

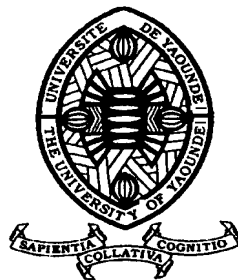
RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

FACULTÉ DES SCIENCES

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



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace – Work – Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE

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

LABORATORY OF GEOSCIENCES OF DEEP FORMATIONS AND APPLICATIONS

**ETUDE PETRO-STRUCTURALE DES FORMATIONS GEOLOGIQUES
DE NKONG, CENTRE-CAMEROUN**

**Mémoire présenté et soutenu en vue de l'obtention du diplôme de Master
en Sciences de la Terre**

Spécialité : Géologie des formations profondes

Option : Pétrologie et Géologie Structurale

Par

BIKAGA Rosine Clarisse

Matricule : 18E2864

Licenciée ès- Sciences de la Terre

Sous la direction de

METANG Victor

Maitre de Conférences



Année académique 2023/2024

REMERCIEMENTS

Au terme de ce parcours académique, il est essentiel pour moi de prendre un moment pour exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Leur soutien et leur expertise m'ont permis d'approfondir mes connaissances et de surmonter les défis rencontrés.

Je remercie tout d'abord **Dieu** Tout Puissant pour la sagesse et la clarté d'esprit qu'il m'a accordé pendant la rédaction de ce mémoire. Sa présence a été une source constante de force et d'inspiration.

Mes remerciements les plus distingués vont au Chef de Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I, le Professeur **BISSO Dieudonné** pour m'avoir accordé le privilège de poursuivre mes études supérieures dans ce département.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire, le Professeur **METANG Victor**, qui a accepté de diriger ce travail. Sa disponibilité, ses conseils avisés et son expertise ont été des atouts majeurs dans l'avancement de mes recherches. Merci pour l'intérêt que vous avez apporté à mon travail et pour la passion que vous transmettez à vos étudiants. Cette expérience a été non seulement formatrice, mais aussi inspirante.

Ma reconnaissance va à l'endroit de tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I en particulier ceux des formations profondes notamment les Professeurs : **Jean Paul NZENTI, Charles NKOUMBOU, Pierre KAMGANG, Isaac KONFOR NJILAH, Robert TEMDJIM, Jean Pierre TCHOUANKOUE, Sylvestre GANNO, DE Pesquidoux I TCHATO TCHAPTCHET, Jacqueline NUMBEM TCHAKOUNTE, Emmanuel NOMO NEGUE**, ; les Docteurs : **Rose Noël NGO BELNOUN, Lucas MOUAFO, Lysiane KOUAYEP**.

J'aimerais reconnaître les efforts de mes aînés académiques, membres du Laboratoire de Géosciences des Formations Profondes et Applications pour les nombreux échanges scientifiques qui ont contribué à éclairer plusieurs points d'ombres. À cet effet, je tiens à remercier particulièrement **TOYI TCHOUTA Boris, SIMO TATE Boris Joresse, WANDJI BAMOU Franck Steve, YEMKEU MANFO Berthol**, pour leur implication, leur disponibilité et leur confiance envers moi tout au long de cette initiation à la recherche scientifique.

Mes camarades: **NZEYE DJEMENI Philippe**, **TEUBO Paul**, **Martine**, **DJOUKOUO NDE Laurence**, **MODJO KENMOGNE Charlene**, **MEKONTCHOU Guy Francis**, **FONYUY Margaret**, **NDUM**, **MEYONG NKENLIFACK Cédric**, **Lauren**, **WIRNGO Rebecca**, **KIBONG**, **PANTA TCHAPMEGNI Leaticia**, **NGANN Christine**, **Inès Suzy**, **NDONGO AYI Alida** pour les discussions scientifiques, la collaboration, la convivialité et l'esprit d'équipe.

Je témoigne mon amour à mes frères et sœurs **NDJOMO Magloire**, **NGONO Nadège**, **MENANGA Rodrigue**, **TOMBO Jean Aristide**, **BENOGO Eric Bertrand**.

Un merci particulier est adressé à mon oncle Monsieur **AYISSI Jean Paul** et son épouse **AKOUMA Fabiola**, pour le soutien, l'accompagnement et les conseils.

A mes amis **EMINI Serge Arnaud**, **NGUIAMBA Inès Reine**, **BOLO Fernande**, **BONYE Yves Donal**, **KINPI Zidane**, **TCHUITIO SOH Alfred Donald**, **MAYI Thierry**, **OMBOLO Claude**, **Mario-Darel**, **LEUMENI Merveille**, **DEUMAGA Ulrich**, vous m'avez accepté et accompagné malgré mes sauts d'humeur et je vous suis reconnaissante, merci d'être toujours si présent. Les moments passés avec vous resteront à jamais gravés dans ma mémoire.

À toutes mes connaissances présentes et passées pour tous vos gestes même les plus désintéressés qui, de près ou de loin ont permis l'élaboration de ce mémoire, vous n'êtes pas en reste ; je vous remercie de tout cœur.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I. CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE	4
I.1. CADRE GEOGRAPHIQUE.....	5
I.1.1. Localisation du secteur d'étude	5
I.1.2. Voies de communications	5
I.1.3. Climat.....	5
I.1.4. Végétation et faune	8
I.1.5. Réseau hydrographique.....	9
I.1.6. Sols.....	10
I.1.7. Activités économiques et sociales.....	10
I.2. CADRE GEOLOGIQUE	11
I.2.1. Chaîne Panafricaine.....	11
I.2.2. Partie Nord-ouest du craton du Congo	17
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	19
II.1. MATERIEL	20
II.2. METHODES	21
II.2.1 Études préliminaires	21
II.2.2. Travaux de terrain	21

II.2.3. Travaux de laboratoire	22
CHAPITRE III. ETUDE PETROGRAPHIQUE	23
III.1. PALEOSOME	26
III.2. NEOSOME	32
CHAPITRE IV. ETUDE STRUCTURALE	36
IV.1. ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE	37
IV.1.1. Analyse de l'image SRTM (Shuttle Radar Topography Mission	37
IV. 1.2. Orographie	38
IV.1.3. Analyse de la carte des pentes	39
IV.1.4. Etude des linéaments	40
IV.2. ANALYSE STRUCTURALE	43
IV.2.1. Phase de déformation D₁	43
IV.2.2. Phase de déformation D₂	46
IV. 2.4. Phase de déformation D₃	48
IV.2.4. Phase de déformation D₄	48
IV.3. ANALYSE MICROSTRUCTURALE	50
CHAPITRE V : INTERPRETATION ET DISCUSSION	53
V.1. PETROGRAPHIE	54
V.2. ANALYSE STRUCTURALE ET CARTOGRAPHIE	54
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	55
REFERENCES	55

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation de Nkong.....	6
Figure 2 : Diagramme ombrothermique du secteur de Nkong (Centre Cameroun).....	7
Figure 3 : Aspect de la végétation du secteur d'étude.....	8
Figure 4 : Carte du réseau hydrographique du secteur Nkong.....	9
Figure 5 : Champs de manioc et maïs.....	10
Figure 6 : Carte de reconstitution des domaines panafricains NE Brésilien et Ouest-Africain montrant la continuité entre les chaînes de Sergipano et Nord Equatoriale.....	12
Figure 7 : Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale.....	15
Figure 8 : Carte géologique du complexe du Ntem.....	18
Figure 9 : Carte d'échantillonnage du secteur Nkong.....	24
Figure 10 : Migmatites de Nkong.....	25
Figure 11 : Microphotographies du gneiss à Grenat et biotite.....	27
Figure 12 : Microphotographie du gneiss à deux micas, sillimanite et disthène.....	29
Figure 13 : Microphotographies de la grenatite.....	31
Figure 14 : Photographie et Microphotographies du néosome (leucosome) dans les migmatites.....	33
Figure 15 : Carte géologique du secteur Nkong.....	34
Figure 16 : Image brute SRTM : importée à Arcgis10.5.....	37
Figure 17 : Bloc diagramme du secteur d'étude (Nkong) : extrait de l'image SRTM.....	38
Figure 18 : Carte des pentes du secteur d'étude.....	39
Figure 19 : Profil topographique AB de direction NW-SE.....	40
Figure 20 : Carte du réseau hydrographique et ordre des cours d'eau.....	41
Figure 21. Rosace des linéaments hydrographiques.....	42
Figure 22 : Carte des lignes de crêtes, des linéaments hydrographiques et autres linéaments du secteur d'étude.....	43
Figure 23 : Rosace des directions des lignes de crête.....	43
Figure 24 : Eléments structuraux de la phase de déformation D ₁ du secteur Nkong.....	45
Figure 25 : Représentation stéréographique des pôles et des traces cyclographiques des plans de foliation S ₁	46
Figure 26 : Photographies de la déformation D ₂	47

Figure 27 : Photographies des éléments la phase de déformation D ₃ .	49
Figure 28 : Photographies des éléments de la phase de déformation D ₄ :	50
Figure 29 : Microphotographies en LPA	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Relevés climatiques moyen de la zone d'étude pour une période de 112 ans (1908-2020).....	7
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des Principaux caractères pétrographiques des ensembles. Lithologiques du secteur de Nkong.....	35
Tableau 3 : Récapitulatif des phases de déformations ayant affectées le secteur d'étude	52

LISTE DES ABREVIATIONS

C P N E : Chaîne Panafricaine Nord Équatoriale

FS : Faille de la Sanaga

GPS : Global Positioning System

LPA : Lumière Polarisée Analysée

LPNA : Lumière Polarisée Non Analysée

LGFP : Laboratoire de Géosciences des Formations Profondes et Applications

MNT : Model Numérique de Terrain

SIG : Système d'Information Géographique

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission

WGS 84: World Geodetic System (Revision de 1984)

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

Minéral	Abréviation	Minéral	Abréviation
Feldspath potassique	Kfs	Orthose	Or
Biotite	Bt	Plagioclase	Pl
Chlorite	Chl	Rutile	Rt
Muscovite	Ms	Grenat	Grt
Disthène	Ky	Sillimanite	Sill

Quartz

Qtz

Opaque

Op

RESUME

Le secteur Nkong au Nord-Est de Yaoundé appartient au domaine sud de la Chaîne Panafricaine Nord Équatoriale (CPNE). La multitude des travaux sur la CPNE ont abouti à des résultats intéressants qui ont conduit à des modèles ou hypothèses variés. Une contribution dans la compréhension de la géodynamique de la CPNE est de faire réaliser des études géologiques détaillées. La caractérisation pétrographique et structurale des formations géologiques de Nkong est une piste pour des éléments de réponse à cette problématique régionale sur le dynamisme de la CPNE. L'étude pétrographique montre que ce secteur comprend les roches métamorphiques qui sont les migmatites constituées du paléosome (gneiss à grenat et biotite, gneiss à biotite, muscovite, sillimanite et disthène, grenatite) et du néosome (leucosome et mélanosome). Ces roches sont caractérisées par une déformation polyphasée monocyclique comprenant quatre phases de déformations (D₁, D₂, D₃, D₄). La phase D₁ compressive, est caractérisée par une foliation horizontale à subhorizontale notée S₁, les boudins synschisteux B₁ intrafoliaux et les plis P₁. Cette surface S₁ est oblitérée par les éléments des phases ultérieures D₂ et D₃. La phase de déformation D₂ est caractérisée par les plis P₂, les boudins B₂ et des marqueurs cinématiques C₂, les boudins B₂ affectent les gneiss à grenat et biotite, les gneiss à deux micas sillimanite, et disthène. Les plis P₂ sont matérialisés par en endroits par des bandes claires du néosome. La troisième phase D₃ cisailante, est marquée par des veines granitiques F₃, et un cisaillement C₃ senestre. La phase D₄ qui est cassante, recoupe les phases antérieures. Ces formations ont subi un métamorphisme prograde qui culmine jusqu'au faciès granulite suivie d'une décompression et rétrogenèse durant la phase rétrograde. Les roches du secteur d'étude (roches métamorphiques de haut degré) ont un protolite sédimentaire et sont en faveur d'un contexte géodynamique de collision continentale. L'évolution géodynamique ainsi proposée est la suivante (i) stade d'extension suivi d'un rifting, accompagné du dépôt des roches sédimentaires ;(ii) stade de compression, subduction et collision marqué par le métamorphisme des roches sédimentaires dans les conditions de haut degré.

Mots clés : Nkong, CPNE, migmatites, Phase de déformation, géodynamique, protolite.

ABSTRACT

The Nkong area located at Nord West of Yaoundé belongs to the southern domain of the Central African Orogeny Belt. A large number of studies on the Central African Orogeny Belt have produced interesting results, leading to a variety of models and hypotheses. One contribution to understanding the geodynamics of the Central African Orogeny Belt is to produce geological monographs. A petrographic and structural characterisation of the Nkong geological formations is one way of providing an answer to this regional problem. The petrographic study shows that this study area comprises a metamorphic complex of migmatites made up of the paleosome (garnet biotite gneiss, two-mica, sillimanite kyanite gneiss, grenatite) and the neosome (leucosome and melanosome). These rocks are characterised by monocyclic multistage deformation comprising four deformation stages (D₁, D₂, D₃, and D₄). The compressive D₁ stage is characterised by a horizontal to subhorizontal foliation (S₁), intrafolial boudins (B₁) and folds (P₁). This S₁ surface is obliterated by the elements of the later D₂ and D₃ stages. The D₂ deformation stage is characterised by folds P₂, boudins B₂ and kinematic markers C₂ in favour of a tangential regime. The B₂ boudins affect garnet and biotite gneiss and two micas, sillimanite kyanite gneiss. The P₂ folds are marked in places by light-coloured bands of neosome. The third shearing stage, D₃, is marked by F₃ grenatite veins and a sinistral C₃ shear zone. Stage D₄, which is brittle, cuts across the earlier stages. These formations underwent prograde metamorphism culminating in granulite facies, followed by decompression and retromorphosis during the retrograde stage. The rocks in the study area (high-grade metamorphic rocks) have a sedimentary protolith and favour a geodynamic context of continental collision. The geodynamic evolution thus proposed is as follows: (i) extension stage followed by rifting, accompanied by the deposition of sedimentary rocks; (ii) compression, subduction and collision stage marked by the metamorphism of sedimentary rocks under high-grade conditions.

Key words: Nkong, CPNE, migmatites, deformation stage geodynamic, protolite.

INTRODUCTION GENERALE

Les formations géologiques au Cameroun sont constituées principalement par des terrains précambriens incluant deux grands ensembles lithostructuraux : la partie Nord du Craton du Congo représentée par les Complexe du Ntem et du Nyong, et les formations panafricaines (Nzenti et al., 1994 ; Toteu et al., 2001, 2004) qui couvrent environ deux tiers de la CPNE du territoire national. La portion Camerounaise de la Chaîne Panafricaine, souvent qualifiée de Chaîne Panafricaine Nord-équatoriale (CPNE; Nzenti et al., 1994) est l'ensemble auquel appartient le secteur de Nkong. Cet ensemble s'étend sur une longueur d'environ 5000 Km et sur une largeur d'environ 3000 Km (Nzenti et al., 1988,1994 ; Toteu et al., 2001, 2004) et apparaît comme une Chaîne intracratonique caractérisée par un phénomène de rifting, un épaissement crustal puis un blocage des mouvements avec échappement latéral de la matière (Nzenti et al., 1998). A l'Ouest, elle est limitée par la Chaîne Panafricano-Brésilienne (Almeida et al., 1981 ; Davison et Santos., 1989 ; Castaing et al., 1994 ; Oliveira et al., 2006), au Sud et au Nord-Ouest, elle est bordée respectivement par les cratons du Congo et Ouest - Africain. La Chaîne Panafricaine au Cameroun est subdivisée du Nord au Sud en trois grands domaines géodynamiques à savoir : le domaine Nord, le domaine Centre et le domaine Sud (Nzenti et al., 1994). Le dynamisme de la CPNE reste encore énigmatique malgré l'ampleur des travaux déjà réalisés ; néanmoins de multiples recherches géologiques ont été effectuées dans le domaine Sud. Ces travaux ont révélé plusieurs informations en occurrence sur le plan pétrographique, structural, géochronologique, et géochimique. Nkoumbou et al. (2006, 2014) mettent en évidence des roches à affinité ophiolitiques dans le domaine Sud. Nzenti et al (1988) ; Ngako (1999) montrent une migmatisation de nature variée antérieure au métamorphisme de haut degré (faciès granulite). Metang (2015) à partir d'une cartographie détaillée, met en évidence trois nappes (chloritoschistes à grenat, micaschistes à grenat et migmatites à grenat) qui ont charrié successivement sur le craton du Congo. Owona et al. (2011), Yonta Ngouné (2010) montrent que les métasédiments du groupe de Yaoundé se sont formés dans les conditions thermobarométriques différentes. Mvondo et al. (2007) mettent en évidence quatre phases de déformation dans les migmatites de Yaoundé, alors que Bissaya et al. (2023) y ont montré l'existence de six phases de déformation. Mvondo et al. (2023) montrent que les formations géologiques de Yaoundé se sont mises en place dans un contexte d'arrière arc alors que Nkoumbou et al. (2014) soutiennent l'hypothèse d'un bassin qui a connu un proto-océanisation suivi d'une subduction vers le Nord. Cette diversité d'hypothèse sur l'évolution et le dynamisme du groupe de Yaoundé, suscite des interrogations sur la CPNE. Il serait alors judicieux de mener les travaux de terrain à grande échelle pour apporter une contribution à la

compréhension de la Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale. Dans cette optique, une étude pétro-structurale des formations panafricaines du secteur de Nkong apporterait des éléments de réponse à cette problématique régionale. En d'autre terme, cette investigation géologique du secteur de Nkong permettra non seulement d'analyser les caractéristiques pétrographiques des roches présentes, ainsi que les éléments structuraux qui en résultent mais aussi d'intégrer ce secteur dans l'histoire géologique du domaine Sud de la CPNE.

L'objectif principal de ce mémoire est de faire une caractérisation pétrographique et structurale des formations géologiques de Nkong, centre Cameroun à travers une cartographie géologique par l'approche classique, combinée au traitement de l'imagerie satellitaire. Spécifiquement, il sera donc question de :

- traiter et interpréter les images satellites pour compléter les observations de terrains ;
- identifier les différents types pétrographiques couplés à la description des faciès pétrographiques associés et dresser une carte d'échantillonnage et d'affleurement ;
- reconnaître et décrire les éléments structuraux en vue de dresser une carte structurale.

Outre l'introduction générale, la conclusion générale et les perspectives, ce travail comporte cinq (5) chapitres :

- le chapitre I traite du cadre géographique et géologique ;
- le chapitre II présente le matériel et les méthodes utilisés ;
- le chapitre III est consacré à l'étude pétrographique ;
- le chapitre IV porte sur l'étude géomorphologique et l'analyse structurale ;
- le chapitre V ressort l'interprétation et la discussion des résultats obtenus.

CHAPITRE I. CADRES GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

Ce chapitre a pour objectif principal explorer l'état des lieux du secteur d'étude tout en présentant dans un premier temps, le cadre géographique du secteur de Nkong en mettant en lumière les caractéristiques physiques et environnementales qui définissent cette zone tels que : le climat, l'hydrographie, la végétation, les sols et les activités économiques. Dans un second temps, une synthèse géologique sur les formations précambriennes.

I.1. CADRE GEOGRAPHIQUE

I.1.1. Localisation du secteur d'étude

Le secteur d'étude se trouve dans la région du centre Cameroun, département de la Lékoué, arrondissement d'Okola (**Fig. 1**). Le secteur de Nkong et ses environs a pour coordonnées géographiques 03°55 et 4°00 de latitude Nord et 11°25 et 11°30 de longitude Est avec des altitudes allant de 750 m à 1050 m.

I.1.2. Voies de communications

La zone d'étude est desservi par une route principale qui, bien que très fréquentée, présente des sections en mauvais états. Les villages sont reliés par des pistes secondaires praticables, mais certaines souvent mal entretenues rendent l'accès difficile en période de crue. Des projets de réhabilitation sont envisagés pour améliorer les tronçons routiers critiques.

I.1.3. Climat

L'étalement du Cameroun dans les trois dimensions :(latitude, longitude, altitude) se traduit par une grande variété de climats pour lesquels l'on peut adopter la classification suivante : (Olivry, J.-C.(1986).

- Climat équatorial :
 - Variété maritime : région côtière du sud ; exemple de Campo
 - Pseudo tropical : région côtière du nord ; cas de Douala
 - Pseudo tropical à sous variété de montagne : région montagneuse de l'Ouest : cas de la ville de Dschang.
 - Région forestière du sud ; cas de la ville de Yaoundé

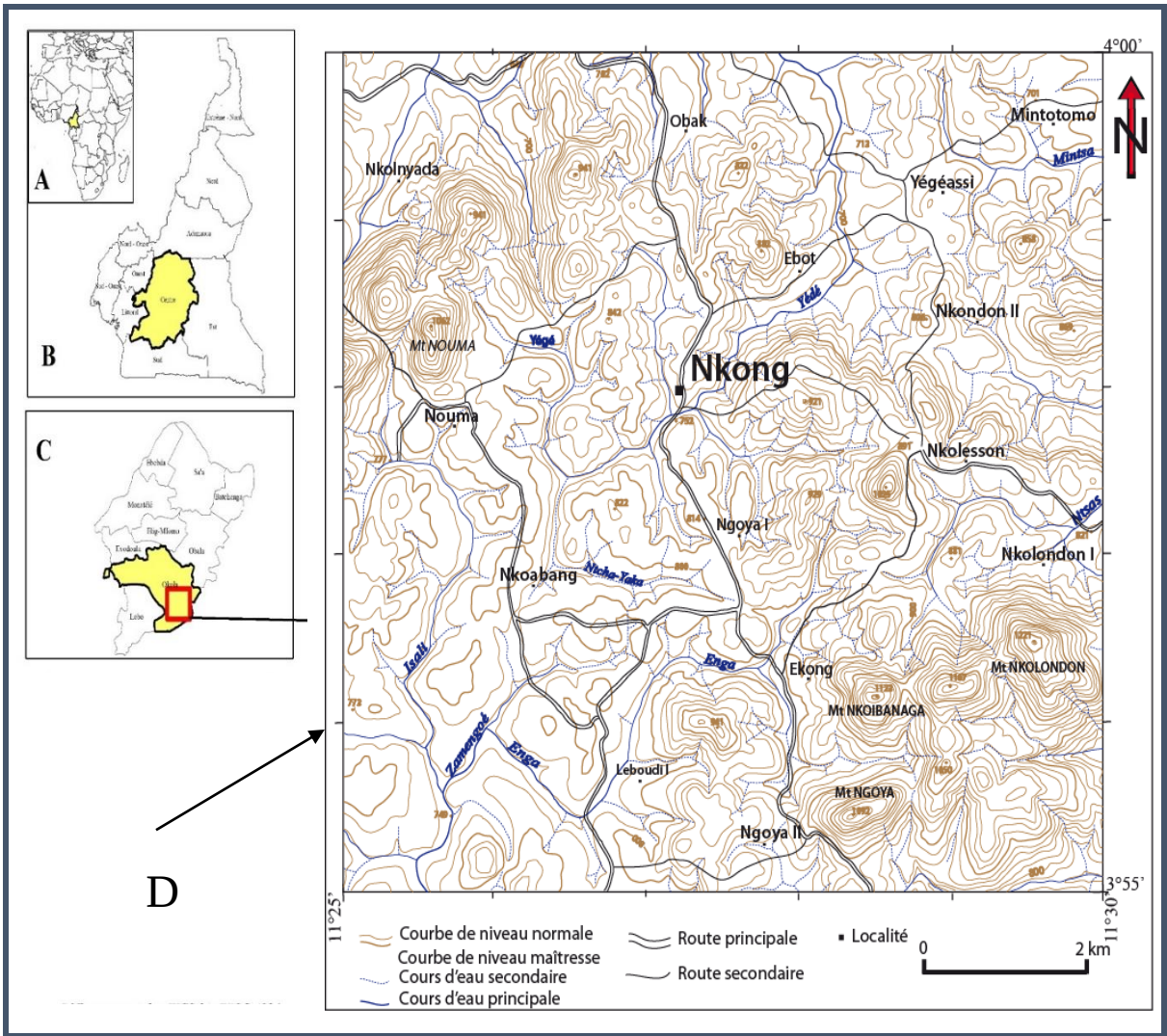


Figure 1 : Carte de localisation de Nkong : A) Carte de l'Afrique montrant la position du Cameroun ; B) Carte du Cameroun avec localisation administrative de la région du Centre ; C) Carte de la région du Centre montrant l'arrondissement d' Okola ; D) Carte topographique du secteur de Nkong, extraite de la carte topographique de Yaoundé (1/50 000).

