



Utilisation des données géologiques et gestion des informations multi-sources pour l'analyse de l'aléa glissement de terrain/éboulement dans le secteur Nord-Ouest de la région de Yaoundé

Roger BISSAYA^{1*}, Richard Tanwi GHOGOMU¹, Amidou MOUNDI¹, Bernard NJOM¹
et Nguo Sylvestre KANOOU¹

¹*Département des Sciences de la Terre, Université de Yaoundé I, BP 812 Yaoundé, Cameroun*

*Correspondance, courriel : rogerbiss2000@yahoo.fr

Résumé

Le secteur Nord-Ouest de la région de Yaoundé au relief accidenté est sensible aux glissements de terrain et aux éboulements. Les témoins de manifestations anciennes outrepassent les délimitations connues des zones à risque ; d'où la complexité de la configuration de l'aléa. En synchronisant les données géomorphologiques et géologiques telles que la topographie, la morphologie des versants, les éléments structuraux de la tectonique cassante, les variétés de sols et de la roche mère, il a été établi une carte thématique plus élaborée et plus rapprochée de la réalité du terrain. Elle révèle au-dessus de 800 m, des zones à « aléa fort » et à « aléa très fort », suite à l'existence de falaises, de pentes abrupts et de matériaux fragilisés. En-dessous de 800 m elle révèle des zones à « aléa assez fort » suite à l'existence de couronnes discontinues d'édifices présentant des ruptures de pente et des matériaux fragilisés.

Mots-clés : *glissement de terrain, éboulement, topographie, données géologiques, morphologie des versants, roche mère, région de Yaoundé.*

Abstract

The use of geological data and the management of multiple information sources for the analysis of landslide and rockfall in the North-West section of the region of Yaounde

The North-West section of the Yaounde region which is within the high reliefs is sensitive to landslides and rock falls. Witnesses of old events go beyond the known boundaries of areas at risk ; hence the complexity of the configuration of the risk. By the synchronization of geomorphological and geological data such as topography, slopes morphology, structural elements of brittle tectonics, soils and basement/parent rocks varieties, it was established a more elaborate thematic map which is more close to the reality of the field. It reveals at about 800 m beyond, zones of very strong effects, right up from the cliff to the steep slope producing normal fault. Bellow this 800 m, zones of less strong effects, then at the presence of soils filled with coarse isalterian beaches and outcrops of altered parent that have been strongly fractured.

Keywords : *landslide, rockfall, topography, geological data, slopes morphology, basement rock, region of Yaounde.*

1. Introduction

Le secteur Nord-Ouest de la région de Yaoundé est dans un contexte de sensibilité des versants aux glissements de terrain et aux éboulements préoccupant. La cartographie de l'aléa basée sur le modelé géomorphologique a été effectuée au moyen de l'image satellitaire [1], de l'action anthropique [2], de la carte topographique [3], etc... Cependant, outre le relief et l'occupation des sols, l'apparition des discontinuités au sein des massifs rocheux, l'incrustation des blocs rocheux à travers les horizons pédologiques, la forte imbibition des saprolithes et des sols argileux en saisons pluvieuses, etc ... décuplent les conditions d'instabilité des versants à travers les unités de relief. Par ailleurs les témoins des manifestations anciennes outrepassent les délimitations connues des zones à risque ; d'où la complexité de la configuration de l'aléa. Le présent article ira à l'abordage du sujet en synchronisant les données géomorphologiques et géologiques telles que la topographie, la morphologie des versants, les éléments structuraux de la tectonique cassante, les variétés de sols et de la roche mère. La première étape consistera à collecter et traiter les données de terrain dans le but de vectoriser des cartes à informations primaires ; la seconde étape consistera à croiser les cartes à informations primaires dans la perspective de générer une carte de l'aléa glissement de terrain/éboulement du milieu d'étude.

2. Matériel et méthodes d'étude

2-1. Milieu naturel

Le secteur Nord-Ouest de la région de Yaoundé qui peut être artificiellement délimité par les parallèles 3°45' (3,75°) et 4°00' (4,00°) de latitude Nord, et les méridiens 11°20' (11,33°) et 11°35' (11,67°) de longitude Est (*Figure 1*) est dominé par des hauts reliefs qui y couvrent environ 55% de la surface (*Figure 2*). Sur ces hauts reliefs, les pentes sont fortes et dépassent parfois 50% ; les versants sont incisés par des vallées étroites et encaissées ; la roche mère cristalline recèle de nombreux marqueurs de la tectonique souple et de la tectonique cassante. Le modelé géomorphologique est structuré en dômes et bassins. La végétation est constituée de forêts primaires et de forêts secondaires.

