altitude allant de 552 à 864 m.

L'on observe une zone montagneuse dans la partie NW et SW du secteur d'étude correspondant à une zone de hautes altitudes pouvant atteindre 864m. Les basses altitudes observées dans la partie NE et SSE traduisent une zone de sommets de faible amplitude à talweg prononcé matérialisant les affluents des rivières Ngobo, Meufaumé et Nfoundi de direction moyenne N-S.

La succession de reliefs ainsi que l'alternance des formes dans le paysage a permis la mise en évidence de trois unités géomorphologiques recouvrant l'ensemble du secteur d'étude.

IV.1.1.2- Analyse du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est dense et dendritique et présente des orientations à tendance parallèle et perpendiculaire. La qualification des écoulements régionaux se fait par hiérarchisation hydrographique (Fig.4). Cette carte montre que les collecteurs principaux qui s'écoulent du Nord au Sud, sont plus ou moins parallèles. Les affluents d'ordre inférieur quant à eux se connectent perpendiculairement aux cours d'eaux secondaires dans un cas général et ont des directions diverses et aléatoires. Les directions d'écoulement ont été déterminées à partir des azimuts des linéaments hydrographiques générés par traitement. Ce qui a permis d'avoir la carte des linéaments hydrographiques (Fig. 15) qui sera utilisée pour évaluer et cartographier la carte de fracturation.

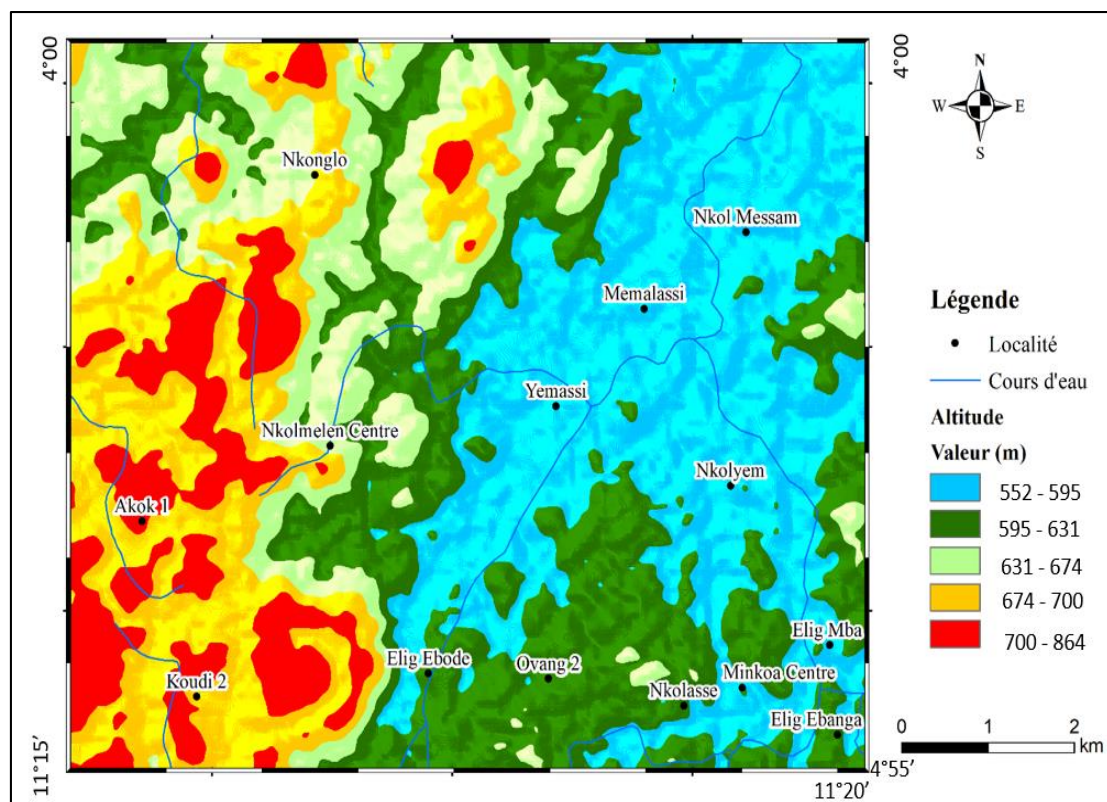


Figure 14: Carte des unités géomorphologiques du secteur d'étude, extraite de l'image SRTM

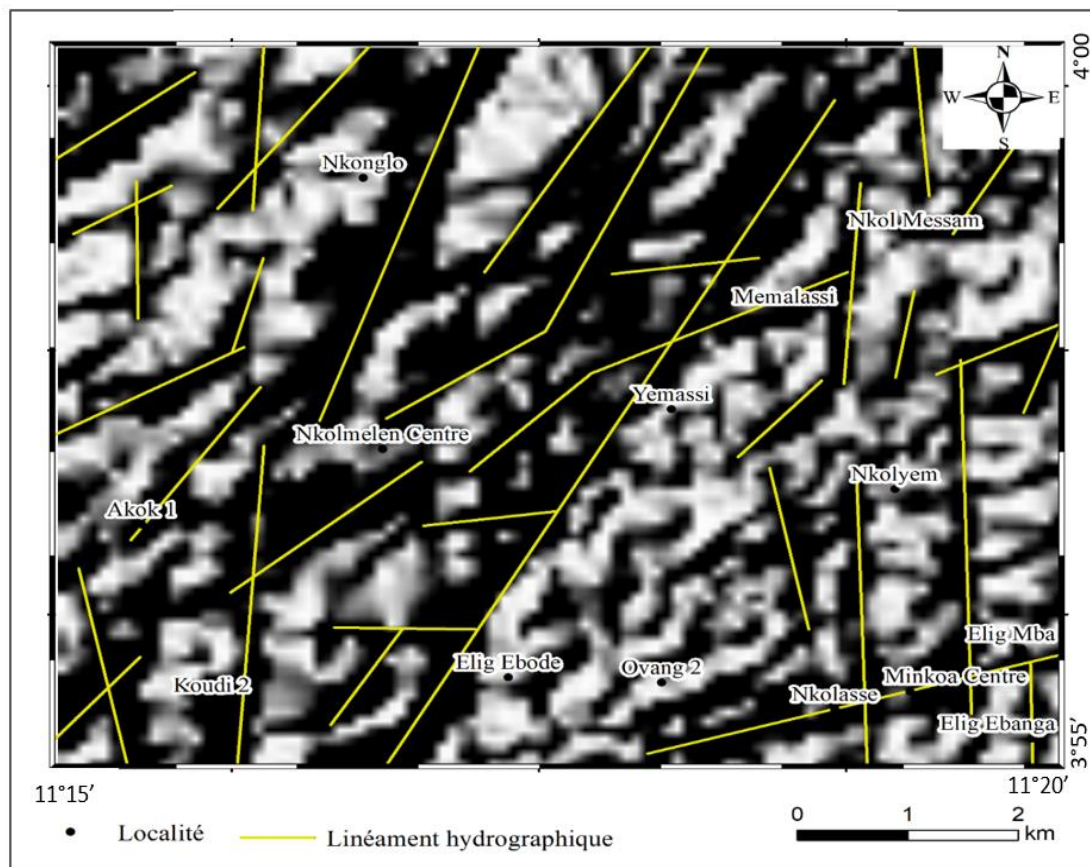


Figure 15: Carte des linéaments hydrographiques de Yémassi et ses environs

IV.1.1.3- Analyse du modèle numérique de terrain

- Analyse de la carte du model numérique de terrain

Le modèle numérique de terrain est résumé en une carte thématique renseignant sur les différents niveaux d'altitude de terrain reparté en secteur. Le relief de Yémassi est donc à prédominance haut. Le bloc diagramme permet d'apprécier les dénivellations du relief. En effet, le bloc diagramme met en évidence les collines de la partie Ouest du secteur d'étude avec des altitudes évoluant de 620 à 840 m. La partie Est du secteur d'étude est également caractérisée par une zone haute (comme l'indique la Fig. 16), mais présente de faible altitude marquée et caractérisée de collines atteignant 670 m de hauteur.