-Avec grande saison sèche : région des savanes du centre ; cas de la ville de Bertoua. Le climat équatorial au sens strict n'étant représenté que dans la bordure Sud du Cameroun

- Climat tropical :

-Variété de montagne : région des plateaux de l'Adamaoua ; cas de la ville de Ngaoundéré

-De transition ou saoudien : région de la vallée de la Bénoué ; cas de la ville de Garoua

-Sahélien région du Nord-Cameroun ; cas de la ville de Maroua.

La zone d'étude qui est une région forestière du Sud est donc recouverte du climat équatorial, type Yaoundé avec une saison sèche allant de décembre à février, et une saison de pluie allant de mars à novembre. Février est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 26°C et le mois le plus pluvieux est le mois de Octobre, avec une pluviométrie de 308.6 mm (voir **tab I** ; **Fig. 2**). La croissance des précipitations reprend en août pour atteindre le maximum annuel en Octobre. L'on note une croissance de précipitation de mars à octobre, avec une baisse légère en juin et juillet. Le cumul des précipitations annuelles s'élève à 1678,3 mm et la température moyenne de 24,4°C avec des maximums pouvant atteindre 26°C.

Tableau 1 : Relevés climatiques moyen de la zone d'étude pour une période de 112 ans (1908-2020).

Mois	Jav.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	
Précipitations (mm)	17,2	44,1	135,9	175,7	208	156,5	100,4	139,9	267,8	308,6	105,1	19,1	Cumulé : 1678,3
Température (°C)	25,1	26	25,7	25,2	24,7	24	23,2	23,2	23,7	23,8	24,4	24,3	Moy : 24,4

Source

:

<https://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=600417&cityname=Ndikinimeki-Cameroon> consulté le 24-07-2024 à 13h00

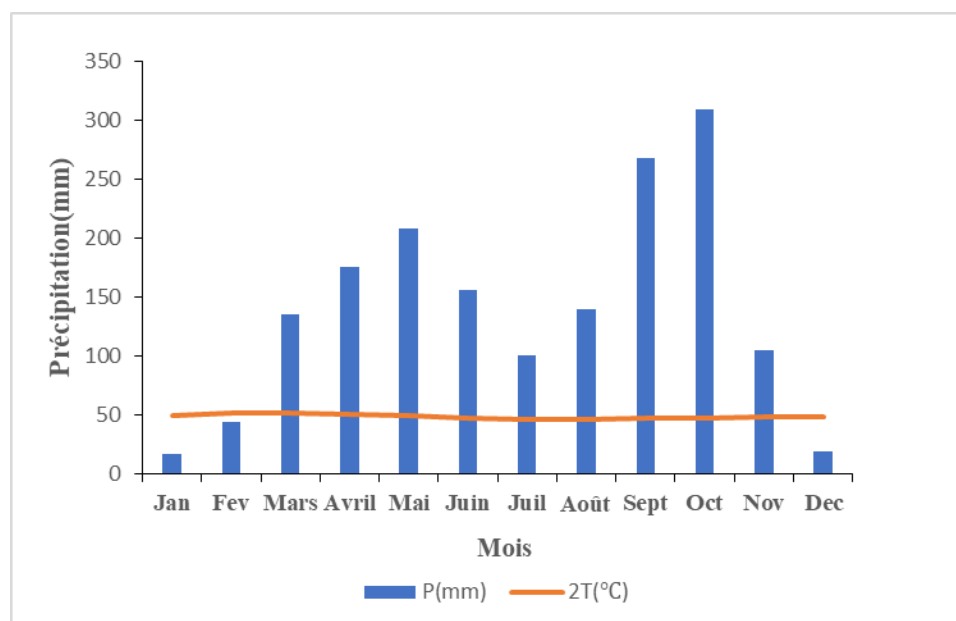


Figure 2 : Diagramme ombrothermique selon Bagnouls et Gaussem (1957) du secteur de Nkong (Centre Cameroun).

I.1.4. Végétation et faune

Le secteur d'étude présente une biodiversité riche, tant en terme de végétation que de faune. La végétation de cette région se compose principalement de deux types de formations : une forêt dense humide avec des arbres estimés à 12 m de haut (**Fig. 3**) abritant une variété d'espèces végétales comme ; iroko (*Dioscorea* spp.), ayous (*Triplochiton scleroxylon*), movingui (*Distemonanthus benthamianus*), maobi (*Baillonella toxisperma*) et des savanes boisées marquées par des espèces arbustives et des arbres épars comme le palmier rônier. Les prairies sont souvent utilisées pour le pâturage et la culture de produits tels que le manioc et le maïs.



Figure 3 : Aspect de la végétation du secteur d'étude.

Le village Nkong a une grande diversité d'espèce animale. La faune aquatique est essentiellement constituée de tilapia (*Oreochromis niloticus*), silure (*Silurus*), poisson serpent (*Channa channa*), et le capitaine d'eau douce. Tandis que la faune terrestre est dominée par des mammifères tels que le lièvre, le porc-épic, le sanglier, le chimpanzé et divers rongeurs. L'on y retrouve également des reptiles comme le serpent boa ainsi que des insectes.

I.1.5. Réseau hydrographique

Le Cameroun est traversé par de nombreux fleuves et rivières d'importance inégale, permanents dans le Sud et de plus en plus intermittents lorsqu'on va vers le Nord, où seuls les grands fleuves conservent un certain débit en saison sèche. La situation géographique du secteur d'étude se distingue par son riche réseau hydrographique dense dendritique, qui joue un rôle essentiel dans la vie quotidienne de ses habitants. Les collecteurs d'eau dans ce secteur sont : Zamengoé, Yédé Enga, Isali et Mintsa qui se jettent dans la Sanaga située au Nord du secteur d'étude. Les affluents de ces derniers sont issus des flancs de collines environnantes. Parmi ces affluents, l'on peut citer les cours d'eau Ntcha-Yaka, Ntsa (**Fig. 4**)

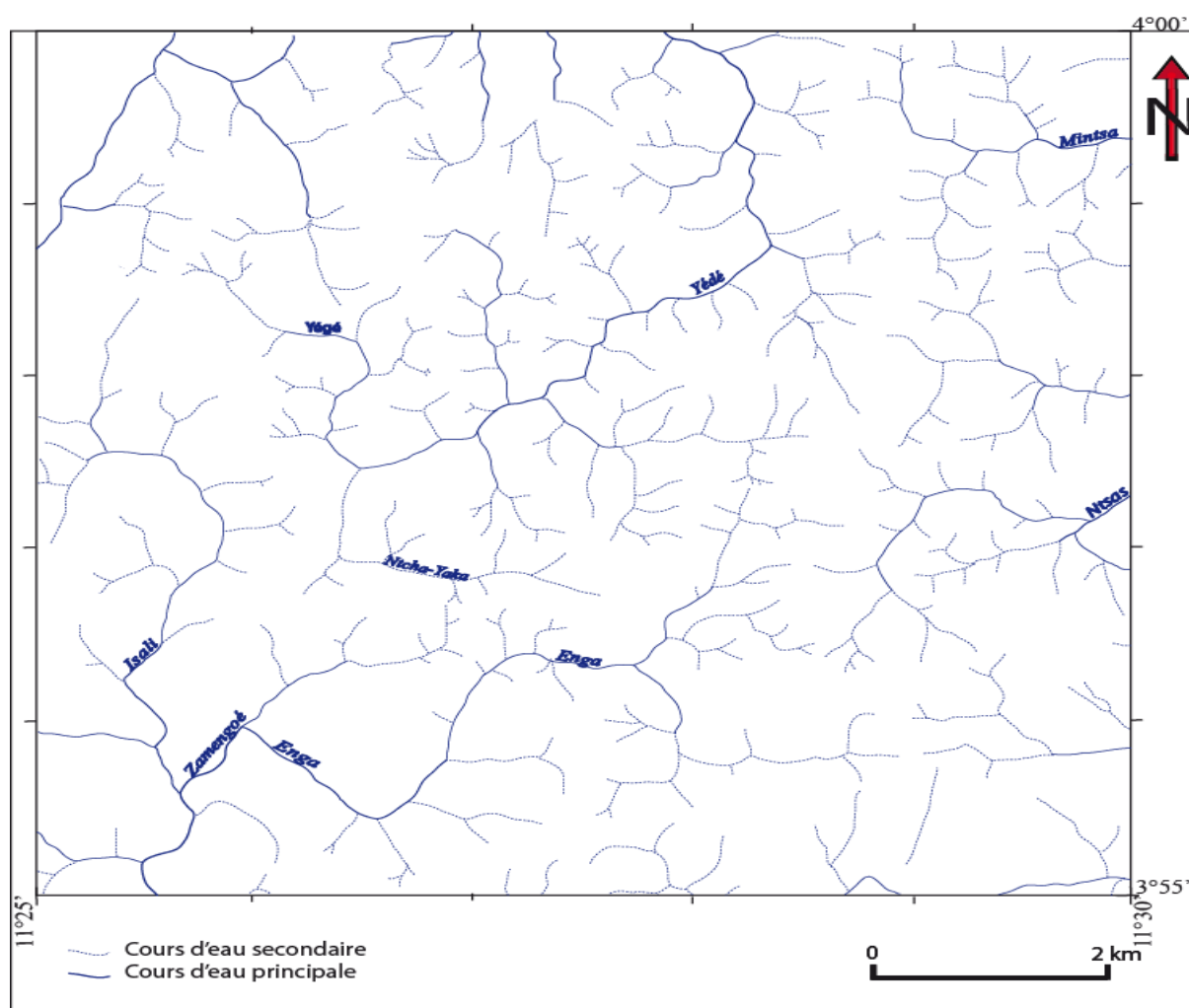


Figure 4 : Carte du réseau hydrographique du secteur Nkong

I.1.6. Sols

Classés en plusieurs grands groupes, les sols du Cameroun présente une diversité: (sols ferrugineux tropicaux, sols ferralitiques, sols peu évolués, sols halomorphes et hydromorphes). Deux types de sols sont principalement rencontrés dans la zone de Nkong à savoir :

- sols ferralitiques : ces sols de textures sablo-argileuses, sont rouges ou jaunes à cause de la présence d'oxyde de fer. Ils sont adaptés aux cultures pérennes comme le cacaoyer et d'autres arbres fruitiers, bien qu'ils présentent une fertilité précaire ;
- sols hydromorphes : présents dans les zones marécageuses, ces sols sont difficiles à exploiter en période de pluie en raison de leur engorgement. En saison sèche, leur utilisation devient plus facile, permettant des cultures à toutes les saisons.

I.1.7. Activités économiques et sociales

Les activités économiques de Nkong sont diversifiées et principalement axées sur l'agriculture qui représente la principale source de revenu pour la majorité des ménages : La culture du cacao domine avec des exploitations significatives contribuant ainsi à l'économie locale. Les cultures vivrières telles que le manioc, maïs (**Fig. 5**) la banane plantain et l'arachide sont largement cultivées pour la consommation locale et la vente sur les marchés.



Figure 5 : Champs de manioc et maïs.

L'élevage des poules, porcs et chèvres est pratiquée de manière artisanale. La pêche artisanale le long des rivières est pratiquée par des jeunes. La chasse est également pratiquée dans les forêts primaires et secondaires.

I.2. CADRE GEOLOGIQUE

Le socle géologique au Cameroun est constitué de deux grandes unités lithostratigraphiques (1) la chaîne panafricaine Nord Equatoriale [(CPNE) ; Nzenti et al.,1988] ou Chaîne Panafricaine d'Afrique centrale (Toteu et al., 2004) ou encore Chaîne des Oubanguides (Trompette, 1994) qui couvre les deux tiers du territoire Camerounais depuis le groupe de Yaoundé jusqu'à l'Extrême Nord du pays et (2) le craton du Congo représenté par les complexes du Ntem et du Nyong.

I.2.1. Chaîne Panafricaine

Le secteur de Nkong appartient à la Chaîne Panafricaine. Au Cameroun, elle appartient à la ceinture orogénique d'Afrique Centrale. C'est une méga chaîne orientée E-W, d'une longueur supérieure à 5000 km sur une largeur de 3000 km. Elle est limitée à l'Ouest par la chaîne Transsaharienne et au Sud par le craton du Congo. Elle se prolonge jusqu'au Nord-Est du Brésil (province de Borborema) par la chaîne Néoprotérozoïque de Sergipano, l'ensemble formant la Chaîne Panafricano-Bresilienne (Almeida et al., 1981; Davison et Santos; 1989 ; Castaing et al.,1993). Les principaux caractères de la CPNE au Cameroun ont été mis en évidence dans les travaux de Nzenti et al. (1994); Toteu et al.(2004). Au Cameroun, la CPNE comporte trois grands domaines géodynamiques distincts (**Fig.6**) : domaine Nord, domaine Centre et domaine Sud.

Domaine Nord

Au S et au SW, il est séparé du domaine Centre par la faille de Tcholliré-Banyo, et à l'Est, il est rattaché au domaine Mayo Kébbi. Sa limite ouest reste encore floue. Toutefois, les études antérieures (Ferré et al., 1996, 2002; Toteu et al., 2004) considèrent ce domaine comme un prolongement NE du domaine NE du Nigéria. Ce domaine est caractérisé par une évolution polyphasée à trois (3) phases de déformations (Penaye, 1988; Nzenti et al, 1992, 1999). Encore appelé domaine Nord-Ouest Cameroun (Toteu et al., 2004), Ce domaine est constitué de 5 unités : (1) le groupe de Poli, (2) les granitoïdes pré-tectoniques, (3) les granitoïdes syn- à tardi-tectoniques, (4) les granitoïdes post-tectoniques et (5) les bassins de dépôt molassiques.

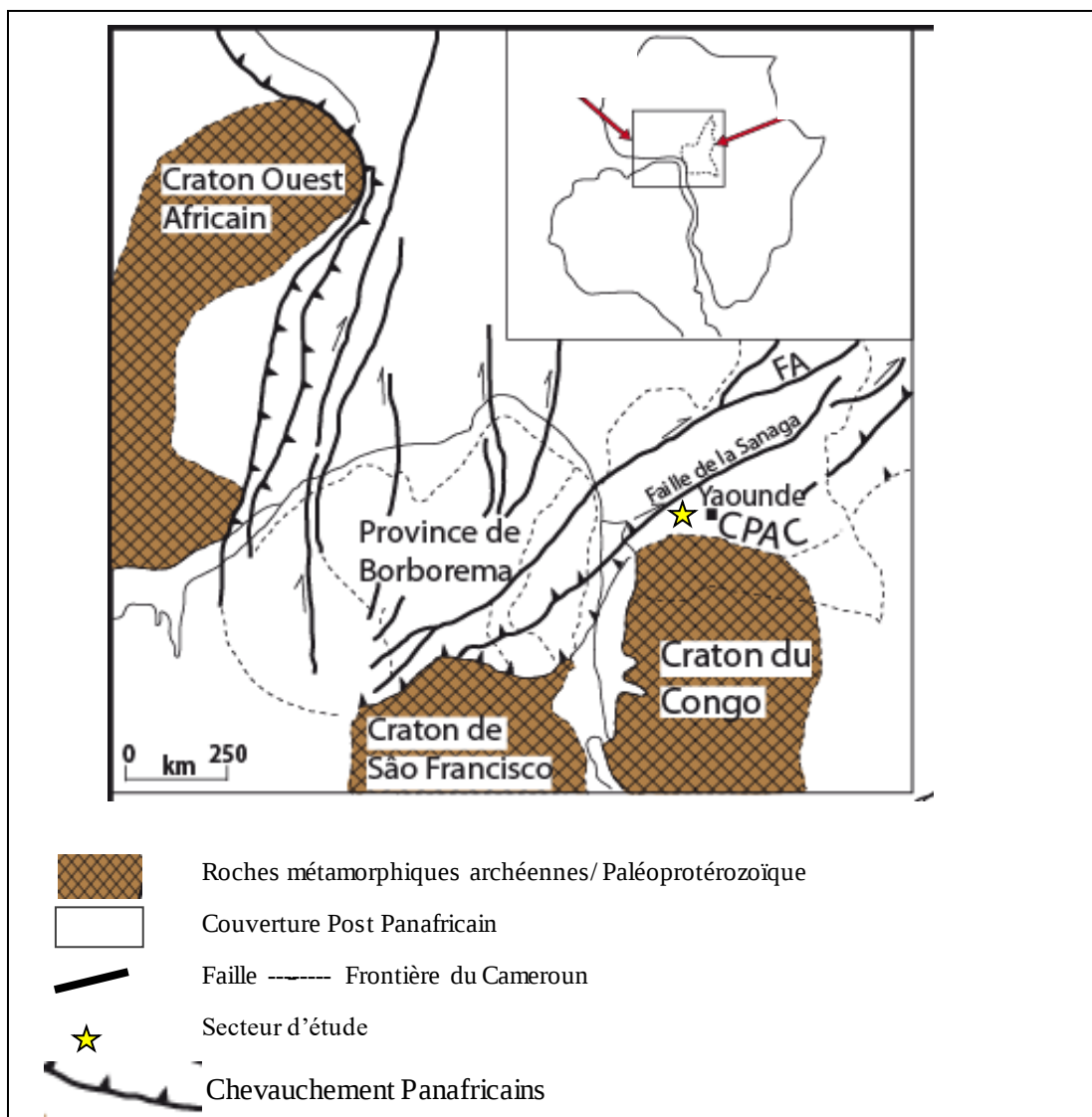


Figure 6 : Carte de reconstitution des domaines panafricains NE Brésilien et Ouest-Africain montrant la continuité entre les chaînes de Sergipano et Nord Equatoriale (Oliveira et al., 2006).

Le groupe de Poli correspond à un bassin arrière-arc néoprotérozoïque précoce formé entre 830 et 665 Ma (Toteu, 1990 ; Ngako, 1999; Penaye et al., 2006; Toteu et al., 2006). Il est constitué de schistes et gneiss formés à partir de protolithes sédimentaires et ou volcaniques, et est caractérisé par des assemblages métamorphiques de moyen à haut grade (Penaye, 1998, Toteu et al., 2006 ; Bouyo Houketchang et al., 2009). Dans la zone de Banyo, prolongement SW du groupe de Poli (Ngako, 1999; Nzenti, 1994 ; Toteu et al., 2004), le métamorphisme

granulitique affectant les métasédiments et metabasites est daté entre 594 et 605 Ma (Bouyo Houketchang et al., 2009) ;

Le groupe des granitoïdes pré-tectoniques comprend des métadiorites et des métagranodiorites (Toteu et al., 1987). Ils se sont mis en place dans les schistes et gneiss qu'ils contiennent souvent en enclaves. Ces granitoïdes sont affectés par la déformation panafricaine D₂, qui les transforme en orthogneiss et localement en migmatites ;

Le groupe des granitoïdes syn- à tardi-tectoniques constitue la plus grande majorité des roches plutoniques panafricaines du domaine Nord-Cameroun. Constitué des roches à affinité granitique (diorites, granodiorites et granites) de composition calco-alcalins et datées entre 600 et 580 Ma (Toteu et al., 1987, 2001) ;

Le groupe des granitoïdes post-tectoniques correspond aux granites, aux syénites leucocrates à texture variable (applitique, porphyroïdes, pegmatitique) et à l'unité des formations volcano-sédimentaires issues de l'orogénèse panafricaine. Les travaux de Toteu et al. (2001) à travers les données Rb/Sr, Sm/Nd et U/Th/Pb sur zircon/ monazite et sur roche totale indiquent que la plupart des roches de ce domaine sont juvéniles. Trois (3) phases caractérisent ce domaine à savoir :

La première phase D₁, précoce résulte d'un régime de cisaillement tangentiel (âge 800-700 Ma par U/Pb sur zircon, Toteu et al., 1990). Le métamorphisme d'âge néoprotérozoïque associé à cette phase D₁ est marqué par des assemblages du faciès des amphibolites (6500°C, 6,7Kb, Nzenti et al., 1992) ;

La deuxième phase D₂ est synchrone d'une granitisation (datée à 580 Ma, âge U/Pb sur zircon, Toteu et al., 1987) et d'une migmatisation intense (Njel, 1988 ; Nzenti et al., 1992). A cette phase correspond un métamorphisme du faciès amphibolite (6500°C, 5kb).

La troisième phase D₃ cassante est à l'origine de nombreux décrochements dextres E-W et des plis d'entraînement N-S et E-W. Des granitoïdes syn-tectoniques D₃ datent à 545 Ma (âge U/Pb sur zircon, Toteu et al., 1987) ont pu être observés.