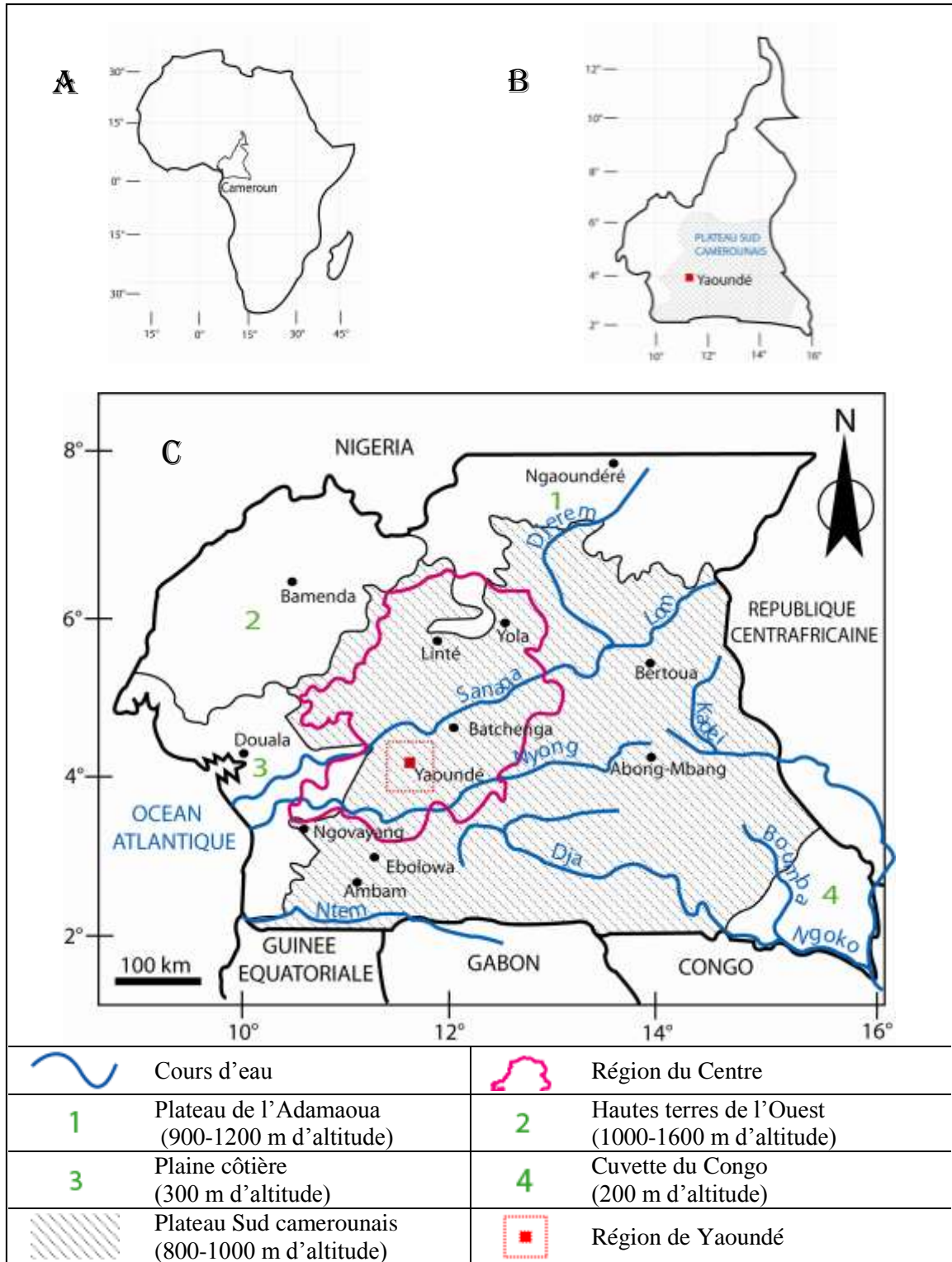


Figure 1 : Carte de localisation du plateau Sud camerounais (Morin, 1979), modifiée par l'ajout de la localisation des régions du Centre et de Yaoundé [4]