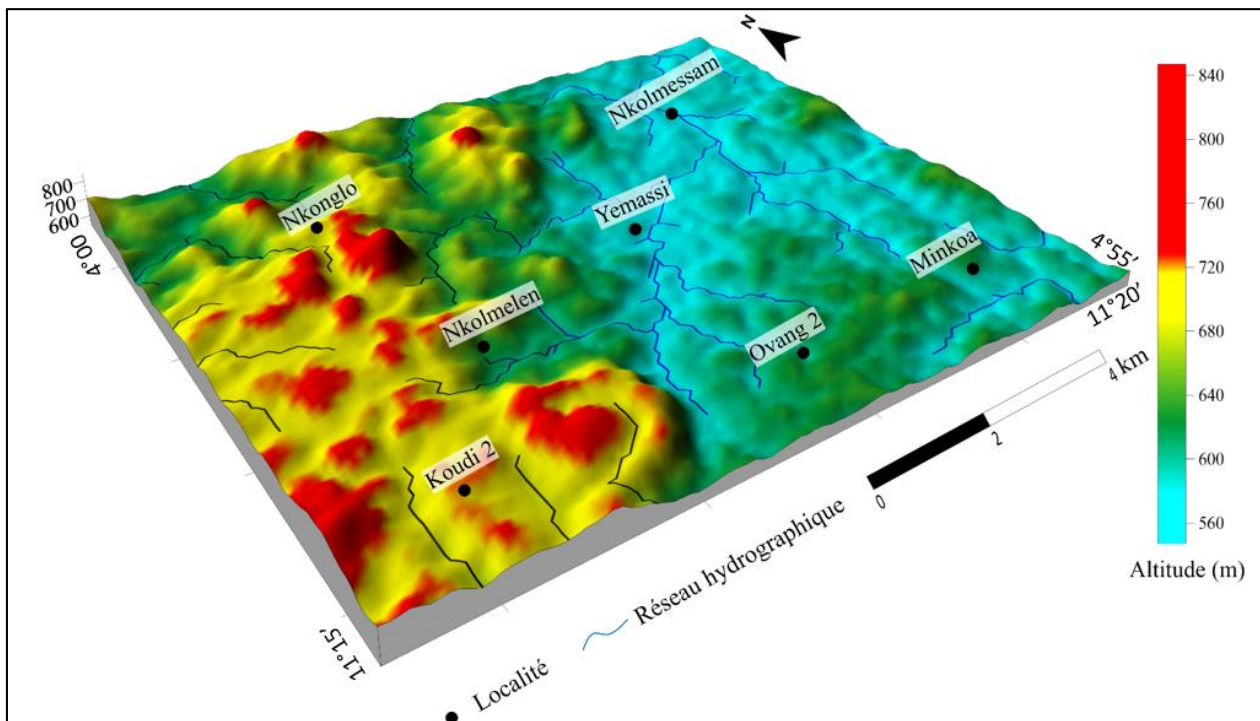


Figure 16: Bloc diagramme extraite de l'image SRTM du secteur d'étude

IV.1.1.4- Analyse de la carte des pentes

La carte des pentes (Fig. 17) du secteur d'étude révèle que, bien qu'on observe des collines dans tout le secteur, les routes sont par endroits construites au pied des collines. Ses routes traversent les collines ne pouvant pas être contournées ; ce qui peut ou pas rassurer sur l'accessibilité du secteur d'étude. Cette carte des pentes met les lignes de crêtes et les talwegs en évidence. En ce qui concerne les lignes de crête, la bordure SE met en exergue une concentration de forte pente avec des valeurs comprises entre 14 et 77°, ce qui définit ainsi un alignement de flancs de montagne visible sur la carte des lignes de crêtes.

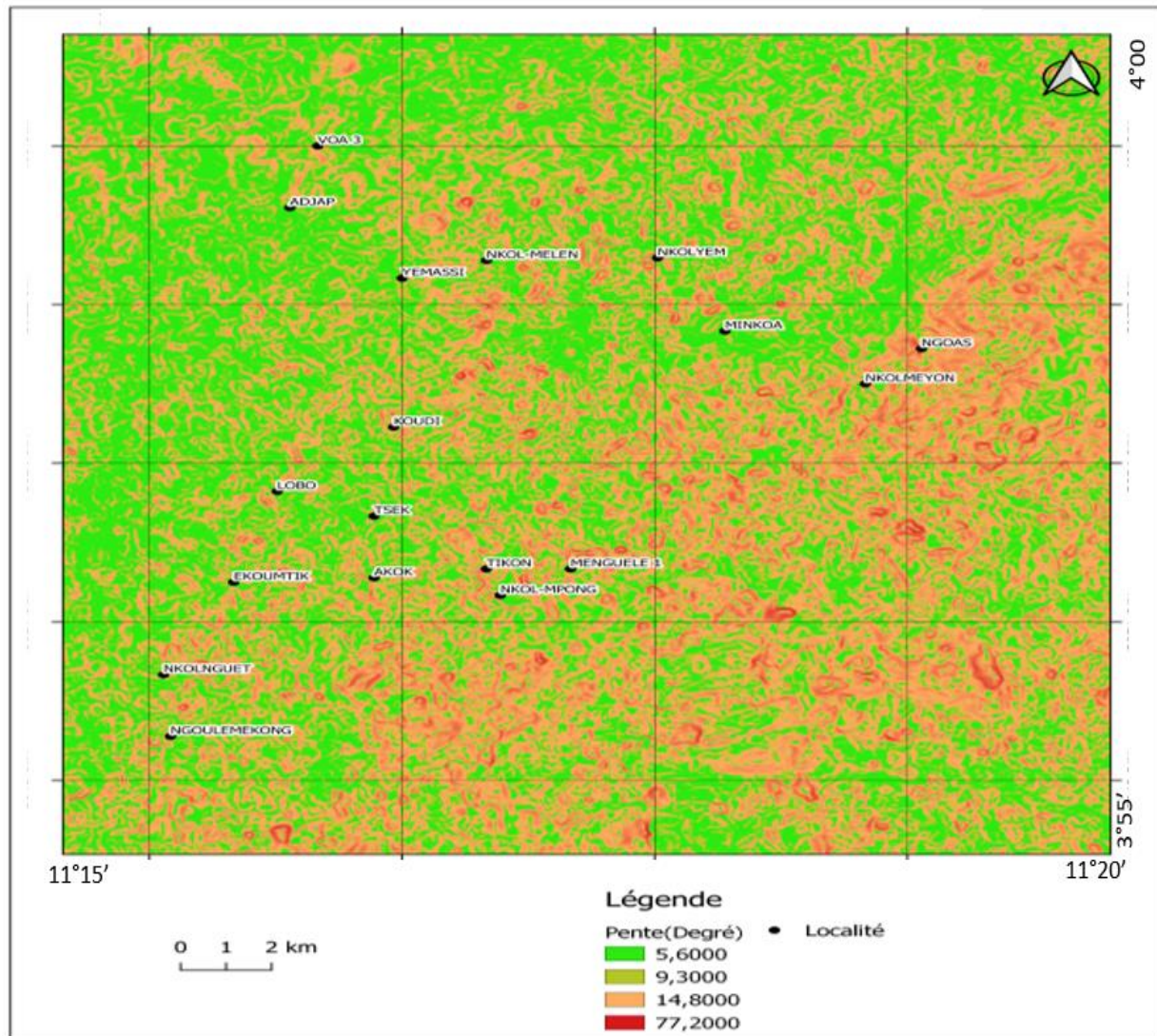


Figure 17: Carte des pentes extraites de l'image SRTM du secteur d'étude

IV.1.1.5- Analyse de la carte des linéaments

La carte des linéaments est celle qui apporte des informations directes sur l'arrangement des structures géologiques à l'échelle régionale, à partir des traitements SIG au laboratoire. Le secteur d'étude est caractérisé par une végétation forestière et une difficulté d'accès aux affleurements. De ce fait, une cartographie par les méthodes classiques ne saurait permettre d'identifier avec fiabilité tous les linéaments existants. Un linéament représente des objets géologiques linéaires ou un alignement d'objets géologiques suffisamment proches, des discontinuités topographiques ou des structures géomorphologiques héritées d'anciennes topographies (Takodjou et al., 2016). Ils peuvent correspondre à des cours d'eau, des fractures ou simplement un alignement de reliefs. Le traitement de l'image satellitaire (SRTM) (Fig. 18) a

permis la réalisation de la carte des linéaments (Fig. 15 et 19) et la carte synthétique des linéaments (Fig. 20) du secteur d'étude. Ceci étant effective à l'aide d'un logiciel de cartographie (ArcGIS 10.9), ou l'on a procédé à une correction des erreurs du capteur nommé <<Hill Shade>>. C'est une correction qui a permis de préparer l'image satellitaire à la production des filtres azimuthaux selon des balayages directionnels programmés en fonction de la position du soleil sur le secteur d'étude. Les principaux filtres utilisés dans l'exécution de ce travail sont de deux ordres notamment les filtres gradients et les filtres Sobel permettant à la fois d'identifier et vectoriser l'ensemble des linéaments du secteur d'étude.

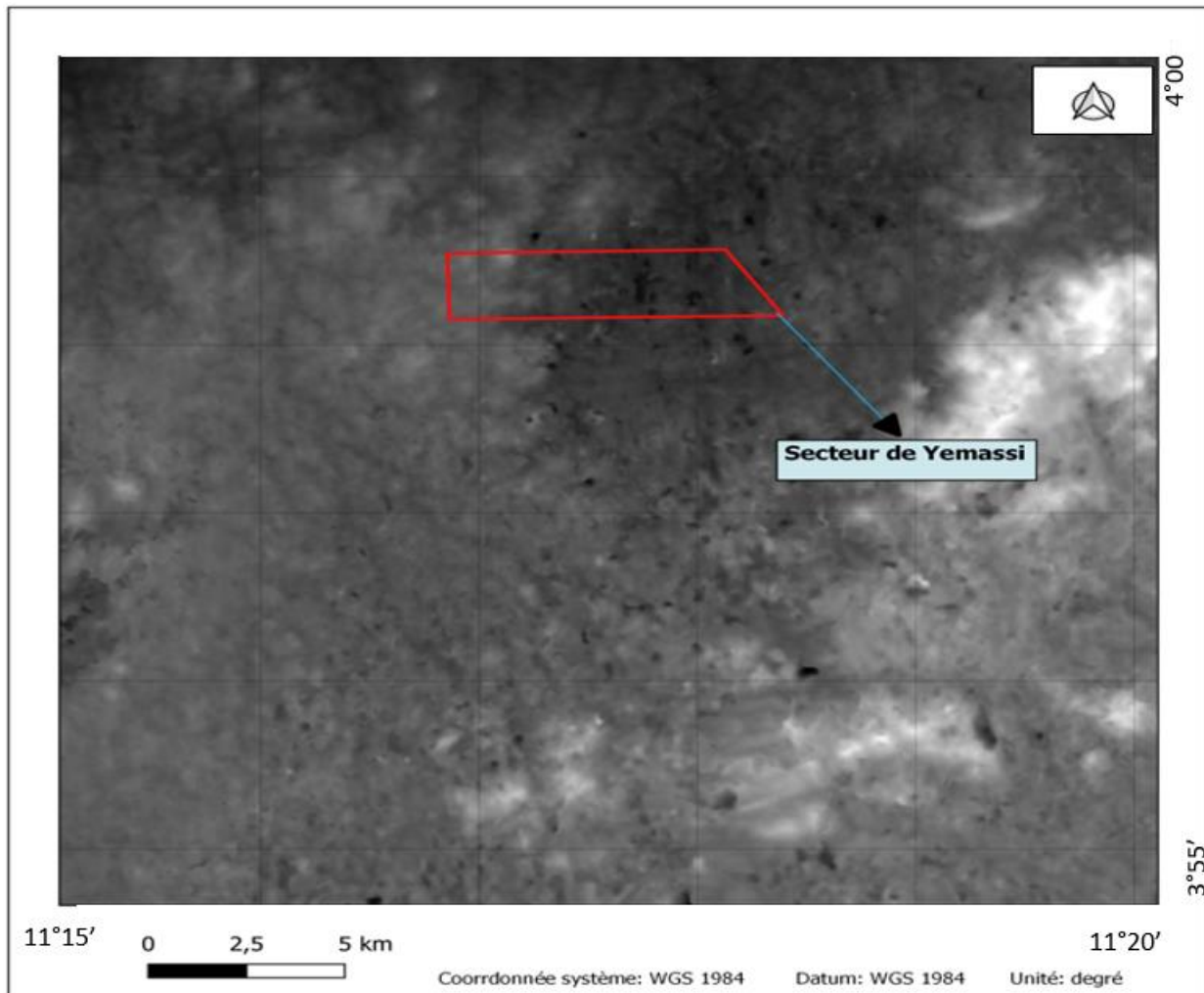


Figure 18: Image Google Earth du secteur de Yémassi importée à ArcGIS.