Domaine Centre

Le domaine Centre encore dénommé domaine Adamaoua-Yadé, s'étend entre la faille de la Sanaga au Sud et la faille de Tcholliré-Banyo au Nord. Ce domaine correspond à une zone géographiquement orientée NE-SW. Il comprend plusieurs linéaments à savoir : (1) le Cisaillement Centre Camerounais (CCC) qui, correspond à une zone de fracture orientée N50E-N70E. Le CCC traverse tout le continent Africain, du Cameroun jusqu'à la mer rouge, (2) La faille de Tibati - Banyo (FTB) qui est un accident à régime ductile (Nzenti et al., 1994 ; Ngako et al., 2003;Toteu et al., 2004), (3) La faille de Bétaré-Oya (FBO) qui est un accident ductile-fragile (Kankeu, 2008), (4) La faille de la Sanaga (FS) qui est un accident fragile (Dumont, 1986) orientée N70E le long duquel coule le fleuve Sanaga. Ce domaine est dominé par la présence du bassin sédimentaire (série de Lom), des granitoïdes syn-tectoniques panafricains qui sont intrusifs dans le socle paléoprotérozoïque et localement couverts par des dépôts du crétacé (bassin de Mbéré, bassin de Djérem, bassin de Koum), des formations volcaniques cénozoïques ou regroupés par des dômes plutoniques (Nkouandou et Temdjiim, 2011). Ils forment une grande variété de roches (granites à biotite et amphibole, granite à muscovite et biotite, granite à biotite seul, diorites, gabbro et syénites). Ces formations sont polyphasées tout comme dans le domaine Nord et sont affectées par quatre (4) phases de déformations (Ganno et al., 2010 ;Kouankap Nono, 2011 ; Azefack Mbounou et al., 2023).

La première phase D₁, marquée par la schistosité S₁ qui porte une linéation minérale Lm₁, des plans de cisaillement C₁, des plis et des structures S/C. A cette phase, est associé un métamorphisme de faible à moyen degré du faciès amphibolite

La deuxième phase D₂ présente des cisaillements C₂, des plis P₂, une schistosité S₂ de plan axial et une linéation L₂. Le métamorphisme qui lui est associé est caractérisé par des assemblages du faciès amphibolite de haut degré (700-800°C ,5-Kb).

La troisième phase D₃ est une phase tectonique transcurrente, marquée par des mouvements de transpression dextre et senestre. Le métamorphisme qui lui est associé est caractérisé par des assemblages du faciès amphibolite de moyen degré.

La quatrième phase D₄, est une phase fragile, responsable de la mise en place des veines granitiques et diverses fractures.

Domaine Sud

Ce domaine auquel appartient le secteur d'étude s'étend du craton du Congo jusqu'à la faille de la Sanaga et se prolonge en République Centrafricaine où il est connu sous le nom de la Chaîne des Oubanguides qui, pour certains auteurs désigne toute la CPAC (Poidevin, 1991). Sa particularité lithologique est l'absence de granitoïdes tardi-à post-tectoniques, formations très abondantes dans les autres domaines de la Chaîne Panafricaine au Cameroun (Toteu et al., 2001, 2004).

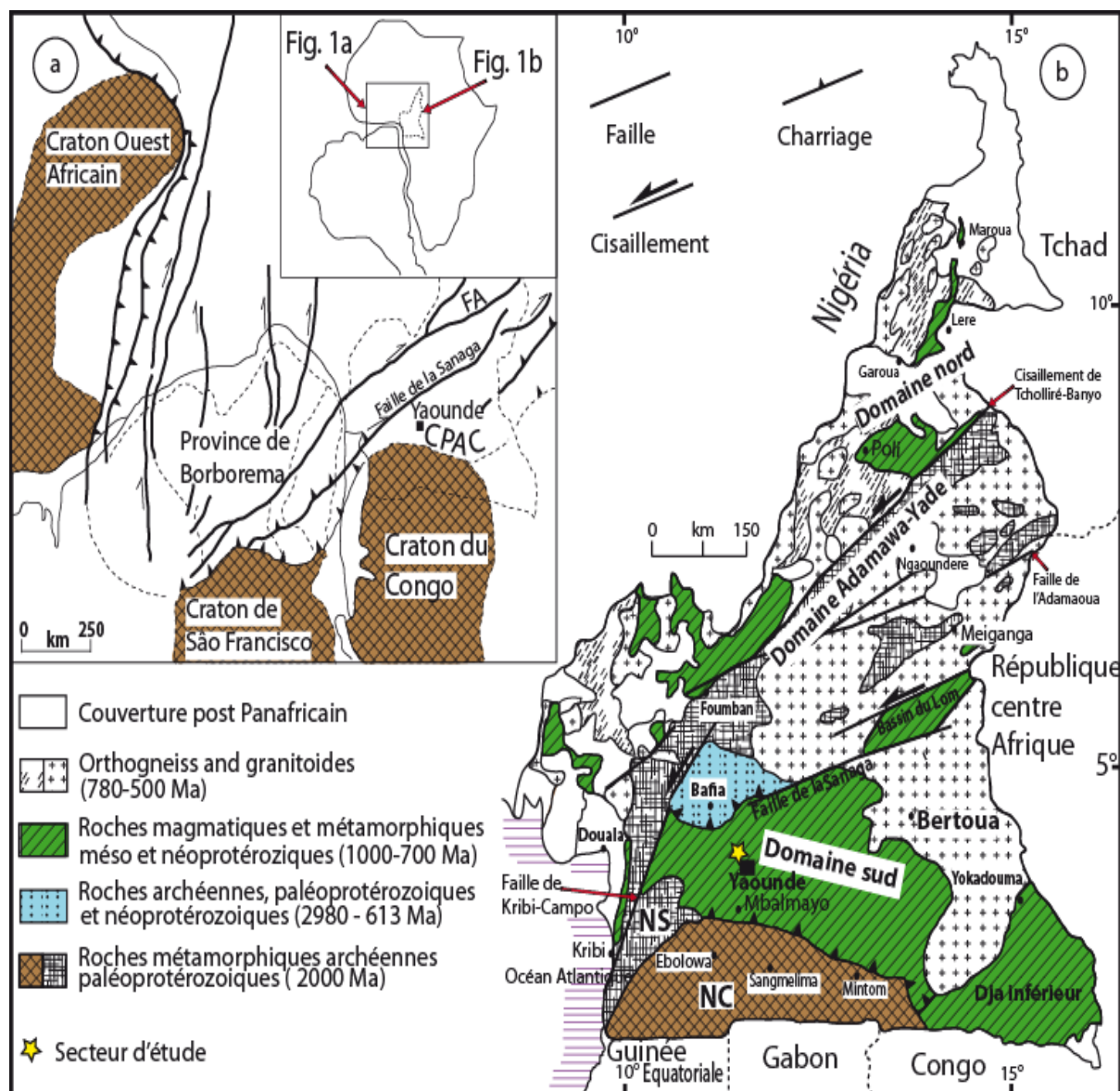


Figure 7 : Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale : (a) Reconstruction géodynamique à l'échelle continentale (Oliveira et al., 2006) ; (b) Carte des différentes unités lithotectoniques au Cameroun (Metang et al. (2022b) ; modifiée de Tchakounté et al. (2017)). CPAC : Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale ; FA : Faille de l'Adamaoua

Ce domaine est composé de deux ensembles : un ensemble faiblement déformé au cours de l'orogénèse panafricaine, composé en majorité de schistes et de quartzites (série de Mbalmayo-Bengbis, Ayos, Yokadouma à l'Est) ; un ensemble de haut degré métamorphique, composé de micashistes, d'amphibolites, de roches à silicate calcique, des gneiss et migmatites (série de Yaoundé, et de Ntui-Betamba) (Metang et al., 2022c). Ces ensembles lithologiques sont intrudés par des diorites et granodiorites (Nzenti et al., 1988, 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 onazite : Owona et al., 2011); 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-Cameroun ont subi une évolution polyphasée et monocyclique (Nzenti et al., 1988, 1998 ; Ngnotué et al., 2000, Metang et al., 2014).

Sur la base des analyses structurales sur le terrain et en laboratoire combinées aux hypothèses publiées précédemment, Bissaya et al.,(2023) ont mis en évidence six phases de déformations dans les formations géologiques de Yaoundé : Quatre épisodes de déformation ductile (D_1-D_4) et deux épisodes de déformation ductilo-fragile (D_5-D_6) :

La première phase 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.

La deuxième phase D_2 est marquée par une foliation S_2 à pendage faible et une linéation L_2 de direction N-S associée à des cisaillements C_2 orientés N-S, illustrant l'aplatissement général, au sein du mouvement tangentiel tardif vers le sud.

La troisième phase D_3 présente des plis de direction N-S et de raccourcissement E-W, tandis que **D_4** présente des plis de direction E-W et de raccourcissement N-S, dénotant la tectonique transcurrente.

Les phases de déformations D_5 et D_6 ont lieu en continu par rapport à la tectonique transcurrente D_3 et D_4 antérieure avec des caractéristiques de plissement à glissement en

flexion qui seraient surimprimées par des régimes de contraintes post-orogéniques plus tard. Au moins deux épisodes de déformation en décrochement E_1 et E_2 ont engendré deux systèmes de failles en décrochement dominant l'évolution structurale Post-Néoprotérozoïque dans la région de Yaoundé. **(i) Le premier système Z_1** 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. **(ii) Le deuxième système Z_2** 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. **(iii) Les deux phases** ont développé plusieurs structures secondaires, par exemple des fractures en feuillets et des structures en losanges, avec une cinématique prévisible.

I.2.2. Partie Nord-ouest du craton du Congo

La partie Nord-ouest du Craton du Congo comprend : Le complexe du Ntem et le complexe du Nyong (Owona et al., 2022)

I.2.2.1. Complexe du Ntem

Il a été affecté par deux cycles orogéniques et est composé de divers matériaux. Le premier cycle orogénique ou cycle Libérien est marqué par la mise en place des protolites de roches vertes suivie de l'intrusion de TTG (Tonalite-Trondhjemite-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 second cycle est Éburnéen et 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. Le complexe du Ntem porte l'empreinte d'une déformation D_1 marquée par la foliation S_1 et le métamorphisme associé est de haut degré.

I.2.2.2. Complexe du Nyong

Situé au NW du complexe du Ntem. Il est constitué de roches métasédimentaires et métaplutoniques mises en place au cours d'un événement tectonométamorphique de haut degré vers 2050 Ma. Cette unité repose sur le craton du Congo comme une nappe éburnéenne (Feybesse et al., 1987 ; Toteu et al., 1994 ; Tchameni et Nsifa, 1998). Des

travaux de datation SHRIMP UPb/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 protolites sont d'âge Archéen (BIFs 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 protolite à 2836 Ma, charnockites de Bienkop entre 2044 Ma et 1985 Ma).

Les travaux de (Ndéma Mbongué, 2016) montrent qu'en plus des roches métasédimentaires et des roches méta-ignées, il existe un troisième type issu de la fusion partielle (migmatites et TTG). Il conclut ainsi en disant que la bordure Nord-Ouest du craton du Congo (complexe du Nyong) tout comme le domaine Centre de la chaîne représente un ancien domaine continental qui a été repris par des événements thermiques (l'orogénèse Panafricaine pour le domaine Centre et l'orogénèse paléoprotérozoïque pour le complexe du Nyong).

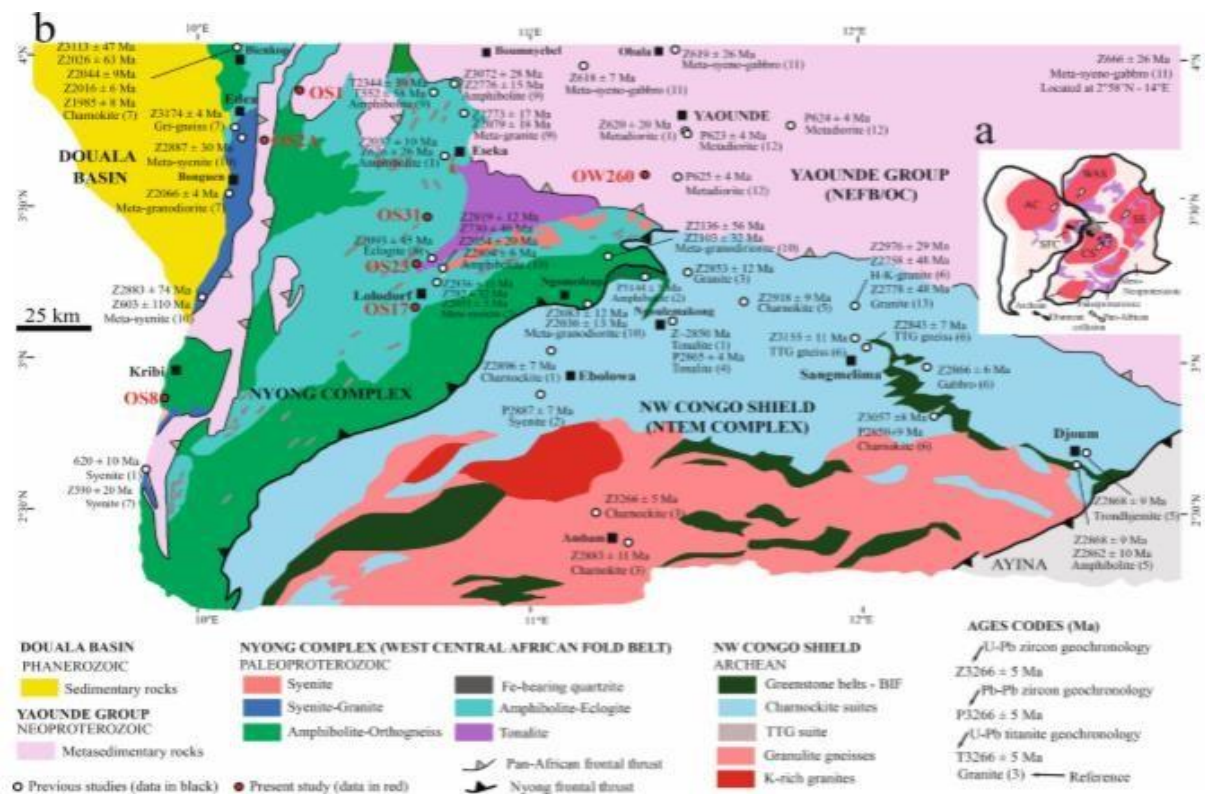


Figure 8 : Carte géologique du complexe du Ntem (Owona et al., 2021)

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Dans ce chapitre, nous détaillons le matériel et les méthodes utilisés pour mener à bien l'exploration de Nkong. Afin d'atteindre les objectifs fixés, une combinaison de techniques de terrain, incluant des relevés géologiques, l'échantillonnage, ainsi que des analyses en laboratoire ont été adoptés. Cette approche permet une compréhension approfondie des processus géologiques en jeu et garantit la fiabilité des résultats obtenus.

II.1. MATERIEL

Sur le terrain, le choix du matériel est essentiel, car il détermine la qualité et la fiabilité des données recueillies. De ce fait, nous avons utilisé comme matériel :

- ✓ la carte topographique de Yaoundé (Nkolbisson) à l'échelle de 1/50 000, c'est sur ce fragment de carte qu'apparaît la localité de Nkong où les études ont été menées ;
- ✓ des modèles numériques de terrain de type SRTM (Shutter Radar Topography Mission) ;
- ✓ une boussole munie d'un clinomètre qui va servir à la mesure des attitudes des éléments structuraux ;
- ✓ un marteau pour géologue ainsi qu'une masse de 5kg pour casser l'affleurement et prélever les échantillons ;
- ✓ un appareil photo numérique et un téléphone portable avec une bonne résolution pour la prise de vue ;
- ✓ un GPS (Global Positioning System) qui est le matériel de géolocalisation de marque Garmin pour relever les coordonnées géographiques des affleurements et des structures ;
- ✓ un carnet de terrain et des crayons pour la prise de note ;
- ✓ des marqueurs indélébiles pour l'étiquetage des échantillons ;
- ✓ les sacs de type banco et sac à dos pour le transport des échantillons ;
- ✓ du papier ciment pour la protection des échantillons ;
- ✓ un équipement vestimentaire de géologue servant de protection a permis de mener à bien les travaux de terrains ;
- ✓ un ordinateur pour l'analyse et le traitement des données ;
- ✓ les logiciels Microsoft Office Word ; Microsoft Office Excel, Adobe Illustrator (CS) 11.3 pour la réalisation des cartes géomorphologiques en (2) et en (3)

dimensions ; QGIS2.18 pour la réalisation des autres cartes ; stéréonet pour la construction des stéréogrammes ;

- ✓ Le microscope polarisant de marque OPTIC YVYMEN SYSTEM et LEITZ WETZLAR pour l'observation des lames minces.

II.2. METHODES

Les méthodes choisies ont été déterminantes pour garantir la fiabilité et la pertinence des résultats obtenus. Par conséquent, ce mémoire se fonde sur une approche pluridisciplinaire qui se résume en trois principales étapes ; il s'agit entre autres : la phase primaire ou de documentation, la phase de terrain et la phase de laboratoire.

II.2.1 Études préliminaires

Cette phase initiale a permis d'acquérir une compréhension approfondie du contexte géologique de la zone d'étude à travers une revue systématique de littérature, qui est une étape indispensable dans la recherche académique. Une bonne synthèse bibliographique a donc été effectuée avant la planification de la campagne de terrain. Elle a contribué à avoir une idée sur la zone et d'établir un plan d'exploration. L'acquisition de la carte topographique du secteur de Nkong à l'échelle 1/50 000 a permis d'avoir une carte de localisation montrant l'itinéraire, les villages environnants et les différents cours d'eau. L'exploration minutieuse de cette carte a facilité la localisation des principaux affleurements, d'inventorier les différents types pétrographiques et les éléments structuraux présents. Le travail de terrain a été caractérisé en trois temps successifs qui correspondent aux trois aspects que sont : l'analyse des faits, leur description et leur interprétation.

II.2.2. Travaux de terrain

Les travaux de terrain se sont déroulés au mois de juillet 2024. Une fois sur le terrain, l'on a d'abord fait une reconnaissance des sites, une description de l'environnement et de la biodiversité, répertorié les différentes activités économiques, la prise des coordonnées géographiques de chaque site, la description des affleurements qui consiste à apprécier la couleur d'ensemble et la structuration pour chaque affleurement. L'affleurement a été investigué sous ses aspects pétrographiques et structuraux :

- ✓ sous l'aspect pétrographique, il a été question de prélever et décrire les échantillons en fonction de tous les faciès (couleur d'ensemble, assemblage et abondance minéralogique, type pétrographique et protolithe probable) ;

- ✓ sous l'aspect structural, il a été question d'identifier décrire et schématiser les éléments structuraux visibles sur les affleurements (foliation, plis, boudins, fractures), leurs attitudes, leurs chronologies ainsi que leurs évolutions. L'identification et vérification sur le terrain de certaines structures observées par traitement des images satellitaires.

II.2.3. Travaux de laboratoire

Les travaux de laboratoire constituent une étape cruciale car dédiées à l'analyse détaillée des échantillons collectés lors des travaux de terrain. C'est dans cette optique que nous avons débuté l'analyse pétrographique à Nkong par la reconnaissance macroscopique et l'échantillonnage systématique des roches. Cette étude a été complétée par la description microscopique au laboratoire afin de déterminer les compositions minéralogiques, les textures les associations minérales. Pour ce faire, 12 lames minces ont été confectionnées à l'atelier de lame mince de l'annexe de l'Université de Yaoundé 1. Ensuite, les observations microscopiques se sont déroulées au Laboratoire de Géosciences des Formations Profondes et Application (LGFPA) du Département des Sciences de la Terre et l'Université de Yaoundé 1. Ces observations ont permis de déterminer avec précision les principaux minéraux, et les associations minérales en équilibre. Les observations microscopiques ont été faites successivement en lumière naturelle ou lumière polarisée non analysée (LPNA) et en lumière polarisée analysée (LPA).

CHAPITRE III. ETUDE PETROGRAPHIQUE

Ce chapitre a pour objectif, de faire un inventaire lithologique et une étude pétrographique des formations géologiques explorées. Après les travaux de terrain (à l'échelle macroscopique) et de laboratoire (à l'échelle microscopique), un ensemble métamorphique a été mis en évidence. La disposition de cet ensemble sur le terrain montre que les roches sont recoupées par des veines quartzo-feldspathiques par endroits. Les échantillons de roches prélevés sur le terrain ont été représentés sur la carte d'échantillonnage (**Fig. 9**). 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).

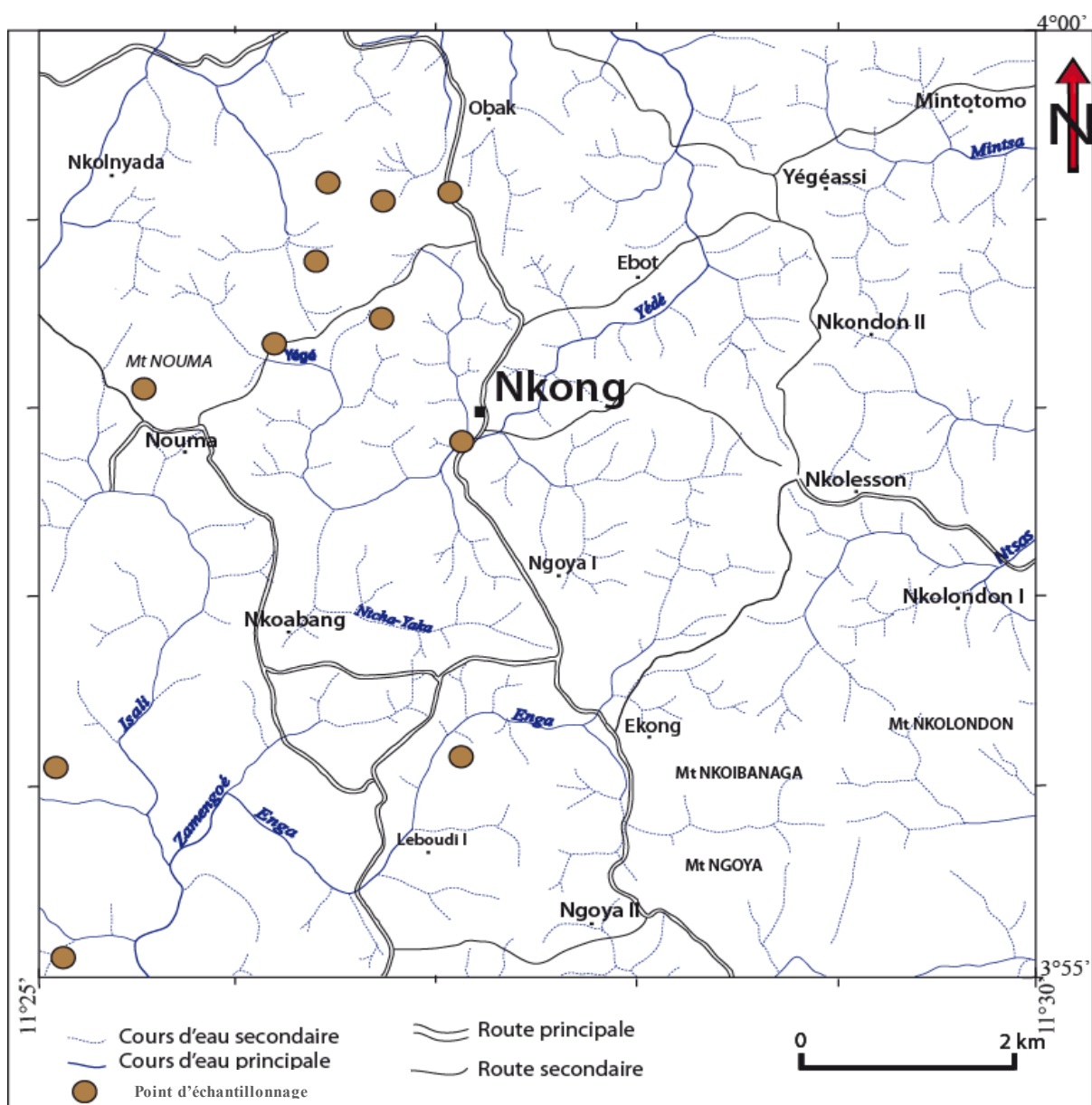


Figure 9 : Carte d'échantillonnage du secteur Nkong.