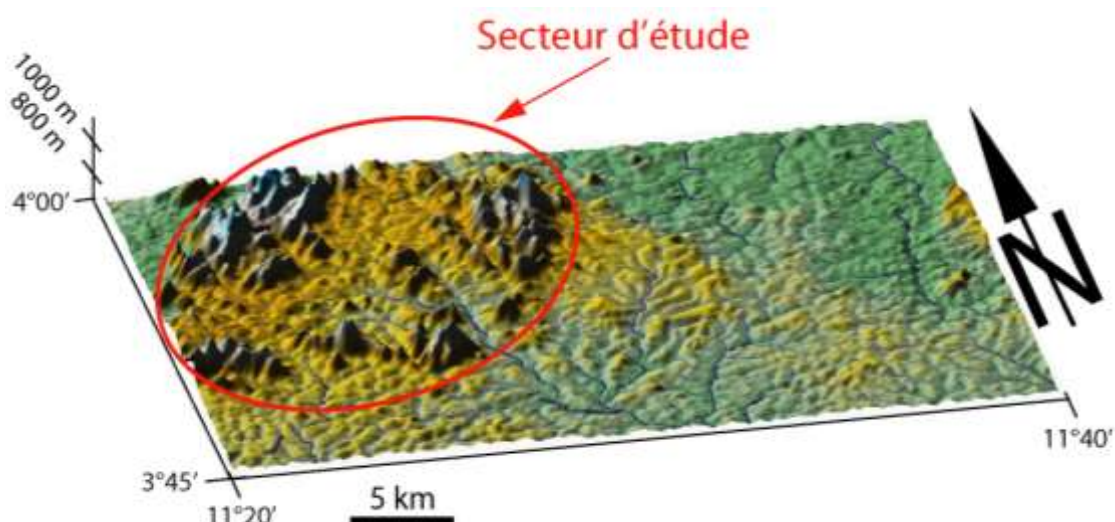


Figure 2 : Bloc diagramme de la zone d'étude

Les précipitations sont issues d'eaux météoriques qui tombent à la surface de la terre sous forme liquide (pluie ou rosée) et plus rarement sous forme solide (grêle). Les données enregistrées (*Tableau 1*) démontrent que la pluviométrie est élevée (1562 mm/an en moyenne), Août étant le mois de saturation atmosphérique minimale ($H = 84\%$) et Février étant celui de saturation atmosphérique maximale ($H = 73\%$). Les températures oscillent entre $22,8^{\circ}\text{C}$ et $25,47^{\circ}\text{C}$ (*Tableau 1*). L'histogramme des précipitations montre que la zone est soumise à un climat équatorial guinéen ayant deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses alternatives et d'inégales intensités (*Tableau 2 et Figure 3*). Toutefois, la présence des pluies tout au long de l'année entretient une humidité résiduelle au niveau des sols.

Tableau 1 : Données climatiques de la région de Yaoundé recueillies à la station météorologique de Mvan-Yaoundé, sur une période allant de 1981 à 2010 [4]

Mois	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	
P (mm)	21,27	47,59	139,0	178,8	207,8	158,4	71,5	89,0	227,0	282,2	114,7	24,5	Total 1562
H (%)	75	73	76	80	81	83	82	84	82	82	80	79	Moy. 79,2
T ($^{\circ}\text{C}$)	24,5	25,47	25,1	24,6	24,3	23,5	22,8	22,8	23,3	23,4	23,9	23,9	Moy. 23,96

P : précipitations ; H : humidité relative ; T : températures

Tableau 2 : Répartition annuelle des saisons à Yaoundé et ses environs

Saisons	Périodes
Petite saison de pluies	Mars - juin
Petite saison sèche	Juillet - Août
Grande saison de pluies	Septembre - Novembre
Grande saison sèche	Décembre - Février

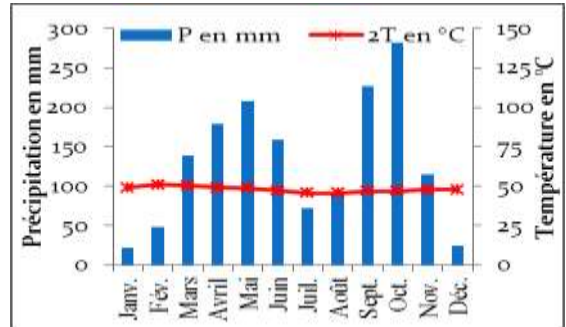


Figure 3 : Diagramme ombrothermique appliqué aux données allant de 1981 à 2010 à Yaoundé