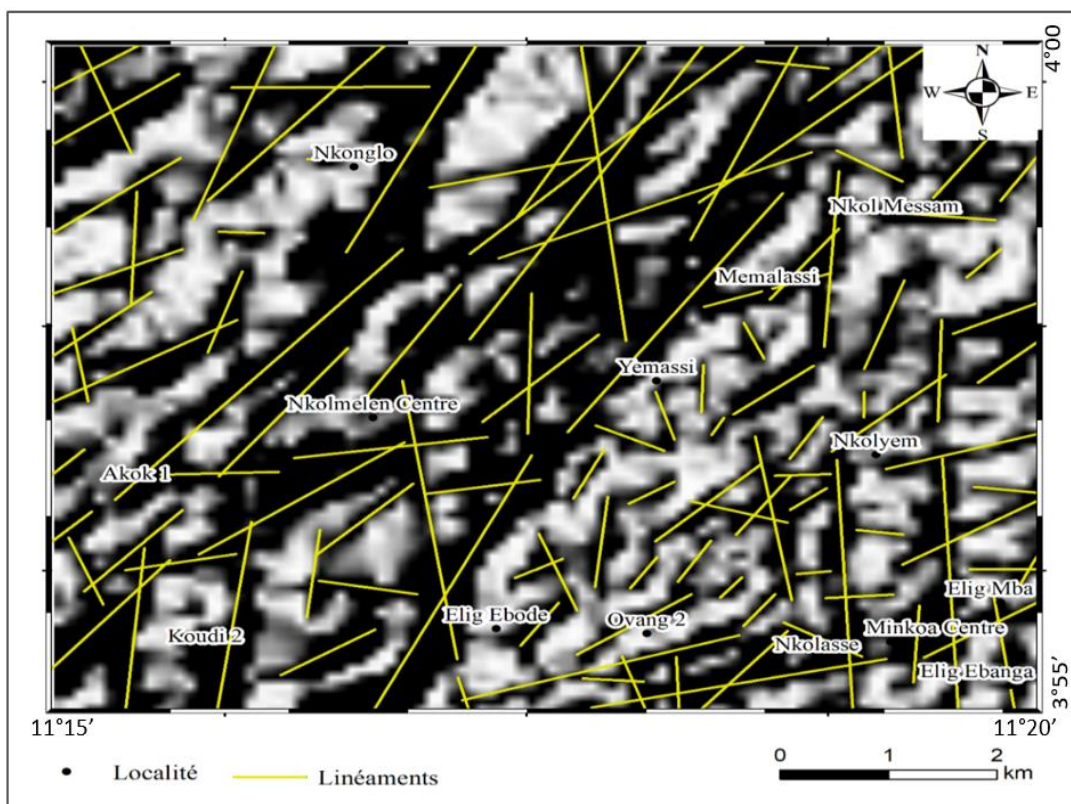


Figure 19: Carte des linéaments du secteur de Yémassi digitalisée à partir de l'image SRTM.

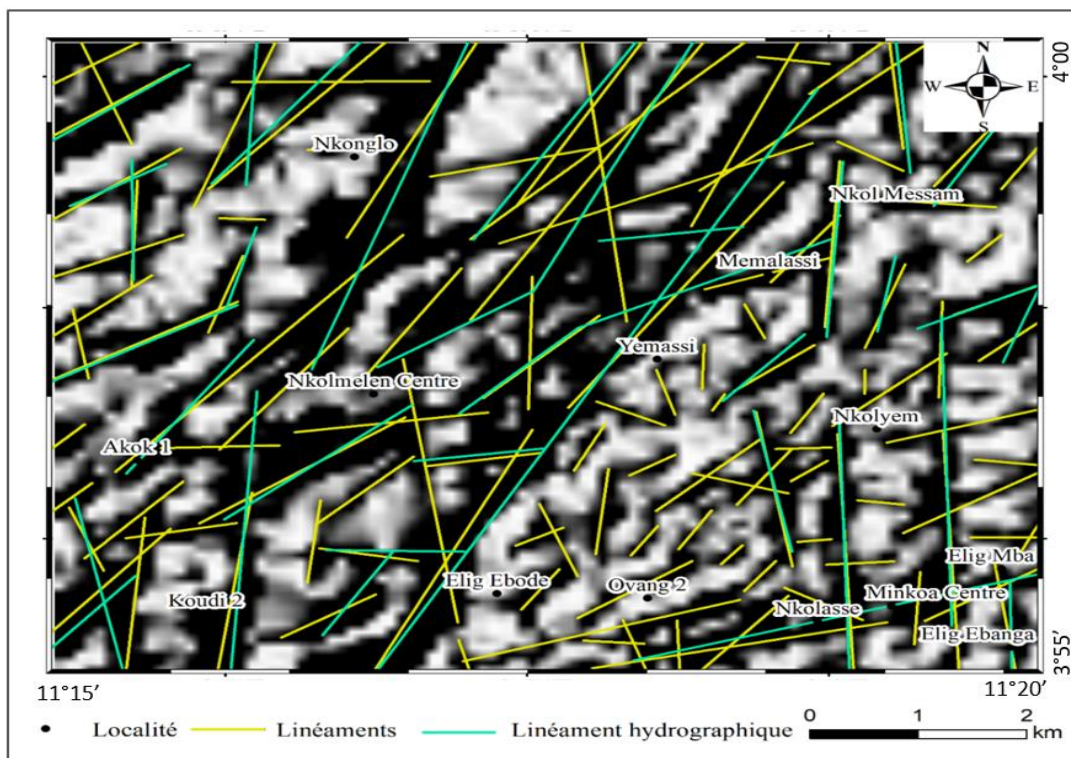


Figure 20: Carte synthétique des linéaments du secteur d'étude de Yémassi digitalisée à partir de l'image SRTM.

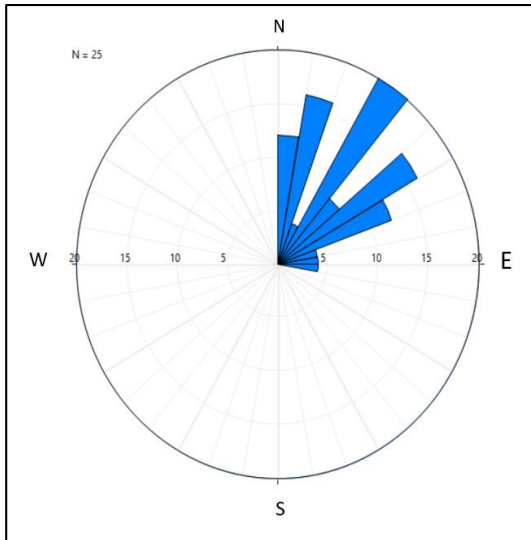


Figure 21: Rosace de direction des linéaments hydrographiques du secteur de Yémassi.

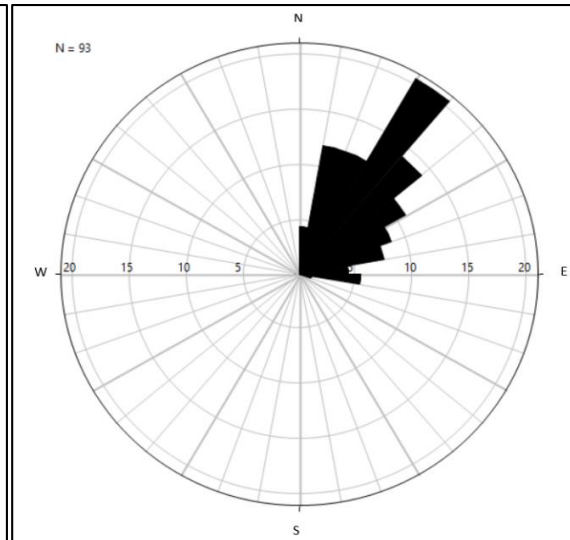


Figure 22: Rosace de direction des linéaments des lignes de crête du secteur de Yémassi.

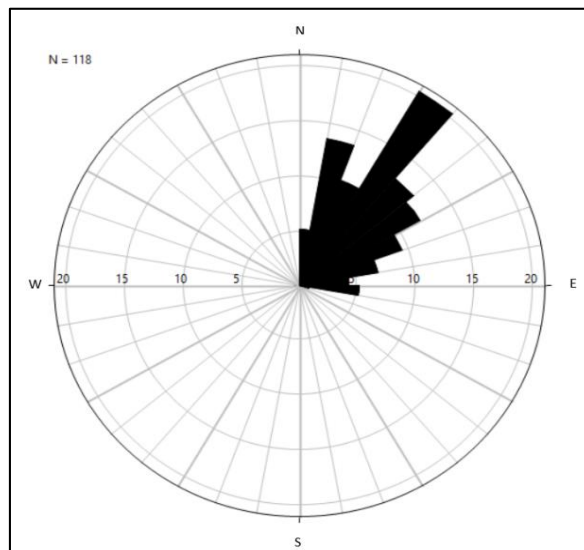


Figure 23: Rosace de synthèse de distribution des fractures du secteur de Yémassi.