Les migmatites sont observées sur toute l'étendue du secteur Nkong, derrière l'hôpital d'ophtalmologie d'Obak où elles affleurent en dalles (**Fig. 10A**). A Ekorezock, Nkol-Nyada, Nkol Nouma, carrière de Nkolkos, Nkom-Metet (**Fig. 10D**), les affleurements sont en dômes, et en blocs à Nkol Teme et Oback (**Fig. 10E**). Ces roches présententg deux parties : (1) le paléosome qui montre une foliation gneissique marquée par une alternance des lits clairs et des lits sombres composés visiblement de quartz, biotite, grenat, feldspath potassique, plagioclase, disthène ; sillimanite, et (2) le néosome composé du leucosome (présenté sous forme de filon d'épaisseur variable ; centimétrique à millimétrique et du mélanosome constitué des minéraux ferromagnésiens.

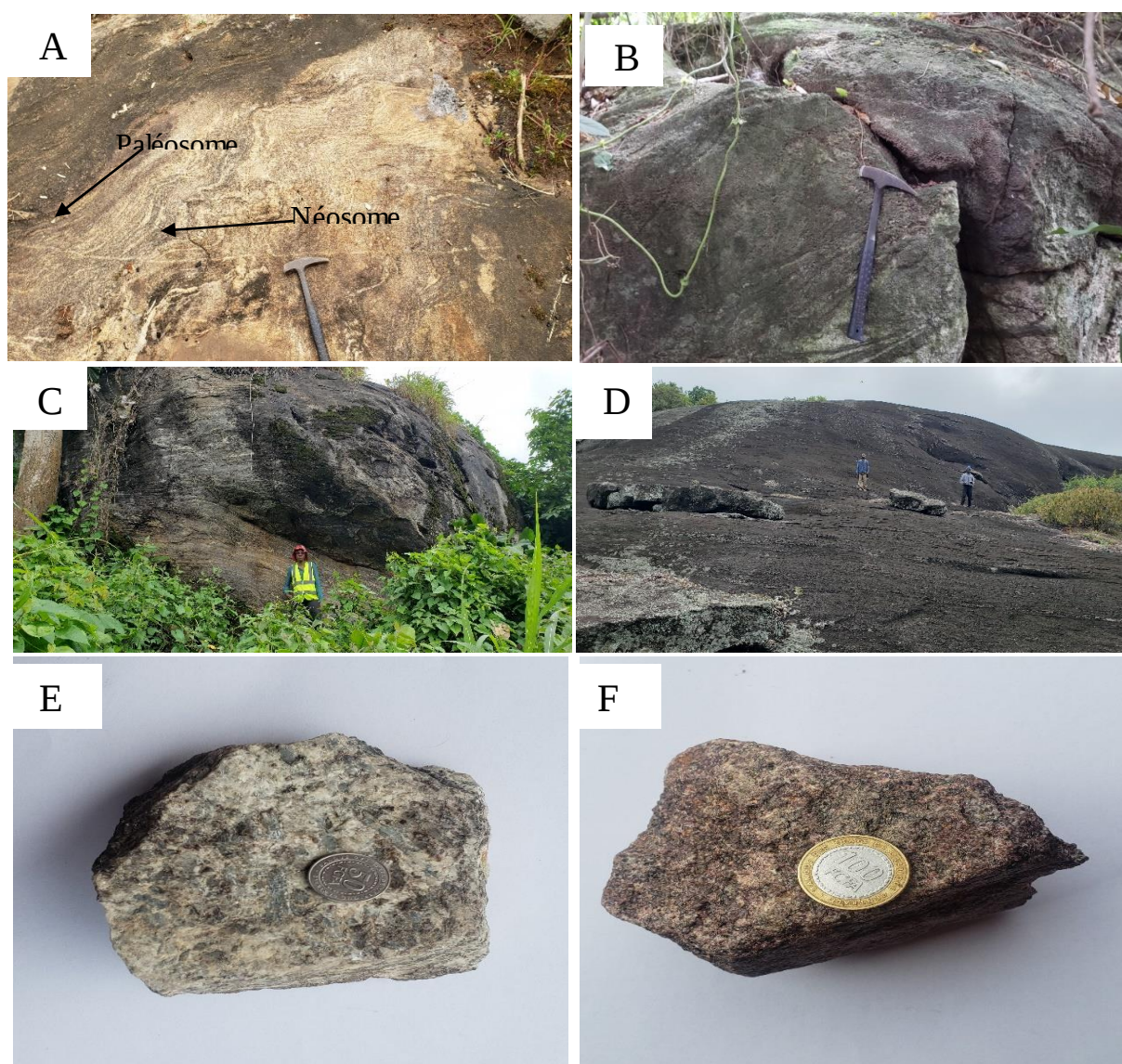


Figure 10 : Photographies des migmatites de Nkong : (A) Affleurement en dalle à Oback ; (B et C) Affleurement en bloc des sites Nkol Nouma et Obak ; (D) Affleurement en dôme à Nkom Metet ; (E et F) Echantillons des migmatites de Nkong.

III. PALEOSOME

Le paléosome est la partie des migmatites ayant conservée sa particularité gnessique ; car n'ayant pas subi de fusion partielle. Cette particularité des gneiss se caractérise par une foliation marquée par une alternance de lits clairs, riche en minéraux quartzofeldspathiques et de lits sombres riche en minéraux ferromagnésiens. Sur la base des compositions minéralogiques, le paléosome a trois faciès pétrographiques à savoir les gneiss à grenat et biotite, les gneiss à deux micas, sillimanite et disthène, la grenatite.

III.1.1 Gneiss à grenat et biotite

A l'échelle microscopique, cette roche a une texture granolépidoblastique (**Fig. 11**) et est composée des minéraux tels-que : grenat, quartz, biotite, muscovite, minéraux opaques.

Le quartz (35%) de forme sub-automorphe à xénomorphe, a une taille comprise entre 0,5 et 2 mm. L'on note la présence de gros cristaux dans les parties claires de la roche et les petits cristaux associés aux ferromagnésiens dans les parties sombres de la roche. Certains cristaux sont disposés selon une orientation préférentielle à laquelle s'associe le plus souvent la biotite et le feldspath potassique (**Fig. 11A et B**).

Le grenat (30%) se présente sous forme de porphyroblaste de taille comprise entre 1 et 5 mm. Ces porphyroblastes de grenat présentent des inclusions de quartz, muscovite, feldspath potassique, ils sont le plus souvent moulés par des paillettes de biotite et de muscovite (**Fig. 11 B**).

La biotite (20%) apparaît en lamelles allongées de forme sub-automorphe à xénomorphe. Elle moule par endroits les porphyroblastes de grenat (**Fig. 11B**). L'on note une orientation préférentielle des biotites soulignant ainsi la schistosité de la roche.

L'on observe à certains endroits une association fréquente de la biotite avec le quartz, et les minéraux ferromagnésiens. Les lits de biotites alternent souvent avec des lits quartzofeldspathiques (**Fig. 11 C**).

Le feldspath potassique ou orthose (10%) se présente en cristaux xénomorphes. Sa taille varie entre 0,2 et 4,5 mm. Il s'associe le plus souvent avec le quartz pour former des lits clairs. L'on observe les petits cristaux associés aux ferromagnésiens dans les lits sombres.

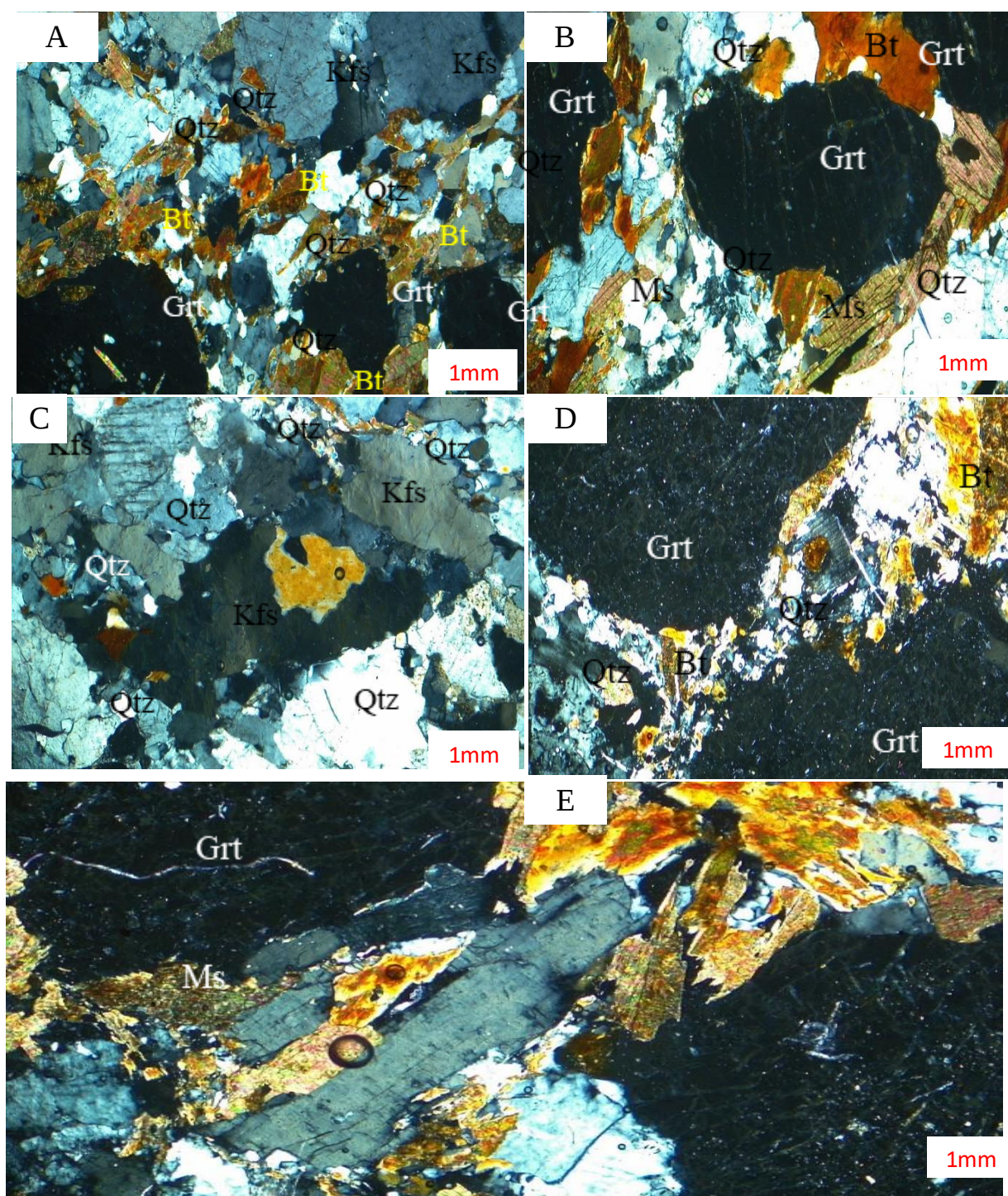


Figure 11 : Microphotographies du gneiss à Grenat et biotite : (A) Texture granolépido-blastique hétérogranulaire ; (B) porphyroblaste de grenat moulé par la biotite et la muscovite ; (C) Inclusion du quartz et biotite dans le grenat ; (E) Feldspath potassique en association avec la biotite, le quartz et la muscovite.

La **muscovite** (5%) généralement associée à la biotite, est sous forme de petites lamelles. L'on la rencontre en inclusion dans le grenat (Fig. 11C et E).

Les minéraux opaques (<4%) très peu représentés dans la roche, ils se présentent sous forme de grains automorphes ou xénomorphe.

III.1.2 Gneiss à deux micas, sillimanite et disthène

A l'échelle microscopique, cette roche a une texture granolépidoblastique hétérogranulaire, (**Fig. 12A**) et, est constituée de minéraux tels que : quartz, disthène, sillimanite, Grenat, feldspath potassique, biotite, muscovite, minéraux opaques, minéraux accessoire (rutile).

Le quartz (25%) Apparaît sous forme xénomorphe à sub-automorphe, de taille comprise entre 0,22mm (pour les petits cristaux) à 2,9 mm (pour les gros cristaux). Le quartz est souvent présenté en inclusions dans le grenat et disthène.

La biotite (15 à 20%) apparaît en lamelles allongées, de tailles comprise entre 0,5 et 2 mm. Certaines lamelles de biotite montrent des orientations préférentielles et moulent parfois le disthène et le feldspath potassique. La biotite est souvent en inclusions dans le disthène (**Fig. 12A**), le feldspath potassique et le grenat et le grenat (**Fig. 12C**)

La muscovite (7 %) est sous forme de petits cristaux en lamelles étirées, parfois en association avec la biotite, le quartz et le feldspath potassique.

Le disthène (10 à 15%) se présente sous forme sub-automorphe à xénomorphe et parfois en prisme allongés. Sa taille varie entre 1 et 5 mm le long du grand axe. Certains cristaux contiennent des inclusions de quartz et de biotite (**Fig. 12D**), et d'autres petits cristaux se trouvent en inclusion dans la biotite et muscovite.

La sillimanite (10 à 15%) apparaît en prisme automorphe. L'on note des inclusions de biotite et de quartz (**Fig. 10A**). Sur certaines sections, elle est le plus souvent noyée dans une matrice de fines paillettes de biotite (**Fig. 12F**)

Grenat (10%) est présent sous forme de porphyroblaste de taille comprise entre 1 et 4 mm. Le plus souvent moulés par des cristaux de biotite et muscovite, il présente des inclusions de quartz, biotite et feldspath potassique. Certains cristaux sigmoïdes de grenat présentent les minéraux néoformés de biotite et de quartz au niveau des queues de cristallisation.

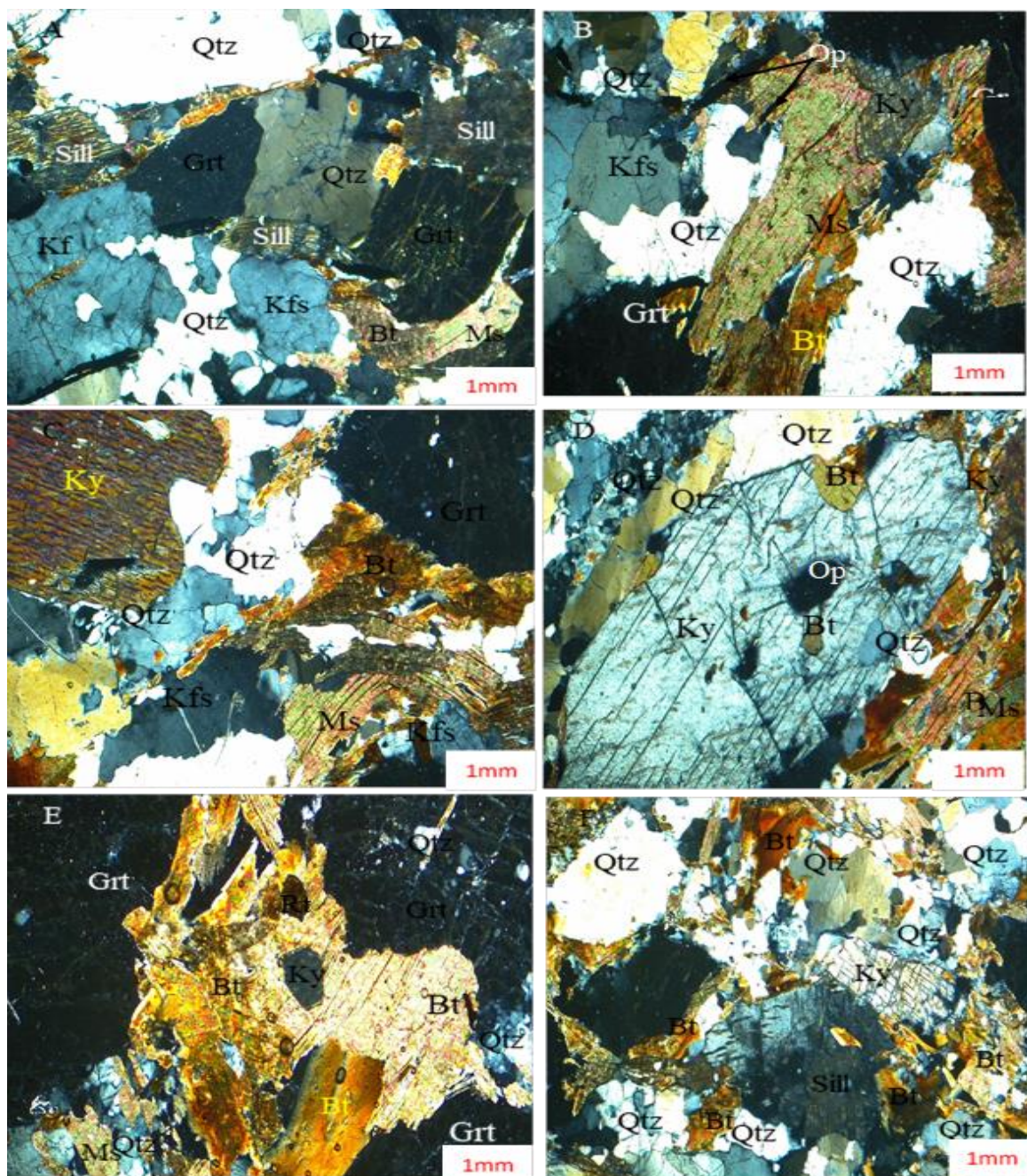


Figure 12 : Microphotographies du gneiss à deux micas, sillimanite et disthène : (A) Texture granolépidoblastique hétérogranulaire. (B) inclusion minéraux opaques dans la biotite et le quartz; (C) Lamelles de biotite ployées; (D) Porphyroblaste de disthène avec des inclusions de quartz, biotite et de minéraux opaques; (E) Cristal de rutile et inclusion de quartz dans la biotite, fissure dans le grenat occupé par les fines paillettes de biotite ; (F) Cristaux de grenat et de sillimanite moulés par les lamelles de biotite.

Le feldspath potassique (5%) se présente en cristaux xénomorphes, le plus souvent associé au quartz. Ils sont en inclusion dans le disthène, grenat et sillimanite.

Les minéraux opaques (3%) sont des cristaux xénomorphes, de taille <10 mm, l'on les retrouve en inclusion dans la biotite, le disthène et le quartz.

Les minéraux accessoires (2%) sont en inclusion dans la biotite et représentés par le rutile.

III. Grenatite

A l'échelle microscopique, cette roche a une texture granolépidoblastique constituée des minéraux tels que : grenat, biotite, muscovite, quartz, sillimanite, feldspath potassique et les minéraux opaques.

Le grenat (75%) est présent sous forme de porphyroblaste de taille comprise entre 1 à 5 mm. Les interstices de cristaux de grenat sont occupés par les paillettes de biotite, quartz, muscovite et feldspath potassique (**Fig. 13B**) les inclusions de biotite, muscovite et quartz sont présentes dans les cristaux de grenat.

Le quartz (15%) se présente sous forme sub-automorphe à xénomorphe. L'on note une orientation préférentielle des cristaux de quartz. La schistosité de la roche est définie par cette orientation préférentielle à laquelle s'associent le plus souvent le feldspath et la biotite (**Fig. 13**)

La biotite (<5%) se présente sous forme de paillette et présente par endroits une orientation préférentielle (**Fig. 13C**). La biotite est disséminée dans la roche et présente une taille comprise entre 0,5 et 1,5 mm, elle est associée parfois au quartz et au feldspath potassique.

La sillimanite (<5%) se présente en cristaux sub-automorphes à automorphes, et est moulé par les cristaux de biotite.

Les feldspaths potassiques (<5%) ont des formes xénomorphes à sub-automorphes avec une taille comprise entre 1 et 3 mm. L'on note qu'ils sont très souvent associés au quartz, et à la biotite (**Fig. 13B**).

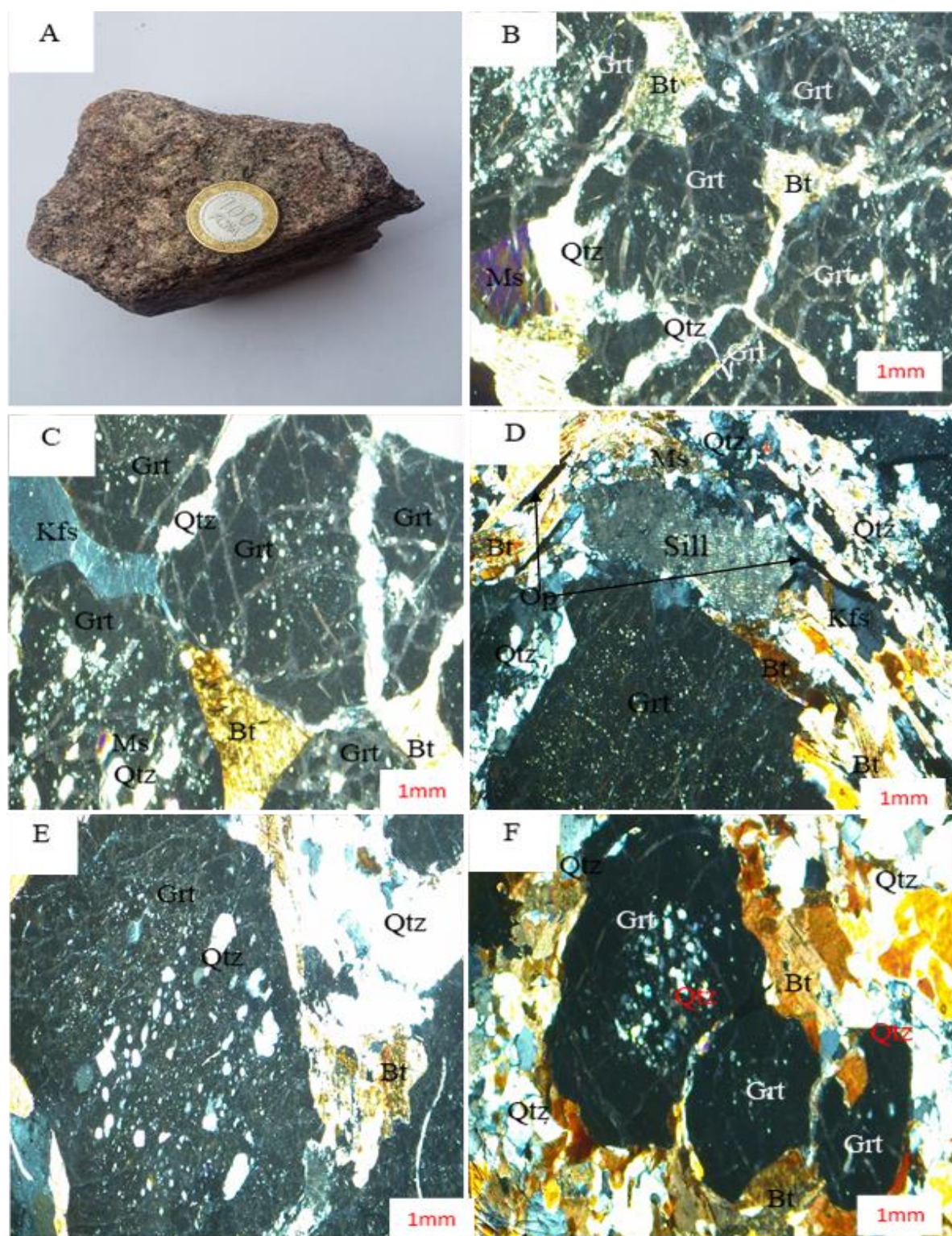


Figure 13 : Microphotographies de la grenatite : (A) échantillon macroscopique ; (B) texture granolépidoblastique ; (C) les interstices entre les grains de grenat occupés par les paillettes de quartz, biotite et muscovite ; (D) Cristaux de quartz, de feldspath potassique, muscovite disposés suivant une orientation préférentielle ; (E) Porphyroblaste de grenat avec des trainées d'inclusion (Si) rectiligne et oblique à la Se ; (F) Schistosité interne Si subcirculaire matérialisée par des trainées d'inclusion de quartz.