La rosace de synthèse des fractures a mis en exergue deux directions majeures NE-SW et NNE-SSW (Fig. 23) associées à des fractures secondaires dans les directions ENE-WSW et ESE-WNW. Les linéaments sont regroupés en 12 classes d'orientation croissant angulaire de 10 degrés. Les linéaments hydrographiques ont été obtenus par l'examen du réseau hydrographique et selon le principe suivant lequel les portions rectilignes des cours d'eaux représentent d'anciennes lignes de fracture. La carte des linéaments hydrographiques est présentée sur la (Fig. 15) et couplée aux

autres linéaments du secteur d'étude. Les directions d'écoulements de ces cours d'eau suivent la plupart du temps les grands traits structuraux, et montrent des directions majeures NNE-SSW et NE-SW qui concordent avec celles de la fracturation régionale. Le réseau hydrographique est à guidage structural. La rosace de direction (Fig. 22) des linéaments des lignes de crête (Fig. 19) met en évidence deux directions majeures NE-SW et NNE-SSW.

IV.2-ANALYSE STRUCTURALE

Ce paragraphe analyse et décrit les différents éléments structuraux qui ont affecté les ensembles lithologiques du secteur d'étude. Les observations de terrain et l'étude pétrographique ont permis de mettre en évidence, à différentes échelles, plusieurs éléments structuraux, chacun ayant ses caractéristiques propres. L'analyse géométrique, cinématique et chronologique détaillée de ces structures permet de les regrouper en quatre principales phases de déformation à savoir D₁, D₂, D₃, et D₄. Les éléments structuraux ainsi recensés sont : foliations, schistosités, linéations minérales, filonnets, cisaillements, plis, boudins et fractures.

IV.2.1. Phase de déformation D₁

La première phase de déformation D₁ est observée dans les roches métamorphiques de Yémassi. Les éléments structuraux associés à la phase D₁ sont marqués par : foliation S₁, plis P₁ et boudins B₁.

IV.2.1.1-foliation S₁

Les déformations D₁ sont marquées par la foliation S₁. Elle s'observe dans les gneiss à deux micas et le gneiss à disthène.

- Foliation par litage compositionnel

La foliation par litage compositionnel s'observe les gneiss à deux micas et le gneiss à disthène du secteur d'étude. Cette foliation est marquée par une alternance de lits claires d'épaisseur millimétrique et de lits sombres d'épaisseur centimétrique (Fig. 25A).

- Foliation par rubanement lithologique

La foliation par rubanement lithologique (Fig. 25B) s'observe dans les gneiss à deux micas et le gneiss à disthène dans le secteur d'étude. Cette foliation est marquée par une alternance des rubans de lits claires riches en quartz et feldspaths et des rubans de lit sombres à biotites et autres minéraux ferromagnésiens.

La schistosité associée est soulignée par une orientation préférentielle des cristaux de feldspath et de bande de quartz et de biotite observée plus précisément sur l'affleurement de Nkol Melen.

Les attitudes des plans de foliation S_1 ont été projetées dans le canevas de Schmidt. Le stéréogramme montre que les pôles des plans de schistosité sont regroupés dans les quadrants NW et SE (Fig. 24) et les traces cyclographiques S_1 montrent un pendage des plans vers le SE ou vers le NW.

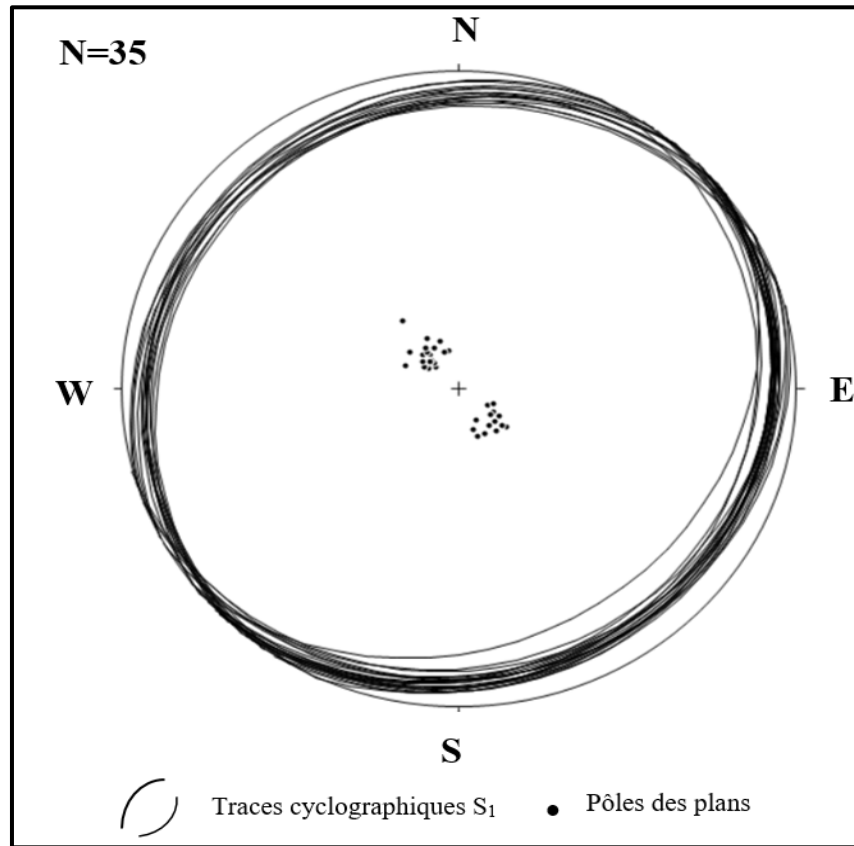


Figure 24: Stéréogramme des pôles et traces cyclographiques des plans de foliation S_1

IV.2.1.2. Boudins B_1

L'on observe un boudin B_1 (Fig. 25C) complet à cœur quartzo-feldspathiques d'une longueur de 50 cm et d'une largeur de 5 à 6 cm sur les micaschistes à grenat, au niveau de l'affleurement d'Akok.



Figure 25: Eléments structuraux de la phase D1. A-Plans de foliation S_1 dans les micaschistes ; B- Foliation S_1 par litage compositionnel dans les micaschistes ; C- boudins B_1 à cœur quartzofeldspathique dans les micaschistes d'Akok.

IV.3.2- Phase de déformation D_2

La phase de déformation D_2 affecte l'ensemble métamorphique. Elle est marquée par : cisaillement C_2 , plis P_2 , boudins B_2 , filonnets f_2 et linéations (L_2).

IV.3.2.1- Cisaillement C_2

Le cisaillement C_2 recoupe les micaschistes au niveau de la chefferie de Nkol Melen. Ils sont responsables du décalage des niveaux quartzo-feldspathiques et des niveaux sombres ferromagnésiens suivant une cinématique dextre de direction E-W (Fig. 26A).

IV.3.2.2- Plis P₂

Les plis P₂ (Fig. 26A) en crochon sont identifiés au niveau de la chefferie de Nkol-Melen. Ces plis P₂ sont induits par des plans de cisaillement de direction NE-SW. À l'échelle de l'affleurement, les plis P₂ sont diversement représentés. La morphologie des plis P₂ varie des plis droits aux plis couchés en fonction du pendage des plans axiaux observés. L'association des plis en crochon et la zone de cisaillement suggère une zone de déformation tectonique importante où les roches ont été soumises à des forces de compression et de distension. Certains plis P₂ matérialisés par du matériaux quartzofeldspathiques sont anisopaques (Fig. 26C).

IV. 3.2.3- Linéations L₂

Les plans de schistosité portent par endroits les linéations des paillettes de biotite associées à la muscovite. Les prismes d'amphibole et de disthène sont également observé dans le secteur d'étude. Cette linéation minérale est de direction moyenne N135E avec des plongements de 05° vers le NW ou le SE.

IV.3.2. 4- Filonnet de grenat f₂

Les filonnets centimétriques de grenat (Fig. 26B) recoupent la trame gneissique principalement dans la direction E-W. Ces filonnets sont par endroits plissotés mais garde la direction principale.

IV.3.2.5- Boudins B₂

Le boudin B₂ (Fig. 26D) complet à cœur constitué des grains fins de grenat, est indicateur de sens de cisaillement avec une cinématique senestre.

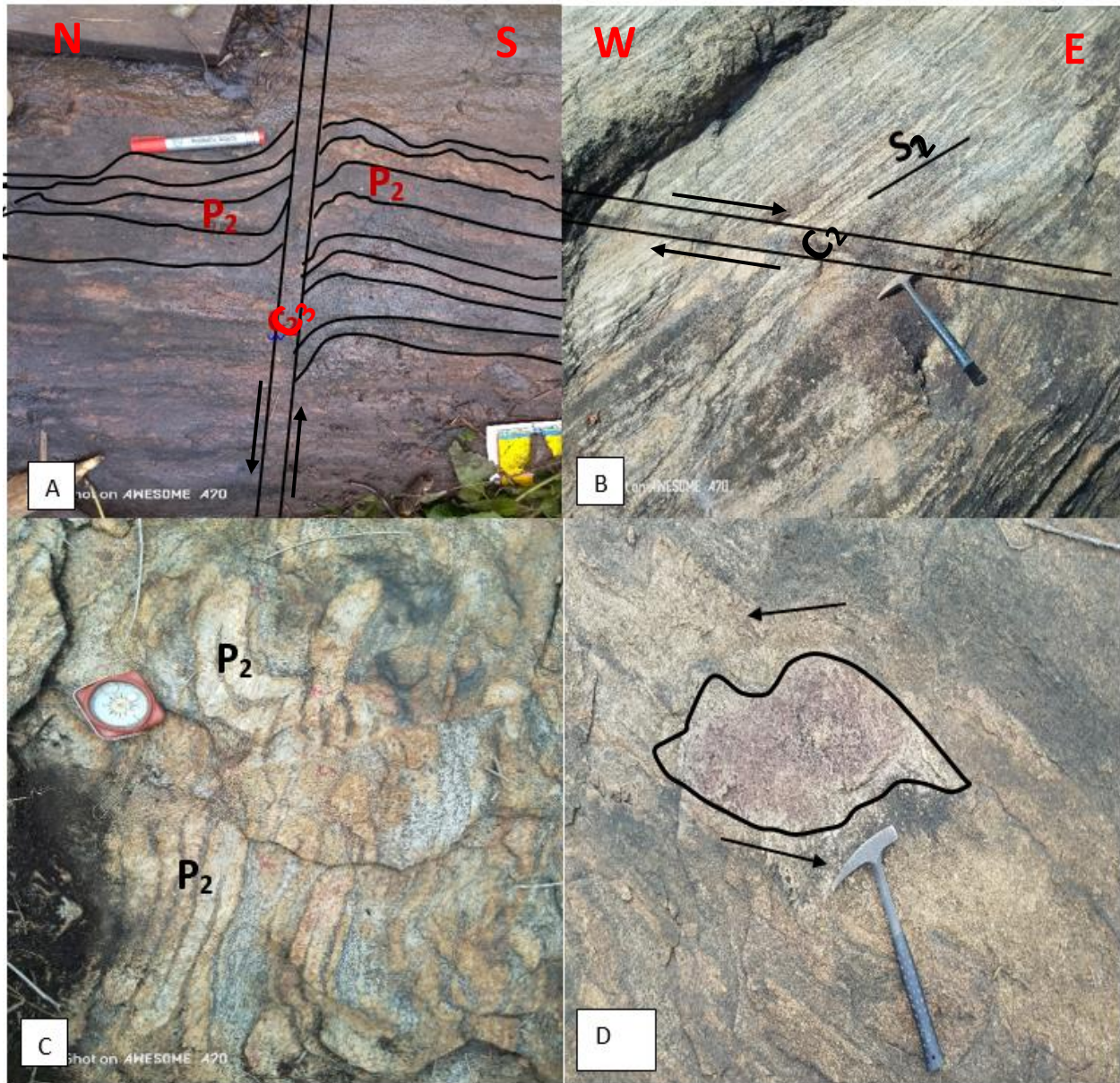


Figure 26: Structures de la phase D₂. A- cisaillement C₂ formant des plis en crochons P₂. B- Filonnet riche en grains de grenat dans les gneiss de la chefferie de Nkol Melen. C- plis anisopaques P₂. D- boudin B₂ sigmoïde de cinématique senestre.

IV.3.3- Phase de déformation D₃

Les structures associées à la phase D₃ résultent d'une transposition ou réorientation des structures D₂. Ces éléments structuraux sont les boudins B₃ et les filonnets f₃.

IV.3.3.1-Boudin B₃

Les boudins B₃ (Fig. 27A) incomplets à cœur quartzofeldspathique recoupent les plis P₂. Ces boudins sont plissotés par endroits et ont tendance à former les plis parasites.

IV.3.3.2- Filonnets f_3

Les filonnets de dimension millimétrique à centimétrique recoupent la trame gneissique dans deux directions croisées ESE-WNW et ENE-WSW (Fig. 27B)

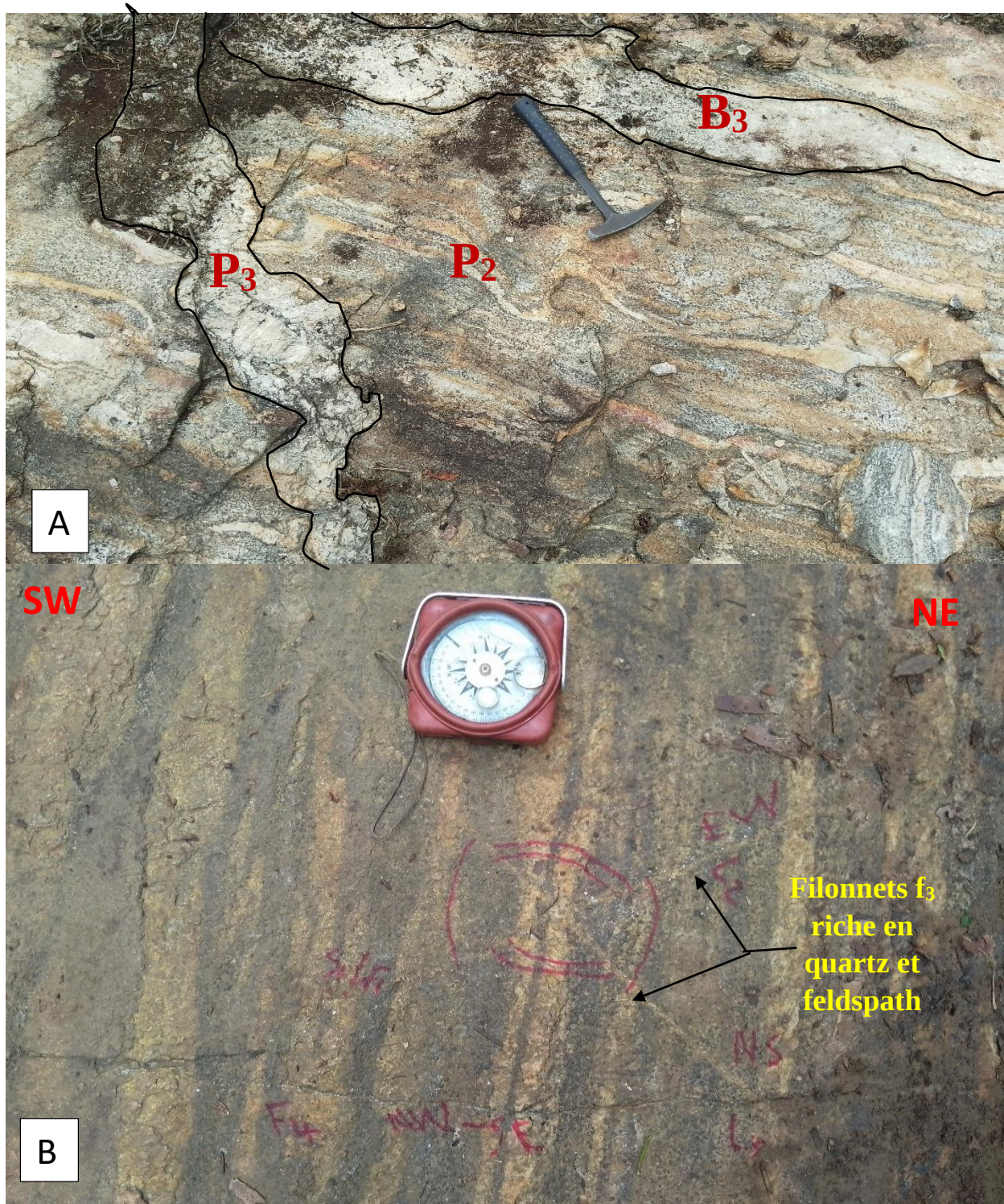


Figure 27: Structures de la phase D3. A- boudins B_3 incomplets à cœur quartzofeldspathique. B- Filonnets f_3 riche en quartz et feldspath.

IV.3.3.3- plis P_3

L'on note une fracture post P_2 qui a permis la mise en place des plis P_3 .

IV.3.4- Phase de déformation D_4

- Diaclases

Les diaclases sont des surfaces de débit de roches n'impliquant ni déplacement relatif des blocs, ni remplissage (Nicolas, 1984). Essentiellement cassante, la phase de déformation D_4 se caractérise par des diaclases. La zone de Yémassi montre que les diaclases observées affectent tous les types pétrographiques (Fig. 28). Elles sont subverticales et recoupent les roches du secteur suivant la direction NW-SE.



Figure 28: Structure de la phase D_4 : diaclases

Conclusion

Au terme de ce chapitre, il ressort que le traitement des images SRTM a permis de construire une carte de synthèse des linéaments géomorphologiques. La rosace de synthèse de ces linéaments a mis en exergue deux directions majeures NE-SW et NNE-SSW associées à des fractures secondaires dans les directions ENE-WSW et ESE-WNW. Les formations géologiques du secteur de Yémassi ont subi une évolution tectonométamorphiques monocyclique et polyphasée mettant en évidence quatre principales phases de déformation :

- La phase de déformation D₁ marquée par la foliation S₁, les plis P₁ et par les boudins B₁. La Foliation S₁ est caractérisée par des plans peu redressés, de pendage moyen 11° vers le SE ou NW. Elle est soulignée par un litage compositionnel et un rubanement lithologique ;
- La phase de déformation D₂ est marquée par un cisaillement C₂, les structures plicatives P₂, les boudins B₂, les filonnets f₂ et la linéation minérale L₂. Cette phase est principalement cisailante.
- La phase de déformation D₃ est une phase de tectonique ductilo-fragile marquée par les boudins B₃, plis P₃ , cisaillement C₃ et les folonnets f₃.
- La phase de déformation D₄ est essentiellement cassante marquée par des diaclases pour la plupart orientées NW-SE.

**CHAPITRE V : INTERPRÉTATION ET
DISCUSSION DES RÉSULTATS**

Dans ce chapitre, il est question de proposer un essai d'interprétation suivi d'une discussion des résultats obtenus. Les aspects abordés sont fondés sur le plan pétrographique, structurale et cartographique.