La muscovite (3%) comme la biotite, se présente en fine paillettes et remplissent les microfractures au sein du grenat. Des larges paillettes sont associées à la biotite avec qui elles forment des lits de minéraux phylliteux.

Les minéraux opaques (2%) sont présents en inclusions dans la sillimanite et la biotite.

III.2. NEOSOME

III. 2.1. Leucosome

Au microscope, montre une texture granolépidoblastique hétérogranulaire, constitué des cristaux de quartz, plagioclase, feldspath potassique, chlorite, muscovite,

III.2.2. Melanosome ou Restite,

C'est la partie de la roche n'ayant pas subi de fusion partielle. Elle contient les minéraux plus sombres comme la biotite.

Le quartz (35%) se présente sous forme de petits cristaux et porphyroblastes xénomorphes à sub-automorphes de taille comprise entre 0,2 et 3 mm. Il est généralement en association avec le feldspath potassique, le plagioclase, la muscovite et la chlorite (**Fig. 14 D**).

Le feldspath potassique (30 %) avec des formes xénomorphes à sub-automorphes, de taille 3,5 mm pour le plus gros cristal et 1 mm pour le plus petit. Les gros cristaux se trouvent en association avec le quartz et le plagioclase (**Fig. 14 C**) et les petits cristaux se trouvent moulés par la biotite et la muscovite.

Le plagioclase (15%) est xénomorphe à sub-automorphe avec une taille comprise entre 1 à 2 mm. Il révèle une association avec le quartz et le feldspath potassique (**Fig. 14E**). Certains cristaux présentent des textures myrmekitiques (**Fig. 14B**).

La biotite (<5%) apparaît en lamelle allongées xénomorphes de taille inférieur à 0,5 mm. L'on note par endroits une rétro-morphose de la biotite en chlorite (**Fig. 13D**)

La muscovite (5%) fine paillette issu le plus souvent de la transformation du plagioclase.

La chlorite (1%) minéral secondaire, est issu de la déstabilisation de la biotite

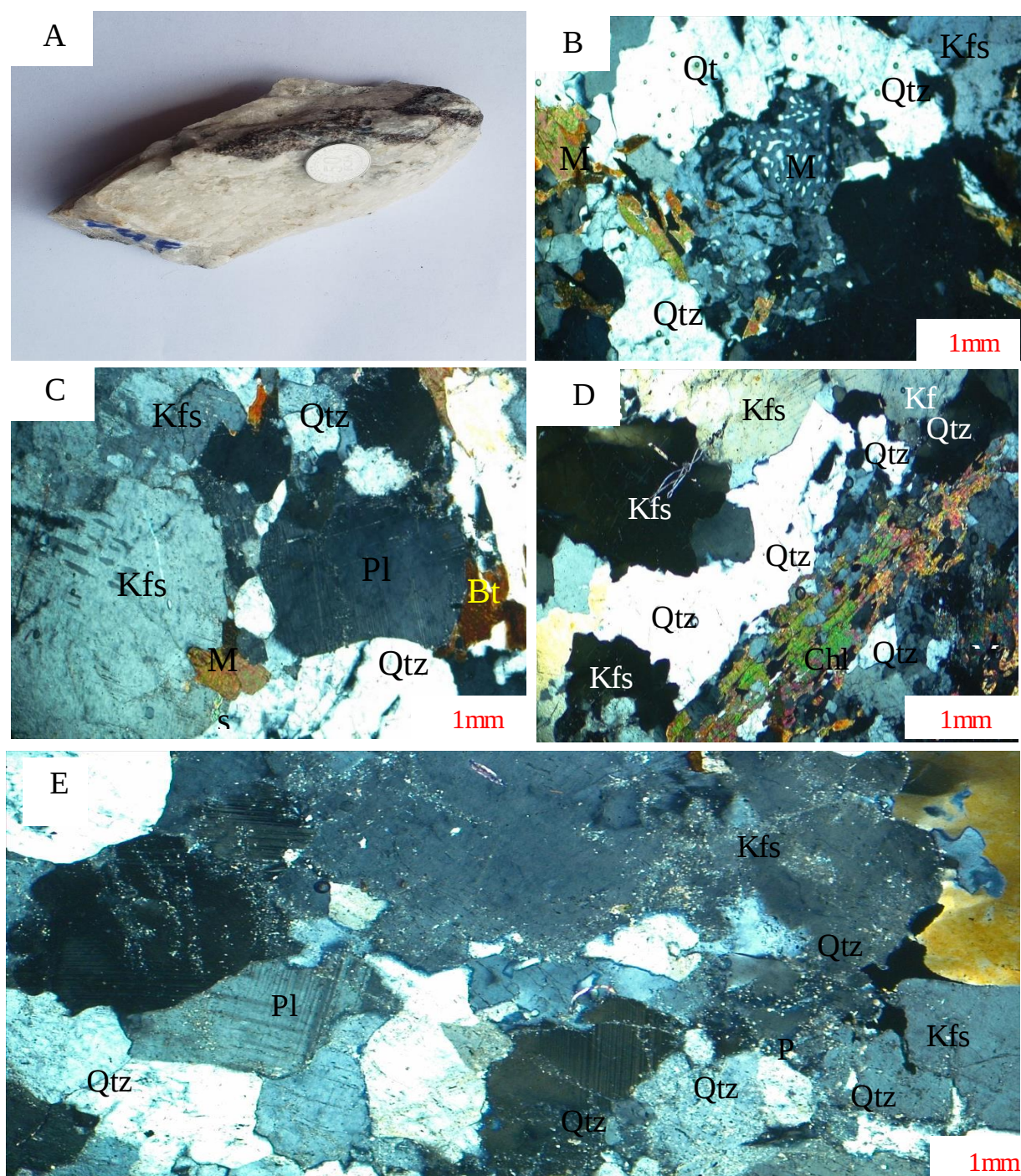


Figure 14 : Photographie et microphotographies du néosome (leucosome) dans les migmatites : **(A)** Echantillon macroscopique. **(B)** Texture granolépido-blastique, texture myrmékitique ; **(C)** Plage de plagioclase en cours de déstabilisation en séricite. **(D)** Orientation préférentielle du quartz, biotite et chlorite dans le leucosome. **(E)** Porphyroblaste de feldspath potassique avec inclusion de quartz.

L'étude pétrographique des formations géologiques des secteurs de Nkong a permis de mettre en évidence un seul ensemble lithologique à savoir l'ensemble métamorphique. Aussi, de cet ensemble l'on a pu dénombrer (04) faciès pétrographiques distincts. Il s'agit des gneiss à grenat et biotite, gneiss à deux micas, disthène et sillimanite, grenatite et néosome. De plus, les études combinées de la pétrographie macroscopique et microscopique ainsi que les travaux de terrain ont permis d'établir la carte lithologique (**Fig. 15**). Cette carte préalablement dessinée par Dumort (1968) montre que, la zone d'étude est constituée de migmatites. A l'issue de la carte géologique du Précasm (2021) à l'échelle 1/ 1 000 000 du Cameroun, il ressort que le secteur d'étude de Nkong est également constitué de migmatites (gneiss).

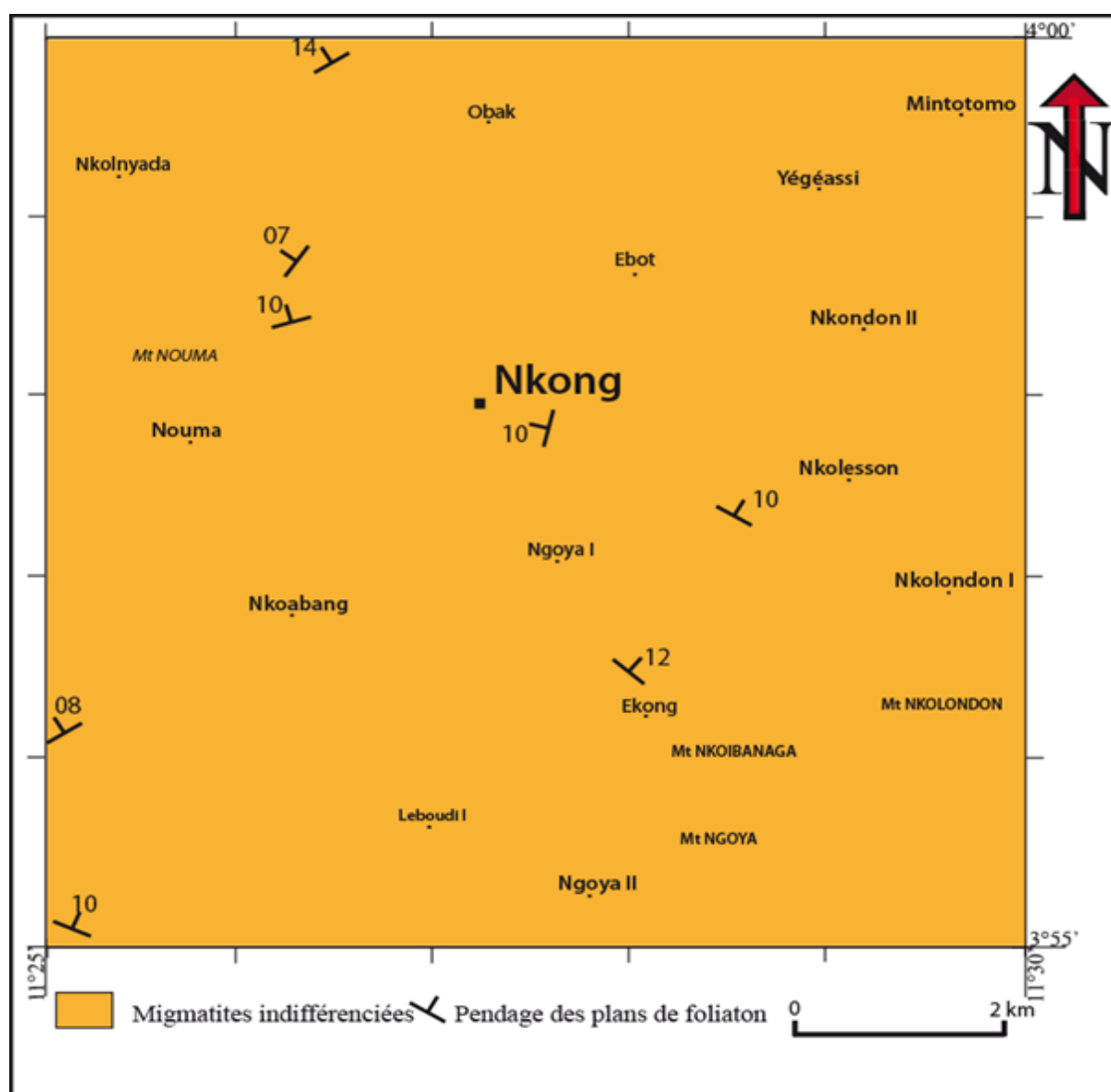


Figure 15 : Carte géologique du secteur Nkong : extraite et modifiée de la carte du Précasm (2021) à l'échelle 1/1000 000.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des Principaux caractères pétrographiques des ensembles lithologiques du secteur Nkong

	<u>Type pétrographique</u>		<u>Textures</u>	<u>Paragenèses principales</u>	Faciès
Ensemble métamorphique	Migmatites	Paléo-some	Granolépidoblastique	Qtz+Grt+Bt+Kfs	Amphibolite
			Granolépidoblastique hétérogranulaire	Qtz+Ky+sill+ Bt+ Grt+K fs	
			Granolépidoblastique	Grt+Qtz+Bt+Sill+K fs	
		Néosome	Granolépidoblastique	Kfs+Qtz+Pl+Bt	
			Granolépidoblastique	<u>Anagenèses secondaires</u>	Granulite
			Granolépidoblastique	Qtz+Kfs+Bt+Ms±Op	
			Granolépidoblastique hétérogranulaire	Qtz+Kfs+Bt+Ms±Rt±Op	
			Granolépidoblastique	Qtz+Kfs+Bt+MS+Op	
		Néosome	Granolépidoblastique	Pl+Qtz+Bt+Ms+Chl	Schiste vert

CHAPITRE IV. ETUDE STRUCTURALE

L'analyse structurale des formations géologiques de Nkong offre un précieux aperçu des mécanismes géologiques qui ont façonné le paysage au cours du temps. Avec une disposition géométrique complexe, cette région constitue un laboratoire naturel pour étudier les interactions entre les processus géomorphologiques et les structures géologiques. Ce chapitre vise à examiner les formations géologiques locales à travers une approche intégrée combinant l'analyse géomorphologique pour explorer les formes du relief et l'analyse structurale pour examiner les différentes structures de déformations ayant affecté lesdites roches (foliation/schistosité, boudins, plis, linéations, filons et fractures)

IV.1. ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE

IV.1.1. Analyse de l'image SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)

L'image SRTM (**Fig. 16**) est un MNT (modèle numérique de terrain) qui représente explicitement les éléments physique, le réseau hydrographique, les crêtes montagneuses, les pentes. Les structures linéaires anthropique (route, pistes, forêts ou de surfaces cultivées) sont réalisées par la méthode de superposition et supprimée de la zone. A cause de la végétation assez dense, certaines structures du secteur d'étude ne sont pas bien visibles sur le terrain d'où la nécessité des logiciels SIG tels que ArGIS 10.5 et surfer 16. Après traitement des images par ces deux logiciels, les données recueillies sont transmises dans le logiciel geoplot_1 dans l'optique de construire les rosaces directionnelles.

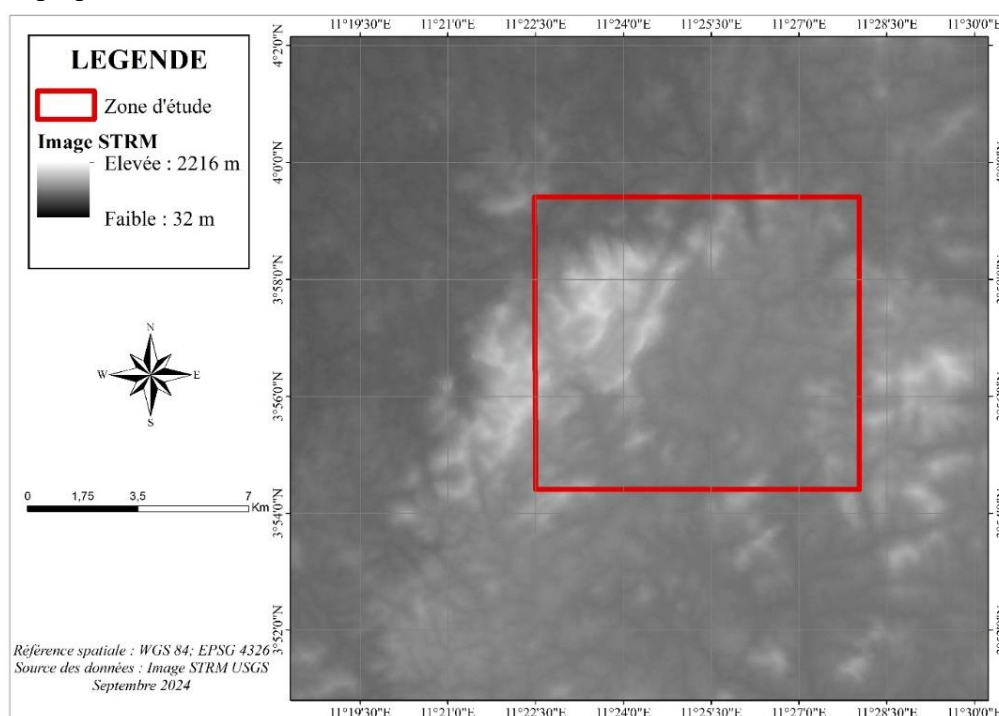


Figure 16 : Image brute SRTM : importée à Arcgis10.5

IV. 1.2. Orographie

Nkong se trouve dans une région dont l'altitude moyenne des sommets est d'environ 650 m d'après la classification géomorphologique du Cameroun (Segalen, 1967 ; Kamgang Kabeyene, 1998). Les observations faites sur le terrain associées aux analyses de la carte topographique (**Fig. 1**) montrent que le relief du secteur d'étude est entouré de part et d'autre des collines avec des altitudes qui atteignent 1250 m (**Fig. 17**) et des vallées caractérisées par trois principales surfaces (Apouamoun, 2007).

- Les reliefs résiduels associant des groupes convexes en demi-oranges d'altitudes comprises entre 950 à plus de 1250 m que l'on retrouve dans le Nord et Nord-Ouest du secteur d'étude ;
- Les unités géomorphologiques d'altitudes comprises entre 800 et 940 m couvrent les secteurs Est, Nord-Est et Sud-Ouest ;
- Les bas-fonds généralement occupés par les zones marécageuses et les cours d'eau d'altitudes comprises entre 650 à 750 m (**Fig. 17**).

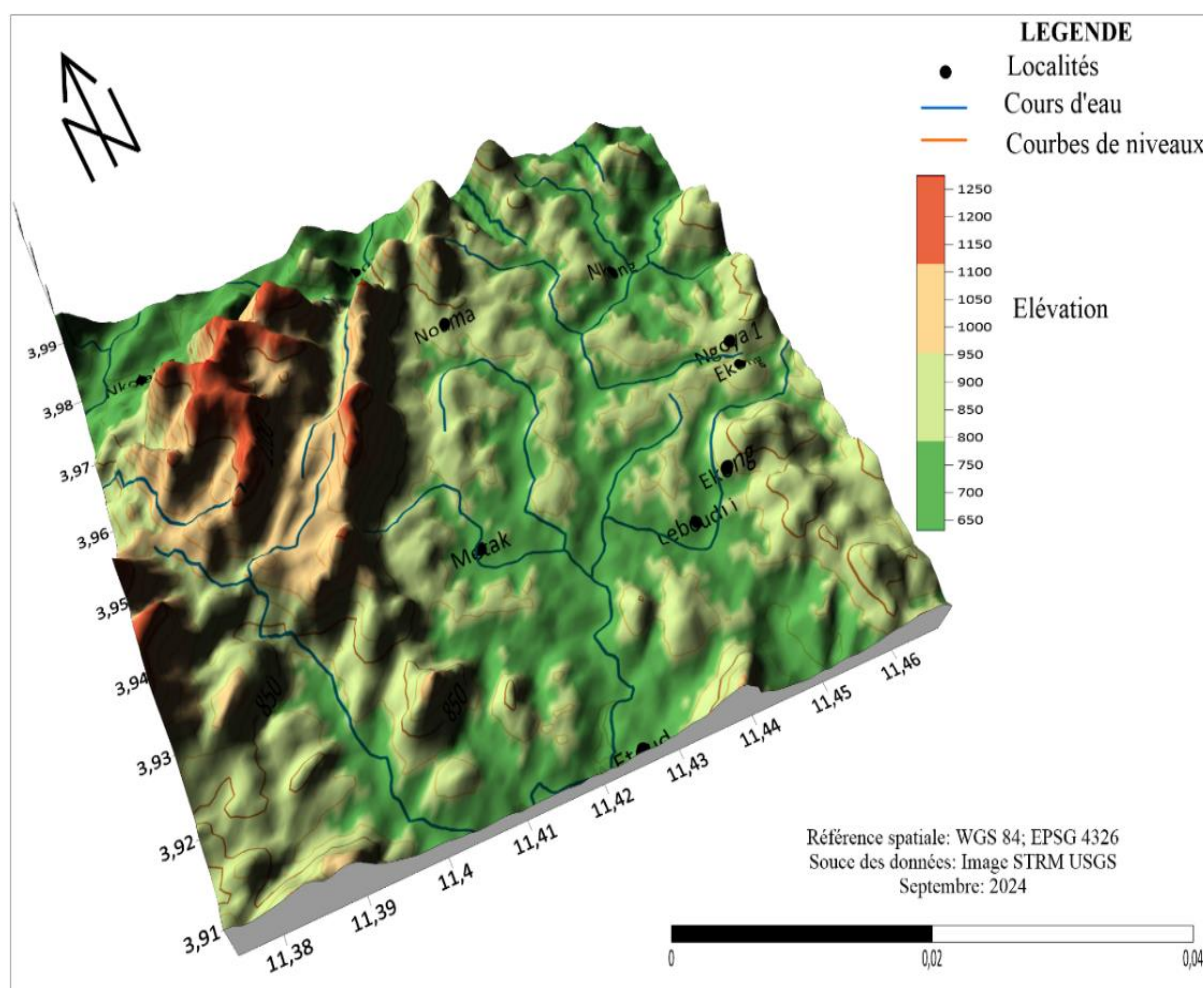


Figure 17 : Bloc diagramme du secteur d'étude (Nkong) : extrait de l'image SRTM.