V.1- PETROGRAPHIE

Le secteur de Yémassi fait parti des formations panafricaines du domaine sud (Nzenti et al., 1988). L'ensemble métamorphique exploré comprend les gneiss à deux micas, les gneiss à disthène, les micaschistes à grenat et les micaschistes à grenat et disthène. Les paragenèses primaires et secondaires ou rétromorphiques qui caractérisent ces roches sont semblables à celle décrites dans les travaux de Nzenti et al. (1988), Yonta et al. (2010), Owona et al. (2011a) et Metang et al. (2022c). Les faciès métamorphiques passent du faciès amphibolite pour les micaschistes au faciès granulite pour les gneiss. Comme dans les travaux de thèse de Yonta (2010) et Metang (2015), Metang et al. (2022c), les micaschistes occupent les zones de basses altitudes et les gneiss les zones de hautes altitudes. Cette disposition a été démontré dans les travaux de Metang (2015) comme une disposition inverse qui traduirait le chevauchement des migmatites sur les micaschistes au cours d'une exhumation des migmatiques pendant la subduction Sud-Nord (Nkoumbou et al., 2014) où les fragments de la croûte océanique (métagabbros de Mamb, serpentinites de Pout-Kéllé) de par obduction se sont retrouvés mélangés aux sédiments). Cette disposition géométrique inverse des types pétrographiques a été interprétée dans les travaux de Metang (2015) comme étant lié à un charriage successif lors du mécanisme de mise en place des nappes panafricaines du groupe de Yaoundé.

La composition de ces roches métamorphiques avec d'une part la présence des minéraux essentiellement métamorphiques (disthène et andalousite) et d'autre part la présence abondante des minéraux alumineux comme la muscovite témoigneraient d'un protolithe sédimentaire.

V.2- ANALYSE STRUCTURALE ET CARTOGRAPHIQUE

Le traitement des images SRTM a montré que les collines de la partie ouest du secteur d'étude ont des altitudes allant de 620 à 840 m. La partie Est du secteur d'étude est caractérisée par des basses altitudes (comme l'indique la Fig. 14), avec des collines ne dépassant pas 670 m de hauteur. Les lignes de crêtes, les linéaments hydrographiques et satellitaires définissent trois principales familles dont une dominante de direction NE-SW. Cette direction principale des linéaments est conforme à la direction principale de la foliation dans le groupe de Yaoundé (Mvondo et al., 2007 ; Metang et al., 2014). Le parallélisme entre la direction des linéaments et celle de la foliation traduirait le contrôle de la tectonique sur les forces géodynamiques externes

comme l'érosion. Cependant, la rosace de synthèse des linéaments a mis en exergue deux directions majeures NE-SW et NNE-SSW (Fig. 21) associée à des fractures secondaires dans les directions ENE-WSW et ESE-WNW. Les mesures des plans de foliation sur le terrain permettent de retrouver ces directions secondaires : preuve que la tectonique contrôle les mouvements géodynamiques externes.

L'analyse géométrique, cinématique et chronologique relative détaillée des éléments de la déformation a permis de les regrouper en quatre phases de déformation :

- La phase de déformation D₁ de tectonique compressive, est marquée par la foliation S₁, les plis P₁ et les boudins B₁. La foliation S₁ est caractérisée par des plans peu redressés, de pendage moyen 11° vers le SE ou NW. Elle est soulignée par un litage compositionnel et un rubanement lithologique. La disposition des pendages des plans de foliations vers le SE ou vers le NW témoigne la formation d'un pli local de direction axiale NE-SW. Ces traits caractéristiques de la déformation D₁ ont été aussi développés dans les travaux de Metang et al. (2014). Les travaux de Mvondo et al. (2007) stipulent que la phase D₁ a été oblitérée par les éléments de la phase D₂ et qu'il n'existe plus que des reliques.

- La phase de déformation D₂ est marquée par un cisaillement C₂, les structures plicatives P₂, les boudins B₂, les filonnets f₂ et la linéation minérale L₂. Cette phase est principalement cisailante. À l'échelle régionale, cette phase correspondrait au mouvement tangentiel qui serait responsable du déplacement des nappes constituant le groupe de Yaoundé vers le Sud (Nzenti et al., 1988, Mvondo et al., 2007 et Metang, 2015).

- La phase de déformation D₃ est marquée par les boudins B₃, et les filonnets f₃. À l'échelle régionale, le système de dômes et bassins mis en place par un double plissement serait responsable de cette phase (Mvondo et al., 2007). Par contre, Metang et al. (2014) propose une phase de tectonique cisailante avec des foliations induites développées pendant le cisaillement C₃. L'analyse de deux éléments structuraux de cette phase de déformation dans le cadre de ce travail, est vraisemblablement insuffisante, mais montre une tendance ductilo-fragile.

- La phase de déformation D₄ est une phase essentiellement cassante marquée par des diaclases pour la plupart orientées NW-SE. Ceci est due à la relaxation des contraintes responsables des éléments de la phase de déformation D₃.

En somme, les résultats de l'analyse structurale obtenus dans le cadre de ce travail indiquent clairement que le secteur de Yémassi est caractérisé par une évolution tectonique polyphasée. Cette chronologie à quatre phases est semblable à celle décrite dans les travaux Mvondo et al. (2007),

Owona et al. (2011a, 2011b) et Metang (2015) qui mettent en évidence quatre phases de déformation dans les formations panafricaines du domaine sud. Toutefois, les travaux de Bissaya et al. (2023) mettent en évidence six phases de déformation avec les phases D₁-D₄ ductilo-fragiles et les phases D₅ et D₆ fragiles. Une extension de la cartographie au-delà du secteur d'étude pourrait mieux nous renseigner sur le nombre exact des phases de déformation ayant affecté les formations géologiques du groupe de Yaoundé.

**CHAPITRE V : CONCLUSION GENERALE ET
PERSPECTIVES**

I- CONCLUSION GÉNÉRALE

L'approche pluridisciplinaire (pétrographique, géomorphologique et structurale) appliquée à l'étude des formations géologiques du secteur de Yémassi a permis d'apporter une contribution dans la compréhension des formations panafricaines du domaine sud. Les conclusions suivantes ont été adoptées :

Sur le plan géographique, le secteur de Yémassi est situé dans la région du Centre, Département de la Lekié, Arrondissement de Lobo. La morphologie de détail est très vallonnée et définit trois unités géomorphologiques que sont : l'unité géomorphologique basse (547-631m) rencontrée principalement dans le Nord-Est ; l'unité géomorphologique intermédiaire (631-715m) qui couvre une partie ouest et une partie sud ; l'unité géomorphologique haute (715 - 847 m) se rencontre aussi dans la partie ouest. Le régime hydrographique est intimement lié au rythme pluviométrique et le réseau dendritique parallèle. Le climat est de type équatorial avec une grande saison sèche allant de décembre à février et une grande saison des pluies allant de mars à octobre.

Sur le plan pétrographique, les études de terrains et de laboratoire révèlent un ensemble métamorphique constitué de : gneiss à deux micas de texture lépidogranoblastique de faciès granulite ; gneiss à disthène de texture granolépidoblastique hétérogranulaire de faciès granulite ; micaschistes à grenat et disthène de texture granolépido-nématoblastique hétérogranulaire et de faciès amphibolite et micaschistes à grenat de texture porphyrogranoblastique hétérogranulaire de faciès amphibolite.

Sur le plan géomorphologique, le traitement des images SRTM a permis de construire une carte de synthèse des linéaments géomorphologiques. La rosace de synthèse de ces linéaments a mis en exergue deux directions majeures NE-SW et NNE-SSW associées à des linéaments secondaires dans les directions ENE-WSW et ESE-WNW.

Sur le plan structural, quatre principales phases de déformation ont été mises en évidence : La phase de déformation D₁ de tectonique compressive, est marquée par la foliation S₁, les plis P₁ et les boudins B₁. La foliation S₁ est caractérisée par des plans peu redressés, de pendage moyen 11° vers le SE ou le NW. Elle est soulignée par un litage compositionnel et un rubanement lithologique ; la phase de déformation D₂ est marquée par un cisaillement C₂, les structures plicatives P₂, les boudins B₂, les filonnets f₂ et la linéation minérale L₂. Cette phase est principalement tangentielle ; la phase de déformation D₃ est une phase de tectonique à tendance ductilo-fragile marquée par les boudins B₃, et les folonnets f₃ ; la phase de déformation D₄ est une phase essentiellement cassante marquée par des diaclases pour la plupart orientées NW-SE.

II- PERSPECTIVES

Au regard des résultats obtenus, il serait judicieux que des études plus approfondies d'analyse structurale, de géochimie et de géochronologie soient faites afin de mieux appréhender l'évolution tectono-métamorphique de cette portion des formations panafricaines du domaine sud.

En termes de géologie économique, il serait également nécessaire de faire des analyses géochimiques pointues des métaux afin de mieux inventorier les potentialités métallogéniques et aussi l'on pourra également faire des essais de dureté, résistance de flexion et à la compression, porosité, densité, granulométrie, chimie, radioactivité et de résistance à l'eau de ces formations pour déterminer si ces roches sont adaptées pour la production des granulats et de garantir que les produits finis répondent aux normes de qualité requise.

RÉFÉRENCES

- Assomo Ngono, G. S., Ganwa, A. A., Ntomba, S. M., Ndjigui, P. D., 2021.** Provenance, nature, and U-Pb zircon geochronology of Ngaye rocks (Adamawa-Yadé Shield, Central Cameroun) : New insights into the evolution of Archean crust within the Pan-African belt. *Geological Journal* 56(10): 5176-5198
- Azefack Mbounou, R. L., Ganno, S., Ngnotue, T., Tanko Njiosseu, E. L., Fossi, D. H., Ngassam Mbianya, G., et Ayonta Kenne, P., 2023.** Structural and kinematic analysis of the Nkondjock shear zone, central Cameroon: implications on the geodynamic evolution of the Central African Fold Belt. *Arabian Journal of Geosciences*, 16,1-18.
- Bagnouls, S., Gaussen, H., 1957.** Climat biologique et leur signification. *Ann. Geol. XXVL*. 193-220.
- Béa, A., Cochemé, J.J., Trompette, R., Affaton, P., Soba, D., Sougy, J., 1990.** Grabens d'âge Paléozoïque inférieur et volcanisme tholéiitique associé dans la région de Garoua, Nord Cameroun. *Journal of African Earth Sciences* 10, 657–667.
- Bineli Betsi, T., Ngo Bidjeck Bondje, L.M., Mvondo, H., Mama Nga, L.N.Y., 2020.** Rutile LA-ICP-MS U-Pb geochronology and implications for tectono-metamorphic evolution in the Yaoundé Group of the Neoproterozoic Central African Orogeng. *Journal of African Earth Sciences* 171,103-939.
- Bissaya, R., Boukar. M., Ngammy Kamwa. A., Onana, J.B., Njon, B., Tanwi Ghogomu, R., Eko Medjo, R., 2023.** Deformation styles of Neoproterozoic and post-in Yaounde, southern Cameroon: the polyphaser deformation, the strike-slip fault systems, and their geodynamic implication. *Arabian journal of Geosciences* 16(8) m, 457.
- Bouyo Houketchang, M., Penaye, J., Barbey, P., Toteu, F. S., Wandji, P., 2013.** Petrology of high-pressure granulite facies metapelites and metabasites from Tcholliré and Banyo regions: Geodynamic implication for the Central African Fold Belt (CAFB) of north central Cameroon. *Precambrian Research* 224, 412-433.
- Castaing, C., Feybesse, J. L., Thiéblemont, D., Triboulet, C., Chevrement, P., 1994.** Palaeogeographical reconstructions of the Pan-African/Brasiliano orogen: closure of an oceanic domain or intracontinental convergence between major blocks *Precambrian Research* 69, 327-344.

- Chebeu, C., Ngo Nlend, C.D., Nzenti, J.P., Ganno, S., 2011.** Neoproterozoic High-K calcalkaline granitoids from Bapa-Batié, North Equatorial Fold Belt, Central Cameroon: petrogenesis and geodynamic significance. *The Open Geology Journal* 5, 1-20.
- Colwell, R., 1983.** Manual of Remote Sensing, Falls Church, VA. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing 1 et 2, 21-23. Criaud, J., 1985. Géographie du Cameroun. *Nouvelle édition : les Classiques Africains. Éditions St-Paul, France, 125P.*
- 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.
- Ganno, S., Nzenti, J-P., Ngnotué, 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, 1-15.
- Ganno, S., Ngnotué, T., Kouankap Nono, G.D., Nzenti, J-P., 2016.** Structural characterization of outcrop-scale superposed folding in the Kimbi area (NW Cameroon): implications for the tectonic evolution of the Northwestern Cameroon Pan-African Fold Belt. *Earth Sciences* 5, 62-63.
- Ganwa, A. A., Frisch, W., Siebel, W., Ekodeck, G. E., Shang, C. K., Ngako, V., 2008.** Archean inheritances in the pyroxene – amphibole - bearing gneiss of the Meiganga area (Central North Cameroon): Geochemical and $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age imprints. *Comptes Rendus Géosciences* 340, 211–222.
- Ganwa, A. A., Klötzli, U.S., Christoph, H., 2016.** Evidence for Archean inheritance in the pre-panafrican crust of central Cameroun: Insight from Zircon Internal Structure and La-Mc ICP-MS U/Pb ages. *Journal of African Earth Sciences* 120, 12-22.
- Kankeu B., Greiling R. O., 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. *Precambrian Research* 17, 258-272.

- Kamgang Kabeyene, Beyala, V., 1998.** Evolution supergène des roches et incidence phytogéographique : Cas du contact forêt-savane au Sud-Est Cameroun. *Thèse d'état, SC. Nat, Univ. Yaoundé I*, 208p
- Kankeu, B., Greiling, R. O., Nzenti, J.P., Bassahak, J. and Hell, J. V., 2012:** Strain partitioning along the Neoproterozoic central Africa shear zone system: Structures and magnetic fabrics (AMS) from the Meiganga area, Cameroon. *N. Jb. Geol. Palao. Abh.*, 265(1), 27-47
- 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.
- Kouankap Nono, G. D., Nzenti, J. P., Suh., C. E., and Ganno, S., 2010.** Geochemistry of feriferous, High-K calc-alkaline granitoids from Banefo – Mvoutsaha Massif (NE Bafoussam), Central Domain of the Pan-African Fold Belt, Cameroon. *The Open Geology Journal* 4, 21-34
- Kouankap Nono, G. D., 2011.** Étude 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.
- Lerouge, C., Cocherie, A., Toteu, S. F., Penaye, J., Milési, J.-P., Tchameni, R., Nsifa, N. E., Fanning, C. M., Deloule, E., 2006.** Shrimp U-Pb zircon age evidence for Paleoproterozoic sedimentation and 2.05 Ga syntectonic plutonism in the Nyong Group, southwestern Cameroon: consequences for the Eburnean-Trans Amazonian belt of NE Brazil and Central Africa. *Journal of African Earth Sciences* 44, 413-427.
- Kretz, R., 1983.** Symbols for rock-forming minerals. *American mineralogist*, 68, 277-279.
- Marion, A., 1987.** Introduction aux techniques de traitement d'image. *Paris, Éditions Eyrolles*, 278p.

- Maurizot, P., Abessolo, A., Feybesse, J.L., Johan, L.P., 1986.** Étude de prospection minière du Sud-Ouest Cameroun. *Synthèse des travaux de 1978 à 1985. Rapport de BRGM.* 85, 274.
- Metang, V., 2015.** Cartographie géologique du secteur de Matomb-Makak (centre-sud Cameroun) implications sur l'évolution géodynamique du groupe panafricain de Yaoundé. *Thèse de Doctorat/Ph. D, Université de Yaoundé I, 198P.*
- Metang, V., Domkam, B., Toussi, T.M., Wandji, B.S.F., Mboutchouang D.C., Kenzo, H.A., 2022e.** Contribution of remote sensing for the mapping of the Yaoundé Metadiorite. *European Journal of Environment and Earth Sciences* 3, 321.
- Metang, V., Nkoubou, C., Tchakounté, N. J., Njopwouo, D., 2014.** Application of remote sensing for the mapping of geological structures in rainforest area: a case study at the Matomb-Makak area, CenterSouth Cameroon. *Journal of Geosciences and Geomatics*, 2(5),196 -207.
- Metang, V., Nomo, N.E., Ganno, S., Takodjou, W.J.D., Ewolo, T.A.M., Teda, S.A.C., Fossi, D.H., Mbakam, K.M.D., Tchameni, R., Nkoubou, C., Nzenti, J.P., 2022a.** Anatexis of metadiorite from the Yaoundé area, Central African Orogenic Belt in Cameroon: implications on the genesis of in-source granodiorite leucosomes. *Arabian Journal of Geosciences* 15, 1-21.
- Metang, V., Tassongwa, B., Ngo Belnoun, R., Kenzo, H. A., Tawo Toussi, D.M., Nkamga Mbakam, D.M., Tene Kengne, L.G., Tchop Legrand, J., Mouafo, L., Tchouankoue, J.P., 2022d.** Petrography and Geochemistry of metasedimentary rocks from the Southwestern portion of the Yaoundé group in Cameroon; Provenance and tectonic Implications. *Earth Sciences* 11, 232-249.
- Metang, V., Tassongwa, B., Nomo, N.E., Kenzo, H.A., Wandji, B.S.F., Domkam, B., Mboutchouang, D.C., Mbakam, K.M.D., Kengne, T.L.G., Mouafo, L., 2022.** Geological study of a Mewoulou-Nkolbisson ductile strike-slip fault segment (Western Yaoundé, Cameroon): evidence of hazards related to structural landforms. *Arabian Journal of Geosciences* 15, 359.

- 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, H., Betsi, T.B., Mc Farlane, C.R., Ondoua, J.M., Archibald, D.A., 2023.** U-Pb and Ar-Ar geochronological constraints on timing of deformation and peak metamorphism in the Central Africa Orogenic Belt, Yaoundé Domain, Cameroon International Geology Review, 1-27;
- Ndema Mbongue, J.L., Ngnotué, T., Ngo Nlend, C. D., Nzenti, J.P., Suh, C. 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.
- Ngako, V., 1986.** Évolution métamorphique et structurale de la bordure Sud-ouest de la “série de Poli” (segment Camerounais de la chaîne Panafricaine). *Mémoires et documents du Centre Armoricaïn d'étude structurale des socles*, N° 5.
- 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., Tchakounte Numbem, J., Nkoumbou, C., Owona, S., Tchouankoue, J. P., Mvondo Ondoa, J., 2019.** Petrology and geochemistry of the Yoro-Yangben Pan-African granitoidintrusion in the archaean Adamawa-Yade crust (Sw-Bafia, Cameroon). *Journal of African Earth Sciences* 150, 401-414.
- Goussi, Ngalamo, J. F. G., Sobh, M., Bisso, D., Abdelsalam, M. G., Atekwana, E., Ekodeck, G. E., 2018.** Lithospheric structure beneath the Central Africa Orogenic Belt in Cameroon from the analysis of satellite gravity and passive seismic data. *Tectonophysics* 745, 326-337.
- Ngnotué, T., Ganno, S., Nzenti, J. P., Schulz, B., Tchaptchet Tchato, D., Suh Cheo, E., 2012.** Geochemistry and geochronology of Peraluminous High-K granitic leucosomes of Yaoundé series (Cameroon): evidence for a unique Pan-African magmatism and melting event in North Equatorial Fold Belt. *International Journal of Geosciences* 3, 525-548.