IV.1.3. Analyse de la carte des pentes

L'interprétation de la carte topographique (**Fig. 1**), du bloc de diagramme (**Fig. 17**) et de la carte des pentes (**Fig. 18**) du secteur d'étude a permis de délimiter trois unités géomorphologiques :

- l'unité géomorphologique supérieure : présentant des altitudes comprises entre 950-1250 m. Les pentes les plus fortes étant comprises entre 24,87 67,70% et les points les plus hauts situés au NW et NNW de la carte ;
- l'unité géomorphologique intermédiaire comprise entre 800-940 m rencontrée au niveau des flancs de collines présentent des pendages moins forts 10,41-24,87 se situe au NNE et SSW de la carte ;
- l'unité géomorphologique inférieure (650-750) m représentée par les bas-fonds et renferment la majeure partie des cours d'eau, des points d'échantillonnage où le pourcentage de pente est faible inférieur à 10,41%.

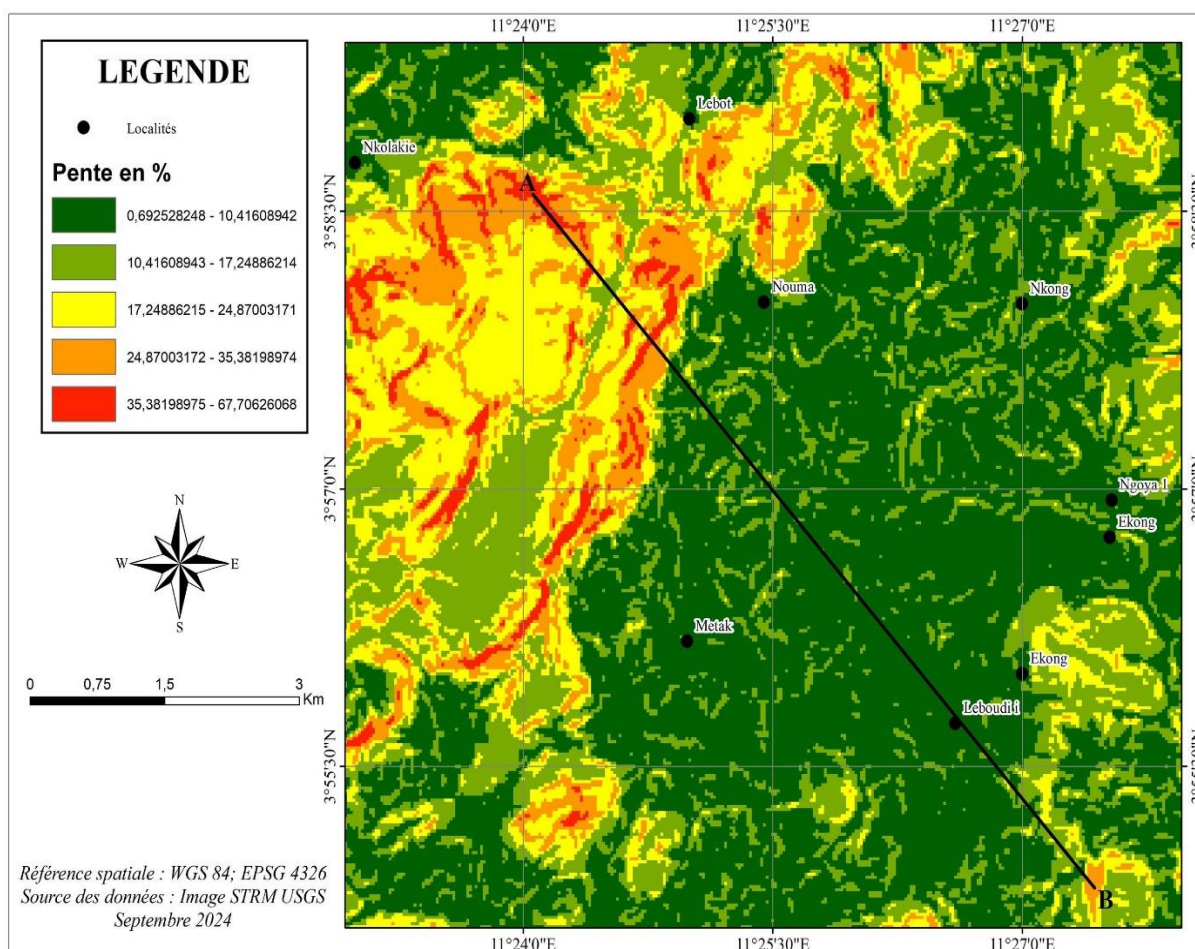


Figure 18 : Carte des pentes du secteur d'étude : extraite de l'image SRTM et profil topographique suivant le trait de coupe AB.

Le profil topographique suivant la direction du trait de coupe (AB) réalisé à partir de la carte des pentes montre que les pentes sont fortes au NW, faibles au centre du secteur d'étude et moyennes au SE

(Fig. 19).

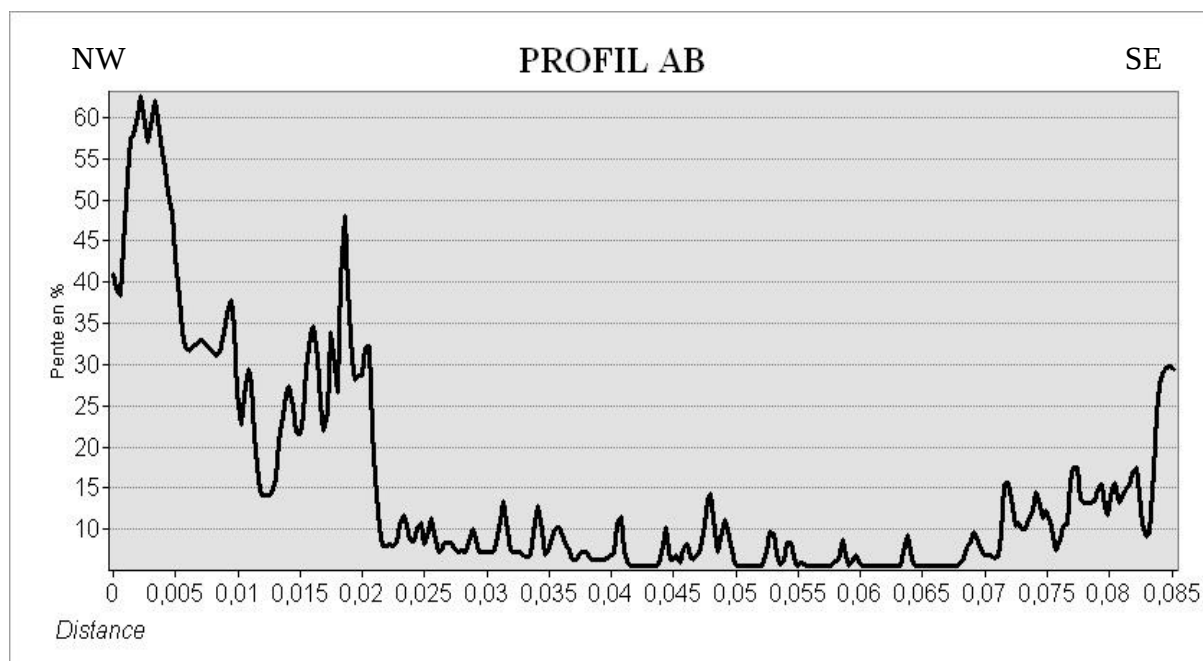


Figure 19 : Profil topographique AB de direction NW-SE.

IV.1.4. Etude des linéaments

a) Hydrographie

L'analyse des linéaments hydrographiques du secteur d'étude révèle aux premier abords que ; le réseau hydrographique est dendritique et présente des orientations à tendance parallèle et perpendiculaire. Le secteur présente dans son ensemble quatre (4) ordres hydrographiques comme l'illustre la carte du réseau hydrographique de Nkong (**Fig. 20**). Cette carte indique quatre collecteurs donc trois (Yédé, Mintsa et Ntsas) coulent vers le Nord et un (Zamengoé) vers le Sud. La rosace des directions des linéaments hydrographiques indique une direction principale ENE-WSW (**Fig. 21**).

b) Lignes de crêtes

Pour caractériser le relief du secteur d'étude, l'on a fait référence à des lignes de crêtes. Cette carte met en évidence la position, la forme et l'orientation des montagnes. Les lignes de crêtes ont permis d'observer une concentration de colline d'altitude moyenne 700 m dans la partie NW du secteur de Nkong (**Fig. 22**). Ces sommets sont orientés NNE-SSW à ENE-WSW avec une direction principale NE-SW (**Fig. 23**). Toutes les directions sont plotées dans la rosace

directionnelle des lignes de crêtes. Ainsi, 18 lignes ont été représentées et constituent l'ensemble des lignes de crêtes du secteur de Nkong. La rosace des linéaments hydrographiques (**Fig. 21**), soit 22 linéaments permet par comparaison à la rosace des lignes de crêtes (**Fig. 23**) de déduire que la direction d'écoulement des cours d'eaux est par endroits subparallèle à la direction des lignes de crête.

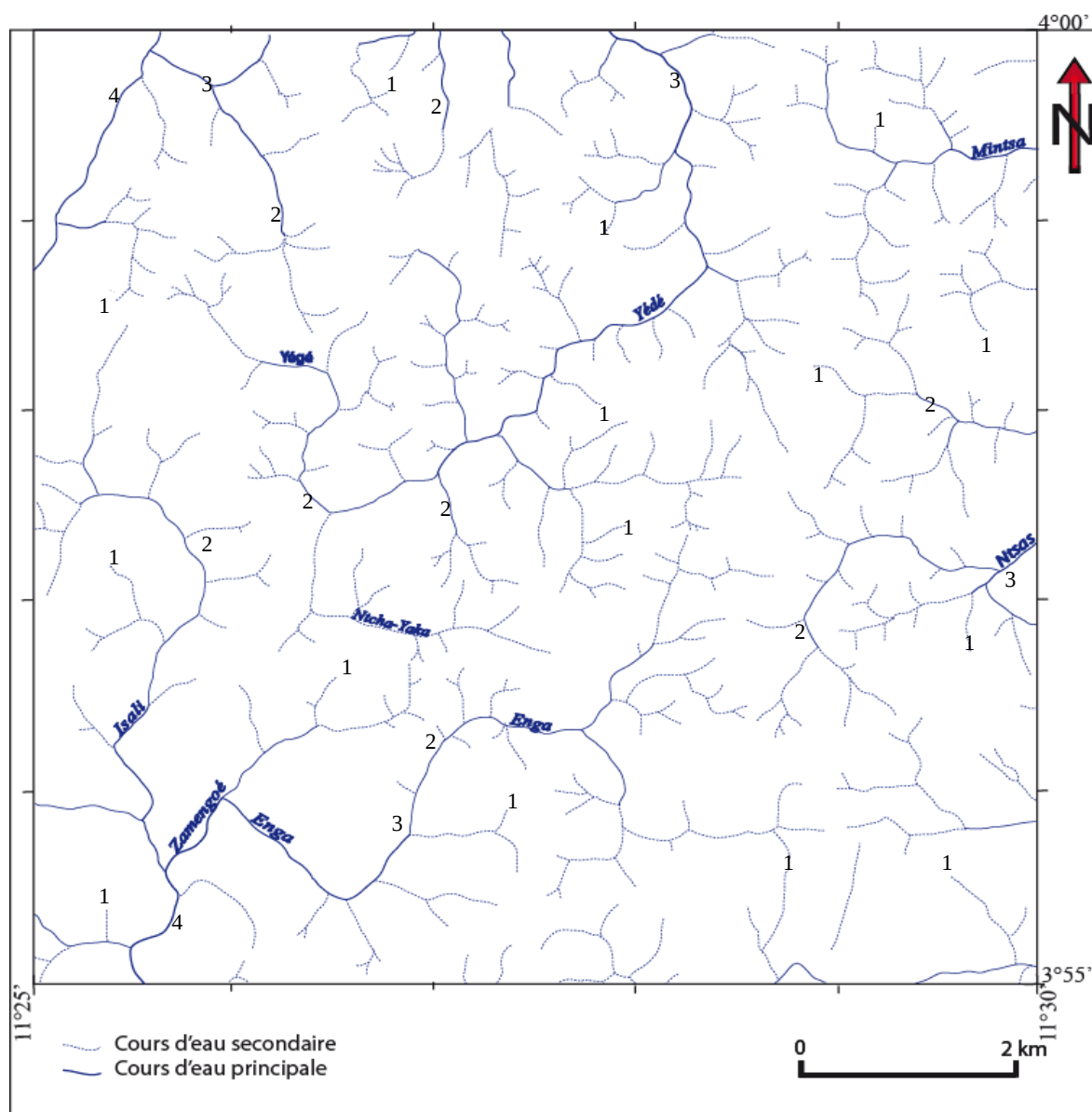


Figure 20 : Carte du réseau hydrographique et ordre des cours d'eau

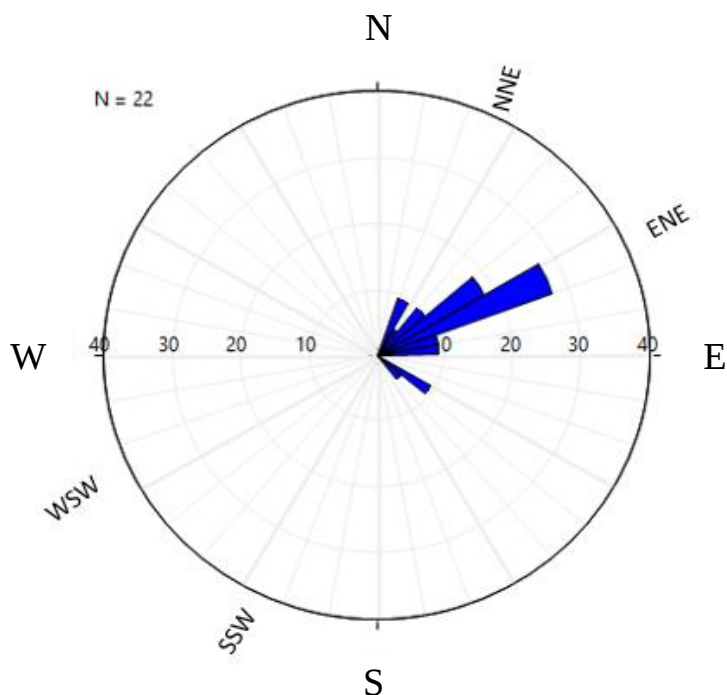


Figure 21. Rosace des linéaments hydrographiques

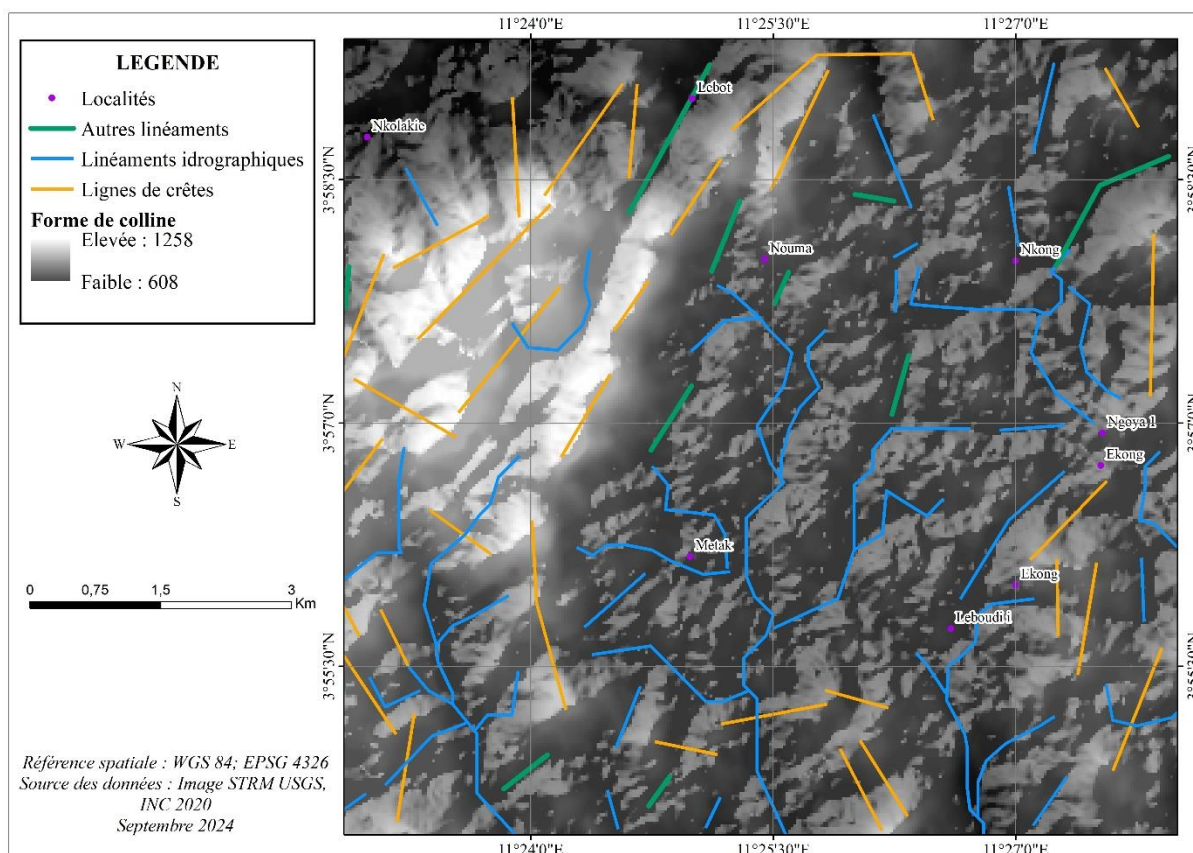


Figure 22 : Carte des lignes de crêtes, des linéaments hydrographiques et autres linéaments du secteur d'étude extraite de l'image SRTM.

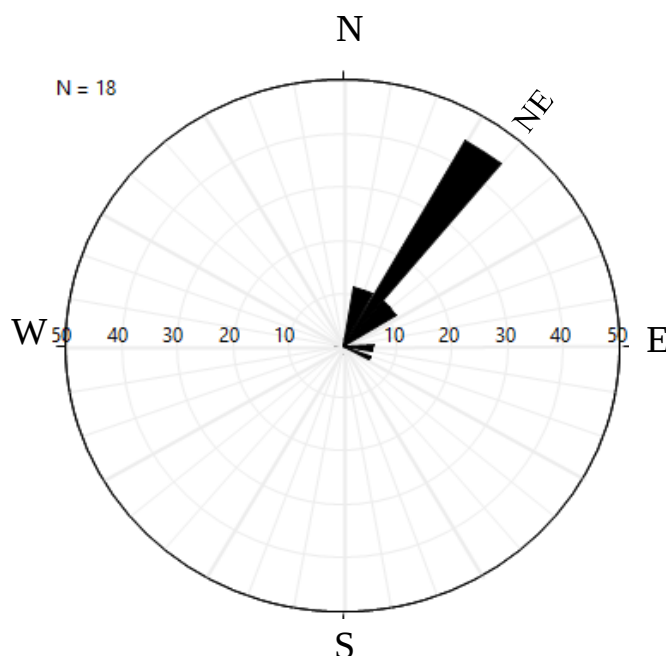


Figure 23 : Rosace des directions des lignes de crête

IV.2. ANALYSE STRUCTURALE

Dans le secteur de Nkong, les structures identifiées sur les différents affleurements sont entre autre les structures planaires (foliation/ schistosité, cisaillement/décrochement, fracture), les structures d'extensions ou de volume (boudins, veines/filons) et les structures plicatives (plis). Une chronologie relative accompagnée d'une analyse et d'une description des différentes structures a permis de les regrouper en quatre (4) principales phases de déformation : D₁, D₂, D₃ et D₄.

IV.2.1. Phase de déformation D₁

Cette phase D₁ est observée sur l'ensemble des roches métamorphiques du secteur d'étude. Les éléments structuraux de la déformation D₁ sont reconnaissables dans les migmatites par le développement des structures planaires (foliation / schistosité S₁), de volumes (boudins B₁) et plicatives (plis P₁)

IV.2.1.1. Foliation S₁

L'ensemble métamorphique du secteur de Nkong présente trois type de foliation S₁ :

- foliation par alternance compositionnelle, observée dans les gneiss à grenat et biotite de Nkolkos. elle est marquée soit par une orientation préférentielle des minéraux tels que le quartz, le feldspath potassique et plagioclase ainsi que quelques silicates d'alumine tels que le disthène et la sillimanite dans les lits clairs et les ferromagnésiens tels que le grenat, la biotite, la muscovite, le rutile dans les lits sombres de dimension millimétrique à centimétrique (**Fig. 24A**). La foliation S_1 a des directions comprises entre N015E et N0133E et des pendages de (5 à 10°) vers le NE ou le WNW, elle est renforcée par des boudins synschisteux dont l'orientation générale est NW-SE ;

- foliation par rubanement lithologique dans les migmatites de Ekorezock, caractérisée par une alternance de lits de composition minéralogique différente. L'on note ici un niveau sombre de dimension décamétrique riche en minéraux ferromagnésiens et d'un ruban quartzofeldspathique de dimension centimétrique (**Fig. 24B**).

Sur certains affleurements, les gneiss à grenat et biotite présentent une foliation marquée par des lits à horizon granulométrique fins et grossiers (**Fig. 24C**).

IV.2.1.2. Boudins B_1

Les boudins B_1 sont synschisteux car contemporain à la foliation S_1 . Certains boudins sont à cœur ferromagnésiens (micas et grenat) tandis que d'autres boudins sont constitués de minéraux quartzo-feldspathiques (**Fig. 24A**).

IV.2.1.3. Plis P_1

Observés dans des niveaux quartzo-feldspathiques dans les gneiss à biotite, les plis P_1 sont intrafoliaux ou syn-schisteux. Ils sont par endroits en crochons avec des axes parallèle à la foliation métamorphique et matérialisés par des lits clairs quartzo-feldspathiques d'épaisseur millimétrique à centimétrique (**Fig. 24A et D**).