- Ngnotué, T., Nzenti, J. P., Barbey, P., Tchoua, F. M., 2000.** The Ntui-Betamba highgrade gneisses: A Northward extension of the Pan-African Yaounde gneisses in Cameroon. *Journal of African Earth Sciences* 31, 369-381.
- Nkoumbou, C., Barbey, P., Yonta-Ngouné, C., Paquette, J. L., Villiéras, F., 2014.** Pre-collisional geodynamic context of the southern margin of the Pan-African fold belt in Cameroon. *Journal of African Earth Sciences*, 99, 245-260.
- Nomo E.N., Tchameni, R., Vanderhaeghe, O., Fengyue, S., Barbey, P., Tekoum, Lé, Fosso, P.M., Eglinger, A., Fouotsa, N.A.S., 2017.** Structure and LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of syntectonic plutons emplaced in the Pan-African Banyo-Tcholliré shear zone (central north Cameroun). *Journal of African Earth Sciences* 131, 251-271.
- Nzenti, J. P., Ngako., V., Kambou, R., Penaye, J., Bassahak, J., Njel, O.V., 1992.** Structures régionales de la chaîne panafricaine du Nord Cameroun. *Compte Rendu Académie des Sciences Paris, tome 315, série II*, 209 - 215.
- Nzenti, J.P., Barbey, P., Bertrand, J., Macaudiere, J., 1994.** La chaîne panafricaine au Cameroun : cherchons suture et modèle. *Abstracts 15eme RST, Nancy, Société Géologique France, édition Paris*, 99p.
- Nzenti, J.P., Barbey, P., Macaudière, J., Soba, D., 1988.** Origin and evolution of the Late Precambrian high-grade Yaoundé gneisses (Cameroon). *Precambrian Research* 38, 91-109.
- Nzenti, J.P., Njanko, T., Njiosseu, E.L.T., Tchoua, F.M., 1998.** Les domaines granulitiques de la chaîne panafricaine Nord-Equatoriale au Cameroun. In : *Vicat, J.P., Bilong, P., (Eds.), Géologie et environnement au Cameroun, GEOCAM 1*, 255-264.
- Nzenti, J. P., Njiosseu Tanko, E. L., Nzina, N. A., 2007.** The metamorphic evolution of the Paleoproterozoic high grade Banyo gneisses (Adamawa, Cameroon, Central Africa). *Journal of Cameroun Academy of Sciences* 7, 95–109.

- Nzenti, J. P., Abaga, B., Suh, C. E., Nzolang, C., 2011.** Petrogenesis of peraluminous magmas from the Akum-Bamenda Massif, Pan-African Fold Belt, Cameroon. *International Geology Review* 53, 1121-1149.
- Nzina Nchare, A., Nzenti, J.P., Tanko Njiosseu, E., L., Ganno., S., Ngnotué, T., 2010.** Synkinematic ferro-potassic magmatism from the Mekwene-Njimafofire Fouban Massif, along the Fouban-Banyo shear zone in central domain of Cameroon PanAfrican fold belt. *Journal of Geology and Mining Research* 2, 142-158.
- Nzolang, C., Kagami, H., Nzenti, J. P., Holtz, F., 2003.** Geochemistry and preliminary SrNd isotopic data on the Neoproterozoic granitoids from the Bantoum area, West Cameroon: evidence for a derivation from a Paleoproterozoic to Archean crust. *Polar Geosciences* 16, 196-226.
- Oliveira, E.P., Toteu, S.F., Araujo, M.N.C., Carvalho, M.J., Nascimento, R.S., Buen, J.F., McNaughton, N., Basilici, G., 2006.** Geologic correlation between the Neoproterozoic Sergipano belt (NE Brazil) and the Yaoundé schist belt (Cameroon, Africa). *Journal of African Earth Sciences* 44, 470 - 478.
- 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., Schulz, B., Minyem, D., Ratschbacher, L., Tchamabe, B. c., Olinga, J.B., Ekodeck, G. E., (2022).** Eburnean/Trans-Amazonian orogeny in the Nyong complex of south western Cameroun: meta-basite geochemistry and metamorphic petrology. *Journal of African Earth Sciences* 190, 104515;
- Penaye, J., Toteu, S.F., Van Schmus, W.R., Nzenti, J.P., 1993.** U–Pb and Sm–Nd preliminary geochronologic data on the Yaoundé Series, Cameroon: reinterpretation of the granulitic

rocks as the suture of a collision in the “Centrafrican” belt. *Comptes Rendus de l’Académie des Sciences, Paris* 317, 789-794.

Penaye, J., Toteu, S.F., Tchameni, R., Van Schmus, W.R., Tchakounté, J., Ganwa, A.,Nsifa, E.N., 2004. The 2.1 Ma West Central African Belt in Cameroon: extension and evolution. *Journal of African Earth Sciences* 39, 159-164.

Penaye, J., Kroner, A., Toteu, S.F., Van Schmus, W.R., Doumnang, J.C., 2006. Evolution of the Mayo Kebbi region as revealed by zircon dating: an early (c. 740 Ma) PanAfrican magmatic arc in south- western Chad. *Journal of African Earth Science* 44, 530-542.

Pouclet, A., Vidal, M., Doumnang, J.C., Vicat, J.P., Tchameni, R., 2007. 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.

Poidevin, J.L., 1983. La tectonique panafricaine à la bordure nord du craton congolais : l’orogénèse des Oubanguides (abstract). *12th colloque on the African Geology, Musée Royal de l’Afrique Centrale, Tervuren, Belgium, 75p.*

Segalen, P., 1967. Les sols et la géomorphologie du Cameroun. Cah ORSTM. Sér.Pedol. Vol.V, N°2, PP. 137-187

Shang, C.K., Satir, M., Siebel, W., Nsifa, E.N., Taubald, H., Liegeois, J.P., Tchoua,F.M., 2004a. Major and trace element geochemistry, Rb–Sr and Sm–Nd systematics of TTG magmatism in the Congo craton: case of the Sangmelima region, Ntem complex, southern Cameroon. *Journal of African Earth Sciences* 40, 61-79.

Shang, C.K., Siebel, W., Satir, M., Chen F., Mvondo Ondoa J., 2004b. Zircon Pb–Pb and U–Pb systematics of TTG rocks in the Congo craton: constraints of crustal formation, crystallization and Pan-African lead loss. *Bulletin of Geosciences* 79, 205–219.

Shang, C.K., Liégeois, J.P., Satir, M., Frisch, W., Nsifa, E.N., 2010. Late Archaean highK granite geochronology of the northern metacratonic margin of the Archaean craton, Southern Cameroon: Evidence for Pb-loss due to non-metamorphic causes. *Gondwana Research* 18, 337-355.

- Soba, D., 1989.** La série de Lom : Etude Géologique et Géochronologique d'un bassin,volcano-sédimentaire de la Chaîne Panafricaine à l'Est du Cameroun. *Thèse Doctorat D'Etat, Université de Paris VI, 198p.*
- Takam, T., Arima, M., Kokonyangi, J., Dunkley, D. J., Nsifa, N.E., 2009.** Paleoarchaen charnockite in the Ntem complex, Congo Craton, Cameroon: insights from SHRIMP zircon U-Pb ages. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 104(1), 1-11.
- Takodjou Wambo, J.D., Ganno, S., Afahnwie, N.A., Nomo, N.E., Mvondo, O.J., Nzenti, J.P., 2016.** Use of Landsat 7 ETM_p data for the geological structure interpretation: case study of the Ngoura Colomines area, Eastern Cameroon. *Journal of Geosciences and Geomatics* 4, 61-72.
- Tanko Njiosseu, E. L., Nzenti, J. P., Njanko, T., Kapajika, B., Nedelec, A., 2005.** New UPb Zircon ages from Tonga (Cameroon): Coexisting Eburnean Transamazonian (2.1 Ga) and Pan-African (0,6 Ga) imprints. *Comptes Rendus Géosciences* 337, 551-56
- Tchakounté, J., 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.
- Tchameni, R., Mezger, K., Nsifa, N.E., Pouclet, A., 2000.** Neoarchean crustal evolution in the Congo craton: evidence from K-rich granitoids of the Ntem complex, southern Cameroon. *Journal of African Earth Sciences* 30, 133–147.
- 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, 23-42.
- Tchouankoué, J.P., Li, X. H., Ngo Belnoun, RN., Mouafo L., Pinto Ferreira, V., 2016.** Timing and tectonic implications of the Pan-African Banganté syenomonzonite, west Cameroon: Constraints from in-situ zircon U-Pb age and Hf-O isotopes. *Journal of African Earth Sciences*; 124, 94-103.

- Tchakounté, J.N., Fuh, C.G., Kamwa, A.N., Metang, V., Mvondo, O.J., 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 a hot oceanic crust subduction. *International Journal and Earth Sciences* 110, 2067-2090.
- Tchaptchet Tchato D., Tchakounte J., Ngamy A., Tchouankoue J.P., Mukherjee S., 2020.** Geometry and kinematics of brittle deformation in the Central Cameroon Shear Zone (Kékem area): Implication for gold exploration within the Central Africa Fold Belt in Cameroon. *China Geology* 4, 1-11.
- 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 PanAfrican belt of central Africa. *Precambrian Research* 37, 71–87.
- Toteu, S.F., Bertrand, J.-B., Penaye, J., Macaudière, J., Angoua, S., Barbey, P., 1990.** Cameroon: a tectonic keystone in the Pan-African network. In: Lewry, J.L., Stauffer, M.R.(Eds), The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America. *Geological Association of Canada, Special Paper* 37, 483-496.
- Toteu, S.F., Van Schmus, W.R., Penaye, J., Nyobé, J.B., 1994.** U-Pb and Sm-Nd evidence for Eburnean and Pan-African high-grade metamorphism in cratonic rocks of southern Cameroon. *Precambrian Research* 67, 321-347.
- Toteu, S.F., Van Schmus, W.R., Penaye, J., Michard, A., 2001.** New U-Pb and Sm-Nd data from north-central Cameroon and its bearing on pre-Pan African history of central Africa. *Precambrian Research* 108, 45-73.
- Toteu, S.F., Penaye, J., Poudjom Djomani, Y., 2004.** Geodynamic evolution of the Pan African belt of Central Africa with special reference to Cameroon. *Canadian Journal of Earth Sciences* 41, 73-85.
- Trompette, R., 1994.** Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma). Pan-African-Brasilino Aggregation of South America and Africa. *A.A Balkema Press, Rotterdam*, 350p.