La projection stéréographique (**Fig. 25**) des plans de foliations S_1 indique que les traces cyclographiques ont principalement pour direction NNE-SSW et NW-SE avec des pendages WNW et NE. Toutefois, la plupart des plans ont un pendage ENW. L'orientation de ces plans de foliation pourrait traduire ainsi l'existence d'un pli local de direction axiale N-S. La projection des pôles des plans de foliation S_1 montre une concentration des pôles dans le quadrant SE et SW (**Fig. 25**)



Figure 24 : Eléments structuraux de la phase de déformation D1 du secteur Nkong : (A) foliation par alternance compositionnelle S_1 , plis P_1 , Boudins B_1 dans les gneiss à biotite ; (B) Foliation marquée par un rubanement lithologique dans les migmatites de Ekorezock ; (C) foliation marquée par un horizon granulométrique ; (D) Plis P_1 matérialisés par des niveaux quartzofeldspathiques

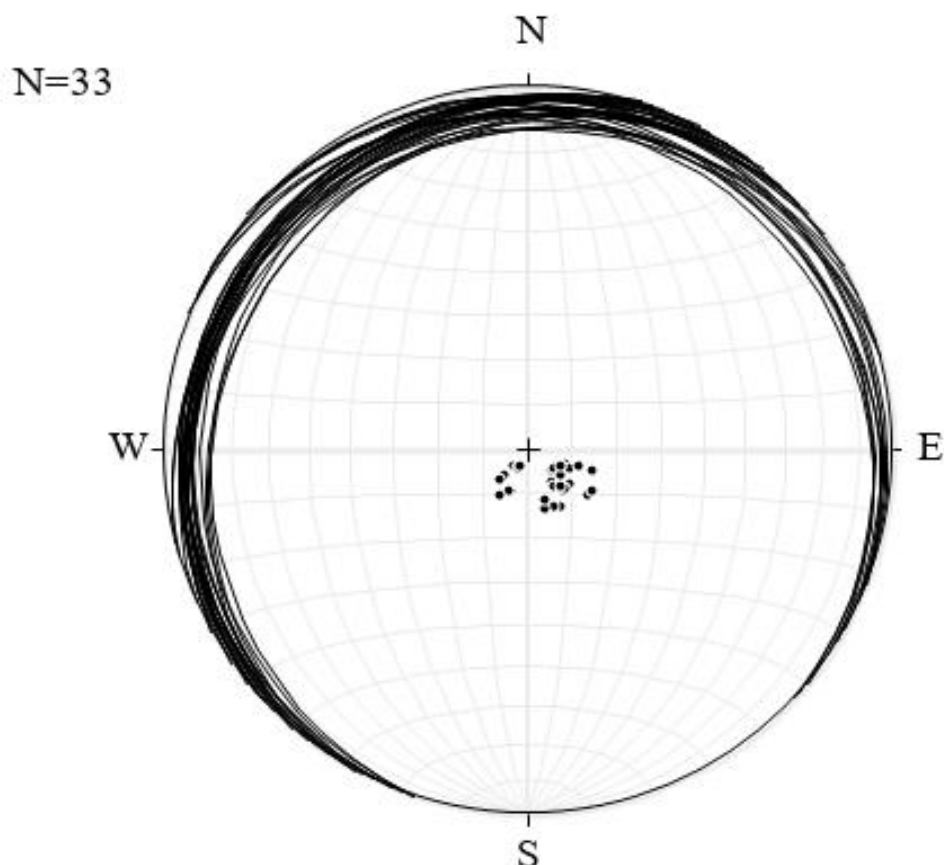


Figure 25 : Représentation stéréographique des pôles et des traces cyclographiques des plans de foliation S₁.

IV.2.2. Phase de déformation D₂

Elle est ductilo-fragile et affecte les migmatites du secteur d'étude. Elle est marquée essentiellement par des décrochements C₂, plis P₂., l'on note aussi la présence des structures d'extension marquée par les boudins B₂.

IV.2.2.1. Plis P₂

Les plis P₂ (**Fig. 26 A et B**) sont fréquemment observés dans le secteur Nkong. Ils résultent du plissement des niveaux quartzo-feldspathiques, dont certains présentent des boudins au niveau des flancs avec des tailles allant du centimètre au décimètre recoupant ainsi la foliation S₁. Ces plis sont dissymétriques et leur axe plonge plus vers l'Est.

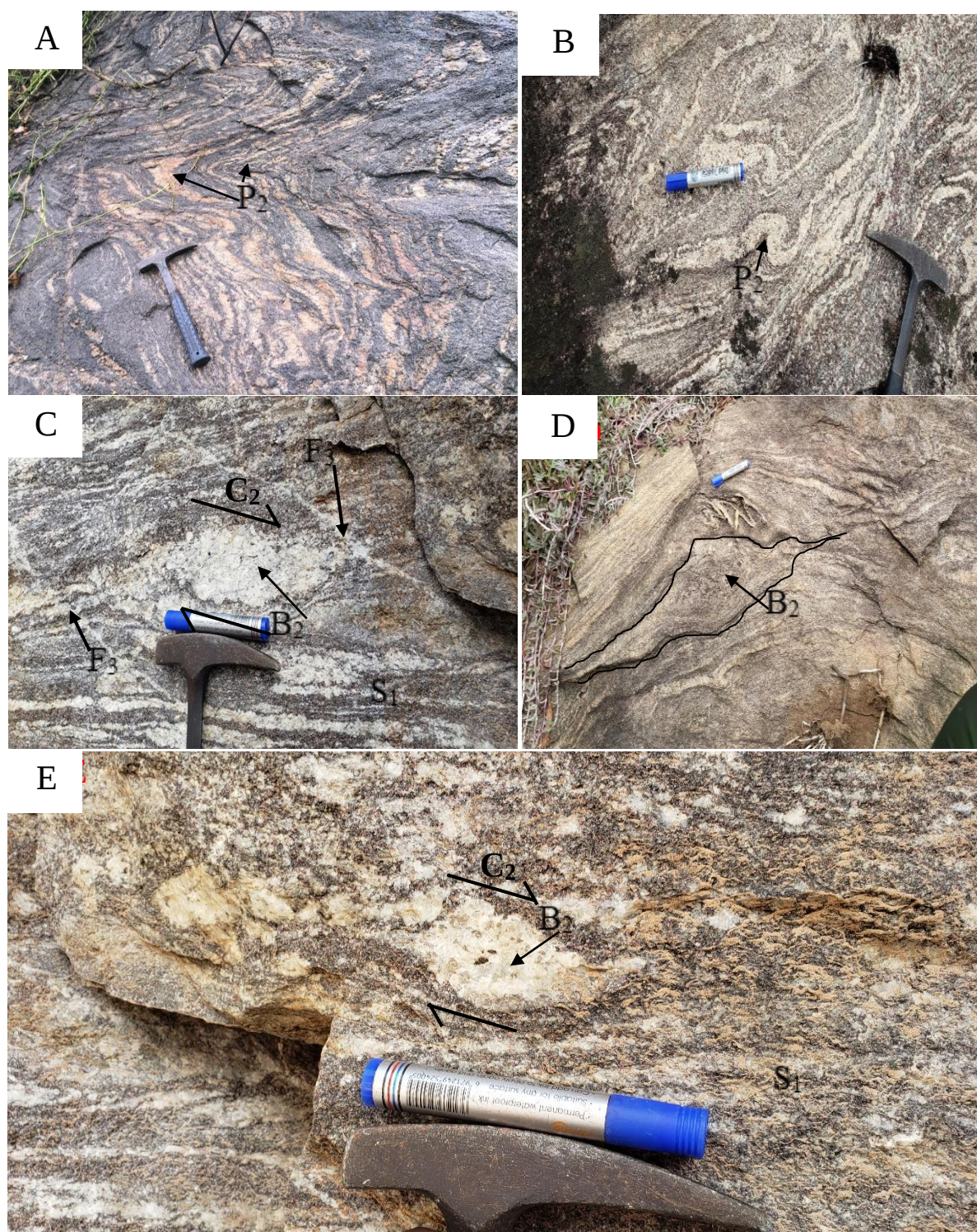


Figure 26 : Photographies de la déformation D2 : (A et B) plis P_2 ; (C) Boudins B_2 , Cisaillement C_2 , veines F_3 recoupant la S_1 ; (D et E) Cisaillement C_2 , Boudins B_2 et foliation S_1

IV.2.2.2. Boudins B₂

Les boudins mis en évidence dans le secteur de Nkong sont en majorité de la phase de déformation D₂, observés dans les roches gneissiques. Ces boudins sont quartzo-feldspathiques complets ou incomplets, symétriques ou asymétriques. La forme asymétrique de certains boudins indique des boudins de cisaillement (Ramsay et al., 1987 ; Goscombe et al., 2003). Les boudins B₂ rencontrés dans le secteur d'étude sont pour la plupart de cinématique dextre (**Fig. 26**).

IV.2.2.3. Cisaillement C₂

Les boudins B₂ sont indicateurs des cisaillements C₂. Par endroits, ces boudins recoupent la foliation S₁ et développent ainsi les plis en crochon P₂.

IV. 2.4. Phase de déformation D₃

IV.2.4.1. Cisaillement C₃

Les plans de cisaillements C₃ sont identifiés dans les gneiss à biotite. Les plans C₃ résultent du décalage des surfaces S₁ et des plis P₂. Ces décrochements agissent en cisaillement C₃ dans certaines roches de la localité. Ils sont responsables du décalage des niveaux quartzo-feldspathiques et les niveaux sombres ferromagnésiens (**Fig. 27**) suivant une cinématique senestre. Ces structures décrochantes sont observées le long du cours d'eau Nkong.

IV.2.3.2. veines F₃

Les veines F₃ sont observées dans les gneiss à biotite de Nkong. Ils recoupent les structures des phases D₁ et D₂ dans la direction WNW- ESE avec des pendages de 68° à subverticaux (**Fig. 27A et C**).

IV.2.4. Phase de déformation D₄

IV.2.4.1. Fractures ou diaclases F₄

La phase de déformation D₄ est essentiellement cassante et se caractérise par les diaclases orientées principalement NW-SE et NE-SW. Certains plans de diaclase sont de directions N-S. La F₄ fragmente les roches en blocs dont les dimensions sont variables (**Fig. 28**).

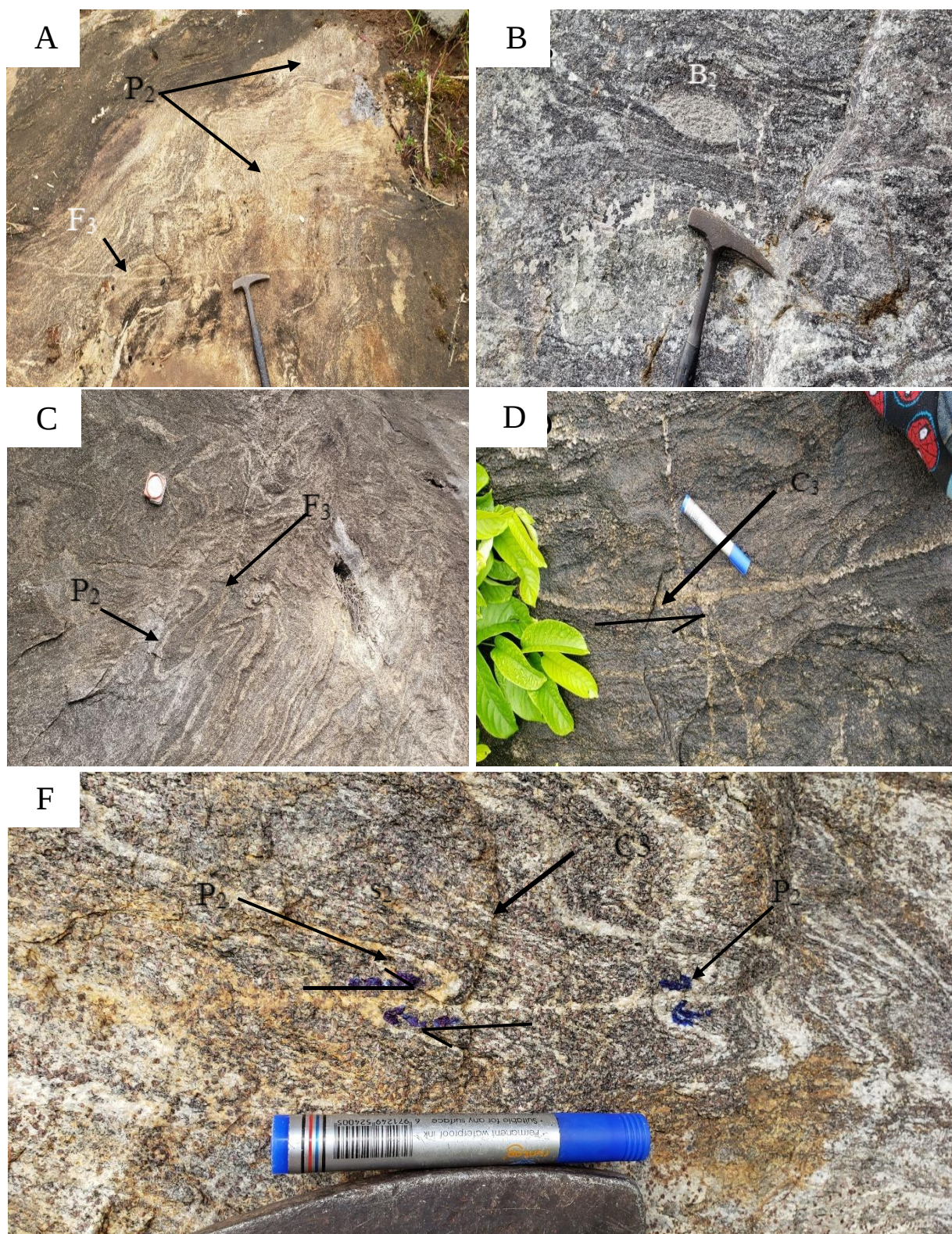


Figure 27 : Photographies des éléments la phase de déformation D3 : (A) Plis P_2 et veines F_3 ; (B) boudins B_2 de cinématique senestre ; (C) Plis P_2 et veine F_3 recoupant les plis P_2 ; (D) Cisaillement C_3 ; (E) Plis P_2 , cisaillement C_3 de cinématique dextre.

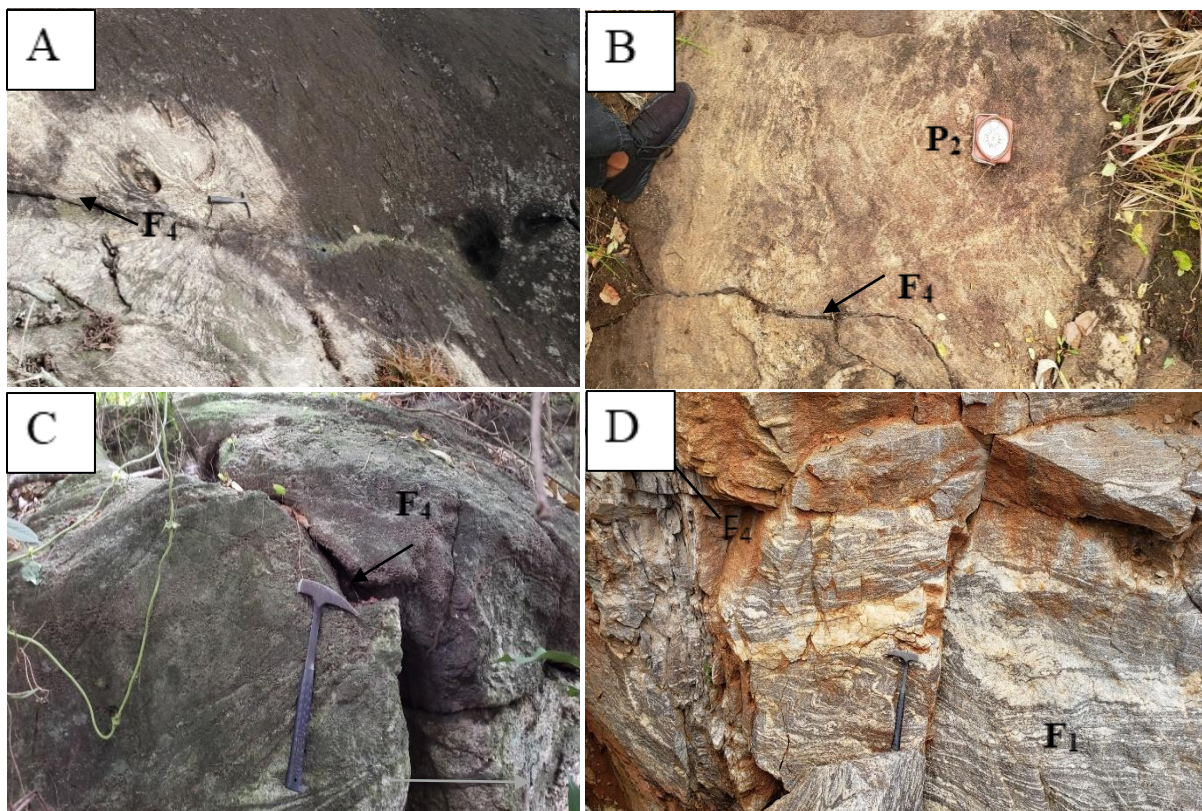


Figure 28 : Photographies des éléments de la phase de déformation D4 :

IV.3. ANALYSE MICROSTRUCTURALE

Elle est basée sur l'étude de la déformation des minéraux à l'échelle microscopique. L'analyse microstructurale permet d'éclaircir certains liens génétiques entre les différentes unités lithologiques du secteur de Nkong. De plus, l'examen des figures de déformation observables à l'échelle de la lame mince contribue à préciser les conditions de formation de ces roches.

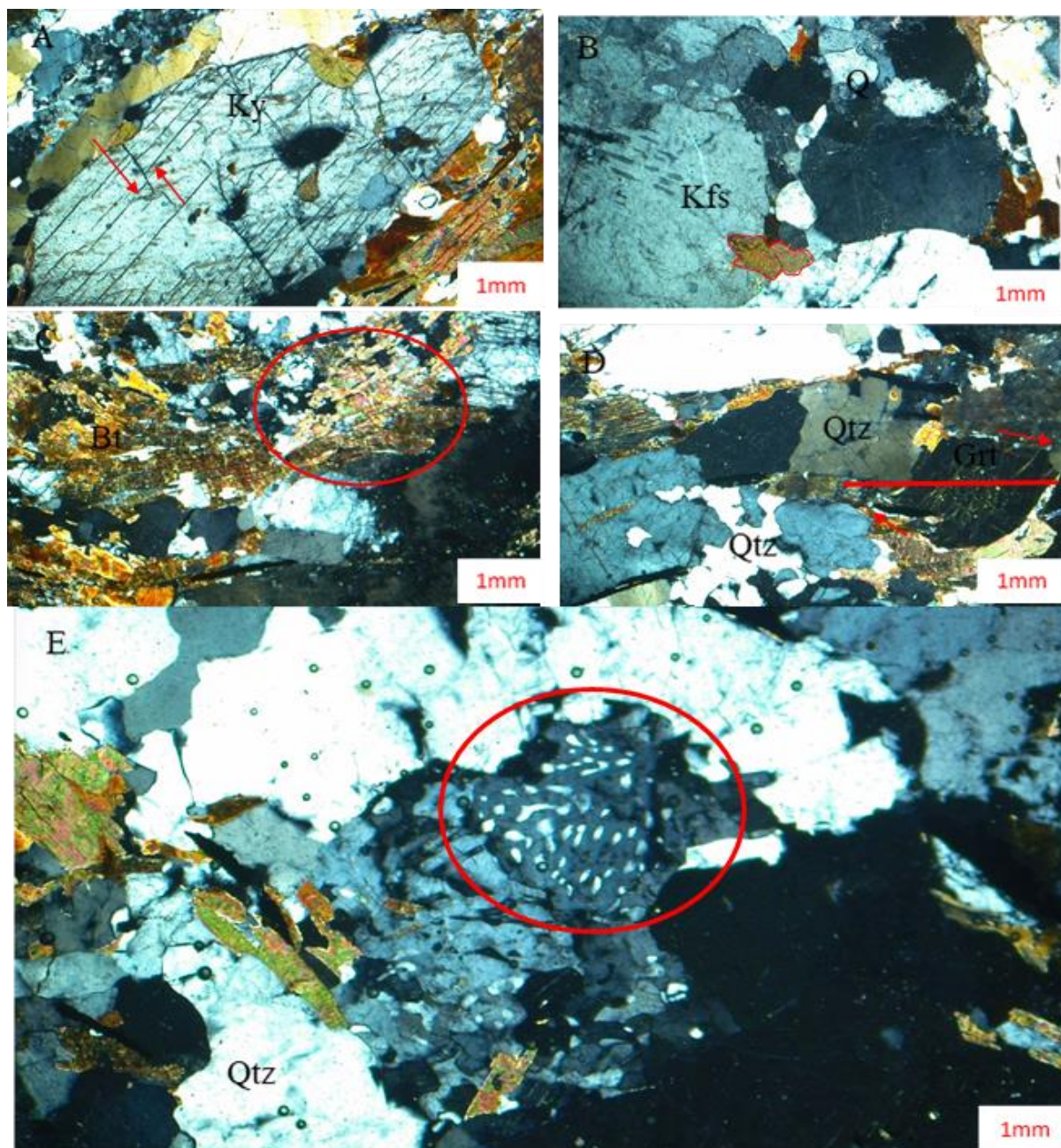
Foliation mylonitique : Elle se caractérise par les minéraux tels que la biotite, la muscovite et quartz dans les gneiss à deux micas, sillimanite et disthène (**Fig. 29C**). Ces minéraux se retrouvent parfois noyés dans une matrice de petits cristaux. Cette foliation est le résultat de la déformation ductile.

Exsudat de quartz de forme sigmoïde : s'observent dans les gneiss à grenat et biotite. Ils affectent les niveaux quartsofeldspathiques et sont généralement indicateurs du cisaillement.

Porphyroblaste de grenat : sur lequel l'on observe les ombres de pressions. Ces porphyroblastes sont indicateurs de sens de cisaillement de cinématique dextre ou senestre (**Fig. 29D**). Certains cristaux présentent une schistosité interne S_i sécante à la schistosité externe S_e . Cette disposition traduit ainsi le caractère pré-cinématique du cristal de grenat (**Fig. 13E**).

Myrmékite : Caractéristique d'un métamorphisme de haute température, se développent à la bordure des plagioclases qu'on retrouve spécialement dans les migmatites du secteur d'étude (**Fig. 29E**)

Fracture F₄ : s'observe dans le disthène. Ces fractures sont orientées suivant une direction préférentielle (**Fig. 29A**).



.Figure 29 : Microphotographies en LPA : (A) Fracture F₄ dans le disthène du gneiss à deux micas disthène et sillimanite ; (B) Microfilonnet F₃ qui recoupe un cristal de feldspath potassique ; (C) Foliation mylonitique caractérisée par l'orientation préférentielle de la biotite, muscovite et quartz ; (D) Porphyroblaste de grenat moulé par les minéraux tels que la biotite, quartz, sillimanite. (E) Myrmekite montrant la recristallisation du quartz dans le plagioclase.

Tableau 3 : Récapitulatif des phases de déformations ayant affecté le secteur d'étude

	Phases de déformation	Structures	Roches affectées
Déformation ductile	D ₁	- Schistosité S₁ - Boudins B₁ syn-schisteux - Plis P₁ en crochons, synschisteux	Ensemble métamorphique
Déformation ductilo-fragile	D ₂ et D ₃	- Veines F₃ recoupant parfois les plis P₂ - Boudins B₂ et de polarité dextre - Cisaillements C₂ - Plis P₂ senestre - Cisaillement C₃	
Déformation fragile	D ₄	-Matérialisé par les diaclases F ₄	

Conclusion

Les roches de Nkong ont été affectées par quatre phases de déformation : la phase D₁ de nature ductile a été reprise par les éléments des phases D₂ et D₃ de nature ductilo-fragile. La phase D₄ est cassante et recoupe tous les éléments de déformation des phases antérieures. La déformation à l'échelle microscopique est caractérisée par la foliation mylonitique, les myrmékites, les porphyroblastes sigmoïdes de grenat et les microfractures qui affectent les cristaux de disthène. Le tableau 3 présente de façon succincte les différents éléments structuraux couplés à leur chronologie relative.

CHAPITRE V : INTERPRETATION ET DISCUSSION

L'objectif de ce chapitre est de faire la synthèse des résultats (pétrographie, cartographie et analyse structurale) acquis au cours de ce travail et d'évaluer leur apport à la connaissance de la géologie régionale de la Chaîne Panafricaine Nord Équatoriale au Nord du craton du Congo.

V.1. PETROGRAPHIE

Les roches étudiées dans le secteur Nkong appartiennent à la série de Yaoundé d'âge Néoproterozoïque (Nzenti et al., 1988; Penaye et al., 1993; Mvondo et al., 2007 ; Owona et al., 2011). Ce secteur est essentiellement constitué de roches métamorphiques (migmatites) composées de minéraux felsiques indiquant une provenance du métamorphisme des roches acides (riches en silice et minéraux alumineux). Les gneiss à grenat et biotite, les gneiss à deux micas, sillimanite et disthène et les grenatites qui constituent le paléosoma des migmatites ont respectivement les assemblages minéralogiques suivantes: $Qtz+Grt+Bt+Kfs$, $Qtz+Ky+Sill+Bt+Grt+Kfs$, $Grt+Qtz+Bt+Sill+Kfs$, $Kfs+Qtz+Pl+Bt$ (pour les paragenèses principales), $Qtz+Kfs+BtMs\pm Op$, $Qtz+Kfs+Bt+Ms+Rt+Op$, (pour les paragenèses secondaires) et le néosoma a pour assemblage minéralogique $Kfs+Qtz+Pl+Bt$ (paragenèse principale), $Pl+Qtz+Bt+Ms+Chl$ (paragenèse secondaire). Ces associations minéralogiques correspondent aux paragneiss-migmatisés en accord avec un protolite sédimentaire comme suggéré par Metang et al. (2022C). Ces migmatites présentent les mêmes caractéristiques pétrographiques que celles décrites dans la série de Yaoundé (Nzenti et al., 1988 ; Mvondo et al., 2003, 2007; Owona et al., 2011), et dans les secteurs voisins de Nkong principalement dans la localité de Mewoulou-Nkolbisson (Metang et al. 2022b). De plus, l'occurrence de ces métasédiments suggère que, le dépôt des sédiments s'est produit dans un contexte intracontinental distensif. Les travaux de Nkoumbou et al. (2014) suggèrent que les métasédiments à l'origine du groupe de Yaoundé sont issus de l'altération du Craton du Congo et du microcontinent qu'est le bloc de Adamaoua – Yadé.

V.2. ANALYSE STRUCTURALE ET CARTOGRAPHIE

Après le traitement des images SRTM, il en découle que l'on retrouve dans la partie Nord et Nord-Ouest du secteur d'étude des collines avec des altitudes allant de 950 à plus de 1250 m. Les parties Est, Nord-Est et Sud-ouest se caractérisent par des altitudes comprises entre 800 et 940 m d'altitude (comme l'indique la **Fig. 17**). Les bas-fonds ont des altitudes généralement comprises entre 650 et 750m. Les linéaments hydrographiques, les lignes de crêtes et les linéaments tectoniques 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, Owona et al., 2011; Metang et al., 2014). Le parallélisme des linéaments hydrographiques et des linéaments tectoniques montre que l'écoulement des eaux serait à guidage structural dans le groupe de Yaoundé.

L'étude de la déformation enregistrée par les formations géologiques de Nkong montre que les roches de ce secteur ont été affectées par quatre (04) phases de déformations :

- la phase de déformation D_1 ductile comprend la foliation S_1 , les plis P_1 et les boudins B_1 . Cette phase datée à environ 700 Ma (Mvondo et al., 2023) est associée au métamorphisme résultant probablement de la surcharge pondérale des sédiments et des forces de convergence du bloc de l'Adamaoua – Yadé (Metang, 2015).

- la phase de déformation D_2 , marquée par, le cisaillement C_2 , les plis P_2 et les boudins B_2 est une phase de tectonique tangentielle (Nzenti et al. (1988). Datée à environ 630 Ma (Mvondo et al., 2023), cette phase correspond à la période durant laquelle les métasédiments du groupe de Yaoundé se seraient déposés par charriage successif sur le craton du Congo (Metang, 2015).

- la phase de déformation D_3 caractérisée par le cisaillement C_3 et les veines F_3 , est datée à 580 Ma (Mvondo et al., 2023). Cette phase est de tectonique cisaillement d'après les travaux de Metang (2015).

- la phase de déformation D_4 essentiellement cassante, est caractérisée par les diaclases F_4 . Cette phase serait due à la relaxation des contraintes responsables de la mise en place des phases antérieures.

En définitive, il est annoté que ces différentes phases de déformations décrites dans le secteur de Nkong concordent avec les résultats des travaux antérieurs (Mvondo et al., 2007 ; Owono et al., 2011 ; Metang, 2015). D'après Mvondo et al. (2007) l'évènement D_1 est antérieur à la mise en place d'amas dioritiques calco-alcalins et il est responsable de la formation des nappes qui a conduit au métamorphisme de haute pression; au faciès de granulites des sédiments mous. La phase D_2 est une extension symétrique caractérisée par une forte réimpression des nappes. Cette phase D_2 est probablement associée au boudinage de la foliation à grande échelle et à la formation des dômes gneissiques et du sous-placage migmatique intensif qui a donné naissance à des textures régionales plates. Les phases D_1 et D_2 ont été soulevés par les phases de plissement D_3 et D_4 ; définissant un étranglement vertical qui s'est produit avec un

rétrécissement majeur de direction E-W et NW-SE. Metang (2015) après avoir fait une exploration géologique sur deux cartes au 50 millièmes dans la région de Matomb-Makak, a défini quatre (04) phases tectoniques : **(i)** La phase D₁ compressive est estompée par la phase D₂. Elle est représentée occasionnellement par des reliques des plis P₁, des boudins B₁ et de la schistosité S₁ ; **(ii)** La phase D₂ tangentielle est l'épisode majeur de la déformation caractérisée par une diversité structurale avec le développement des plis P₂ de morphologie variable, la schistosité de plan axial S₂, les linéations Lm₂ et d'étirement Le₂, les linéations Li₂ et les boudins B₂ indicateurs de sens de cisaillement. Cette phase montre le déplacement des nappes vers le S ou vers le SW; **(iii)** La phase D₃ cisailante comporte la schistosité S₃ et le cisaillement C₃ ainsi que les plis P₃ ; **(iv)** La phase D₄ cassante, regroupe les injections filoniennes tardives les failles et les diaclases orientées dans plusieurs directions. L'étude de la déformation dans le secteur de Nkong effectuée sur une carte au 50 millième corrobore plus au moins aux observations faites par Metang (2015) et pouvant aboutir aux mêmes interprétations après une étude cartographique plus large (perspective). Il faut toutefois noter que les zones d'ombre restent encore à éclairer quant aux régimes des phases D₃ et D₄ qui d'après les travaux de Mvondo et al. (2007) sont des phases de plissement. Les travaux récents sur les formations géologiques de Yaoundé mettent en évidence six phases de déformation (4 phases panafricaines et 2 phases post-panafricains) (Bissaya et al., 2023) soulevant une fois de plus la problématique du dynamisme de la CPNE. La monographie géologique de Nkong et ses environs montre quatre phases de déformation intégrant ainsi ce secteur dans la compréhension du groupe de Yaoundé en particulier et de la CPNE en général.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

I. CONCLUSION GENERALE

Parvenu au terme de ce travail dont l'objectif était de faire une caractérisation pétrographique et structurale des formations géologiques de Nkong ,dans l'optique d'apporter une contribution dans la compréhension de la CPNE, il en ressort que :

L'étude de la géomorphologie montre par l'intermédiaire des images satellitaires que trois principales unités géomorphologiques qui caractérisent le secteur d'étude ; (i) l'unité supérieure (950-1250m) couvre le NW et NNW du secteur d'étude, (ii) l'unité intermédiaire (800-940)m rencontrée au niveau des flancs de collines, située au NNE et SSW du secteur d'étude, (iii) l'unité inférieure (650-75m) représentée par les bas-fonds et renferme la majeure partie des cours d'eau et points d'échantillonnage.

A la suite de l'étude pétrographique, l'on a mis en évidence un ensemble lithologique qui est l'ensemble métamorphique, constitué essentiellement de migmatites : paléosome (gneiss à grenat et biotite, gneiss à deux micas, sillimanite et disthène et grenatite) et du néosome (leucosome et mélanosome) ;

L'analyse structurale à l'échelle macroscopique a permis de mettre en évidence quatre (4) phases de déformation notées D₁, D₂, D₃, et D₄. La phase D₁ est rencontrée dans toutes les roches du secteur d'étude. C'est une phase de tectonique compressive marquée par la foliation S₁ sub-horizontale, des plis P₁ et des boudins B₁ synschisteux. La phase D₂ est marquée par la transposition des structures de la D₁ en un plissement P₂, cisaillement C₂ dextre et des boudins B₂ de cinématique dextre. La phase D₃ résulte de la superposition tectonique des éléments structuraux précédents (tectonique compressive) matérialisées par le cisaillement C₃, les joints filoniens F₃. La phase cassante D₄ est matérialisée par le développement des diaclases F₄ NE-SW dont la tectonique est cassante ;

Les roches du secteur d'étude (roches métamorphiques de haut degré) ont un protolite sédimentaire et sont en faveur d'un contexte géodynamique de collision continentale. L'évolution géodynamique ainsi proposée est la suivante (i) stade de rifting, accompagné du dépôt des roches sédimentaires ;(ii) stade de compression, subduction et collision marqué par le métamorphisme des roches sédimentaires dans les conditions de haut degré.

II. PERSPECTIVES

Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail constituent des données préliminaires qui ne sauraient apporter des solutions définitives à tous les problèmes géologiques dans le secteur Nkong (Centre-Cameroun). A cet effet, il serait souhaitable que des études plus poussées de pétrographie et de structurale couplées aux études supplémentaires de géochimie et de géochronologie soient faites pour mieux comprendre la source et l'origine des roches ainsi que leur âges de mise en place afin de mieux clarifier le contexte et l'évolution géodynamique de cette portion de la Chaîne Panafricaine au Cameroun. Ces données pourraient être cruciales pour une bonne corrélation régionale. Pour ce qui est de la géologie économique, une étude très poussée sur la zone pourrait attester la présence des minéralisations dans la région, au sein des zones de cisaillement localement activées le long des contacts entre les unités lithologiques. De ce fait, les recherches doivent être orientées vers les zones de cisaillement rencontrées dans le secteur d'étude.

REFERENCES

- Almeida, F.F., Hasui, Y., Brito de Neves, B. B., Fuck, R. A., 1981.** Brazilian structural provinces. *Earth Sciences Review* 17: 1-29.
- Apouamoun Yiagnigni, R., 2007.** Hydrologie et transports solides dans un écosystème forestière anthropisée : exemple du bassin versant de la Mefou (Centre-Sud Cameroun). Yaoundé: Mém. DEA. Fac. Sci. Univ. Ydé I, 69 p.
- 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, L., Gaussen, H., 1957.** Les climats biologiques et leur classification. *Annales de géographie* XXVI, 355, 193-220.
- Bard, J-P., 1980.** Microtexture des roches magmatiques et métamorphiques Masson, Paris : 192 pp.
- 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., Toteu, S.F., Deloule, E., Penaye, J., Van Schmus, W.R., 2009.** U-Pb and Sm-Nd dating of high pressure granulite from Tcholliré and Banyo regions, evidence of a Pan-African granulite facies metamorphism in north-central Cameroon. *Journal of African Earth Sciences* 54: 144-154.
- Neves Brito de B.D., Van Schumus W.R., Fetter A., 2001.** North-West Africa NorthEastern Brazil. Major tectonic links and correlation problems. *Journal of African Earth Sciences*, 34, 275-273.
- Castaing, C., Feybesse, J.L., Thiéblemont, D., Chèvremont, P., 1994.** Paleogeographical reconstructions of the panafrican/Brasiliano orogen: closure of an ocean domain or intracontinental convergence between major blocks. *Precambrian Research* 69: 327-344.
- Castaing, C., Triboulet, C., Feybesse, J.L., Chèvremont, P., 1993.** Tectonometamorphic evolution of Ghana, Togo and Benin in the light of the pan-African/Brasiliano orogeny. *Tectonophysics* 218: 323-347.
- Davison, I., Santos, R.A., 1989.** Tectonic evolution of the Sergipano Fold Belt, NE Brazil, during the Brasaliano Orogeny. *Precambrian Research* 45: 319-342.

- 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.
- Dumort, J. C., (1968).** Carte géologique de reconnaissance du Cameroun ` a l'échelle 1/ 500000, coupure Douala-Ouest avec une notice explicative. Bull. direction de géologie et des mines, Cameroun, 60p.
- Ferré, E., Gleizes, G., Caby, R., 2002.** Obliquely convergent tectonics and granite emplacement in the Trans-Saharan belts of Eastern Nigeria: asynthesis. *Precambrian Research* 114: 199–219.
- Ferré, E., Délérís, J., Bouchez, J.L., Lar, A.U., Peucat, J.J., 1996.** The Pan-African reactivation of Eburnean and Archean provinces in Nigeria: structural and isotopic data. *Journal of Geological Society of London* 153: 719–728.
- Feybesse, J. L., Johan, V., Maurizot, P., Abessolo, A., 1987.** Evolution tectonométamorphique libérienne et éburnéenne de la partie NW du craton zaïrois (SW Cameroun). In G. Mathéïs and H. Schandelmeier (editors), *Current Research in African Earth Sciences*. Balkema, Rotterdam, 9-12.
- Ganno, S., Nzenti, J.P., Ngnotué, T., Kankeu, B. and 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.
- Kamgang Kabeyene Beyala, V., 1998.** Evolution supergène des roches et incidence phytogéographique : Cas du contact forêt-savane au Sud-est Cameroun. Thèse d'Etat, SC.Nat, Univ. Yaoundé I, 208 p.
- Kankeu., B., 2008.** Anisotropie de la susceptibilité magnétique (AM) et fabrique des roches néoproterozoïques des régions de Garga-Sarali et Betaré-Oya à l'Est du Cameroun : implications géodynamiques pour l'évolution de la Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale. Thèse de Doctorat/Ph.D, Université de Yaoundé I, 159p.
- Kouankap Nono, G. D., 2011.** Etude du Cisaillement Centre Camerounais dans la région de Banefo-Mvoutsaha au NE Bafoussam, dans le domaine centre de la Chaîne Panafricaine Nord Equatoriale au Cameroun. Pétrogenèse, Géochronologie et Structurologie des formations du socle. Thèse de Doctorat/ Ph.D., Université de Yaoundé I, 118p.
- Kretz, R., 1983.** Symbols for rock-forming minerals. *American mineralogist*, 68, 277-279.
- 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.
- Metang, V., 2015.** Cartographie géologique du secteur Matomb-Makak (Centre-Sud Cameroun): implication sur l'évolution géodynamique du groupe de Yaoundé. Thèse de doctorat/Ph.D, Université de Yaoundé I, 198p.
- Metang, V., Nkoubou, C., Tchakounté Numbem, 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, Center-South Cameroon. *Journal of Geosciences and Geomatic* 5, 196-207.
- Metang, V., Nomo, N.E, Ganno, S; Takodjou, W. J. D., Teme M. A. E; Teda, S. A. C., Fossi. D. H., Mbakam, N. 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, 359.
- Metang, et al. 2022C.** 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, 949.
- Mvondo, H., Betsi, T. B., McFarlane, C. R., Ondoa, 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.
- Mvondo, H., Owona, S., Mvondo Ondoa, 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 (4), 433-444.
- Ndema Mbongue, J. L., 2016.** Évolution tectono-métamorphique de la série du Nyong à Edéa et à Eséka. Thèse de doctorat/Ph. D, Université de Yaoundé I, 179 p.
- Ngako, V., 1999.** Les déformations continentales panafricaines en Afrique Centrale. Résultat d'un poinçonnement de type himalayen. Thèse Doctorat d'Etat, Université de Yaoundé I, 241p.

- Ngako, V., Affaton, P., Nnange, J. M., Njanko, T., 2003.** Panafrican tectonic evolution in central and southern Cameroon: transpression and transtention during sinistral shear movements. *Journal of African Earth Sciences* 36, 207-214.
- 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.
- Njel, U.O., 1988.** Contribution à l'étude de l'orogénèse panafricaine. La ceinture volcanosédimentaire de Poli (Nord-Cameroun) : lithostratigraphie, pétrographie, géochimie, minéralisations cuprifères associées. Thèse de doctorat de l'I.N. P. L, 220 p.
- Nkouandou, O.F., Temdjim, R., 2011.** Petrology of spinel Lherzolite Xenoliths and Host Basaltic Lava from Ngao Volgar Volcano, Adamawa massif (Cameroon volcanic Line, West Africa) : Equilibrium Conditions and Mantle Characteristics. *Journal of Geosciences*, 56,375-387
- Nkoumbou, C., Barbey, P., Yonta-Ngouné, C., Paquette, J.L., Villiéras, D.F., 2014.** Precollisional geodynamic context of the southern margin of the Pan-African fold belt in Cameroon. *Journal of African Earth Sciences* 99, 245-260.
- Nkoumbou, C., Njopwouo, D., Villiéras, F., Njoya, A., Yonta Ngoune, C., Ngo Ndjock, L., Tchoua, F.M., Yvon, J., 2006.** Talc indices from Boumnyebel (central Cameroon), physico-chemical characteristics and geochemistry. *Journal of African Earth Sciences* 45: 61 - 73.
- Nzenti, J. P., Barbey, P., Macaudiere, J., Soba, D., 1988.** Origin and evolution of the late precambrian high-grade Yaoundé gneisses (Cameroon). *Precambrian Research* 38, 91109.
- 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., Tchoua, F.M., 1999.** Evolution crustale au Cameroun : éléments pour un modèle géodynamique de l'orogénèse néoproterozoïque. In : Vicat, J. P. & Bilong, P. (eds) *Géologie et environnements au Cameroun*. Collection GEOCAM 2, 397 - 407.
- Nzenti, J.P., Ngako, V., Kambou, R., Penaye, J., Bassahak, J. et 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., 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.
- 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., Ratschbacher, L., Ngapna, M. N., Gulzar, A. M., Mvondo, O. J., Ekodeck G. E., 2021.** How diverse is the source? Age, provenance, reworking, and overprint of Precambrian meta-sedimentary rocks of West Gondwana, Cameroon, from zircon U-Pb geochronology. *Precambrian Research* 359, 106220.
- Owona, S., Schulz, B., Minyem, D., Ratschbacher, L., Tchamabe, B. C., Olinga, J. B., Ekodeck, G. E., 2022.** Eburnean/Trans-Amazonian orogeny in the Nyong complex of southwestern Cameroon: meta-basite geochemistry and metamorphic petrology. *Journal of African Earth Sciences* 190, 104515.
- Owona, S., Schulz, B., Ratschbacher, L., Mvondo Ondo, J., Ekodeck, G. E., Tchoua, M. F., Affaton, P., 2011a.** Pan-African metamorphic evolution in the Southern Yaounde Group (Oubangide Complex, Cameroon) as revealed by EMP-Monazite dating and thermobarometry and garnet metapelites. *Journal of African Earth Sciences* 59, 125139.
- Penaye, J., 1988.** Pétrologie et structure des ensembles métamorphiques au Sud-Est de Poli (Nord Cameroun) : rôles respectifs du socle protérozoïque inférieur et de l'accrétion crustale panafricaine. Thèse de Doctorat de l'INP de Lorraine, Ecole Nationale Supérieure de Géologie, Nancy (France), 196p.
- 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
- 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.
- Saha Fouotsa, A. N., Vanderhaeghe, O., Barbey, P., Eglinger. A., Tchameni. R., Zeh. A., Fosso Tchunte, P. M., Nomo Negue. E., 2019.** The geologic record of the exhumed root of the Central African Orogenic Belt in the central Cameroon domain (Mbé – SassaMbersi region). *Journal of African Earth Sciences* 15, 286–314.

- Segalen, P., 1967.** Les sols et la géomorphologie du Cameroun. Cah. ORSTON. Sér. Pedol. Vol. V, N°2, 137-187.
- Tanko Njiosseu, E. L., Nzenti, J. P., Njanko, T., Kapajika, B., Nédelec, A., 2005.** New U-Pb zircon ages from Tonga (Cameroon): coexisting Eburnean-Transamazonian (2.1 Ga) and Pan-African (0.6 Ga) imprints. *Comptes Rendus Géosciences* 337, 551-562.
- Tchameni, R., Nsifa, N. E., 1998.** Revue des données géochronologiques sur la partie NordOuest du Craton du Congo (groupe du Ntem) Sud-Cameroun. In *Géosciences au Cameroun*, Vicat T. P. et Bilong P., Editors, Collection GEOCAM 1, Presses Université de Yaoundé I, 339- 350.
- Tchunte, P.F., Nomo, E.N., 2019.** The geologic record of the exhumed root of the Central African Orogenic Belt in the central Cameroon domain (Mbé–Sassa-Mbersi region). *Journal of African Earth Sciences* 151, 286-314.
- Toteu, S. F., Michard, A., Bertrand, J. M., Rocci, G., 1987.** U/Pb dating of Precambrian rocks from northern Cameroon, orogenic evolution and chronology of the Pan-African belt in Central Africa. *Precambrian Research* 37, 71 - 87.
- Toteu, S. F., Penaye, J., Djomani, Y. P., 2004.** Geodynamic evolution of the Pan-African belt in central Africa with special reference to Cameroon. *Canadian Journal of Earth Sciences* 41, 73-85.
- 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., Penaye, J., Deloule, E., Van Schmus, W.R., Tchameni, R., 2006.** Diachronous evolution of volcano-sedimentary basins North of the Congo craton: Insights from U– Pb ion microprobe dating of zircons from the Poli, Lom and Yaoundé Groups (Cameroon). *Journal of African Earth Sciences* 44: 428–442.
- Toteu, S.F., 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., 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
- Trompette, R., 1994.** Geology of western Gondwana (2000-500Ma). *Pan-African-Brasiliano aggregation of South America and Africa*. A. A. Balkema edition, Rotterdam, 350.

Yonta-Ngouné, C., Nkoubou, C., Barbey, P., Le Breton, N., Montel, J. M., Villiéras, F., 2010. Geological context of the Boumnyebel talcschists (Cameroun): Inferences on the Pan-African Belt of Central Africa. *Comptes Rendus Geoscience* 342: 108-115.