2-2. Observations et analyses

2-2-1. Prospection des sites

L'étape préparatoire aux descentes sur le terrain a été le repérage systématique des « hauts reliefs » du secteur d'étude à partir de la carte topographique sur la feuille NA-32-XXIV, Yaoundé 3d au 1/50 000 et sur la feuille NA-32-XXIV, Yaoundé 4c au 1/50 000 [5]. Les premières campagnes de terrain ont consisté à prospecter les sites (Tsinga, Mvog-Betsi, Oliga, Messa, Akokndoué, Messebe, Nkolondom, Febé, Mbam Minkom, Mbokdoum, Eloumden, Mvolyé) dans le but de sélectionner ceux dont l'accessibilité permettrait une étude détaillée. Autant que possible, l'environnement immédiat de ces unités de relief, potentiels sites d'étude a été sujet aux observations. Les paramètres environnementaux qui ont été observés portaient essentiellement sur la morphologie générale de chacun des reliefs, les types et la distribution des affleurements rocheux et des sols.

2-2-2. Etude détaillée des sites sélectionnés

Les deuxièmes campagnes de terrain se sont déroulées dans le but de faire une étude détaillée des paramètres géologiques et environnementaux des sites sélectionnés. Seuls cinq des douze sites prospectés ont été retenus (Mvog-Betsi, Akokndoué, Oliga, Messa, Tsinga et leurs environs) pour l'étude des éléments structuraux, l'étude des sols et l'étude de la roche mère.

2-2-3. Etude des éléments structuraux

L'étude des éléments structuraux sur le terrain a consisté à mesurer des attitudes de plans et des directions de fissures, puis à constituer des répertoires devant servir de bases de données pour les projections stéréographiques. La recombinaison des traces cyclographiques des plans de fractures planaires et des rosaces de directions des lignes de fractures linéaires à travers les affleurements, a permis de conjecturer le débitage des blocs élémentaires sur les massifs rocheux.

2-2-4. Etude des sols

L'étude des sols sur le terrain s'est résumée à la description morphologique des sols sur les parois des tranchées en référence à la méthode de description des sols sur le terrain de Maignien [6], puis à la distribution des différents types de sols à travers le milieu d'étude.

2-2-5. Etude de la roche mère

L'étude de la roche mère s'est résumée à l'identification des principaux types pétrographiques, puis à leur distribution à travers le milieu d'étude.

2-2-6. Etude de la déformation du contexte fragile

L'étude de la déformation progressive du contexte fragile a été basée sur le croisement des linéaments hydrographiques et orographiques [7] d'une part et d'autre part sur la conjecture du phénomène d'étagement entre les unités géomorphologiques [4].

2-3. Gestion des informations primaires et secondaires

2-3-1. Arbre de décisions : pour définir les classes

La démarche utilisée s'est basée sur l'hypothèse que cinq facteurs étaient nécessaires et suffisants pour constituer l'aléa glissement de terrain/éboulement : l'altitude, la fracturation du substratum, la pluviométrie, les variétés de sols et les variétés de la roche mère. Dans ce contexte, l'arbre de décisions a été utilisé [8] pour croiser sous forme de combinaisons logiques plusieurs paramètres afin d'obtenir une classification (*Figure 4*). Le problème majeur des arbres de décisions est qu'ils sont basés en règle générale sur des avis d'experts et des analyses de chercheurs forcément sujets à discussion [8]. La détermination de l'aléa par un arbre de décision est par conséquent subjective et soumise à une certaine incertitude.

2-3-2. Traduction des classes en ampleurs d'aléas

L'hypothèse retenue stipule que la classe est proportionnelle à la conjonction des paramètres précurseurs, tel qu'illustré plus bas (*Figure 4*). L'aléa à son tour est proportionnel à la classe, tel qu'illustré ci-dessous (*Tableau 3*).

Tableau 3 : Traduction des classes en ampleurs d'aléas

Classes	Ampleurs d'aléas
Classe 1	Aléa très fort
Classe 2	Aléa fort
Classe 3	Aléa assez fort
Classe 4	Aléa moyen
Classe 5	Aléa modéré
Classe 6	Aléa très modéré
Classe 7	Aléa faible
Classe 8	Aléa très faible

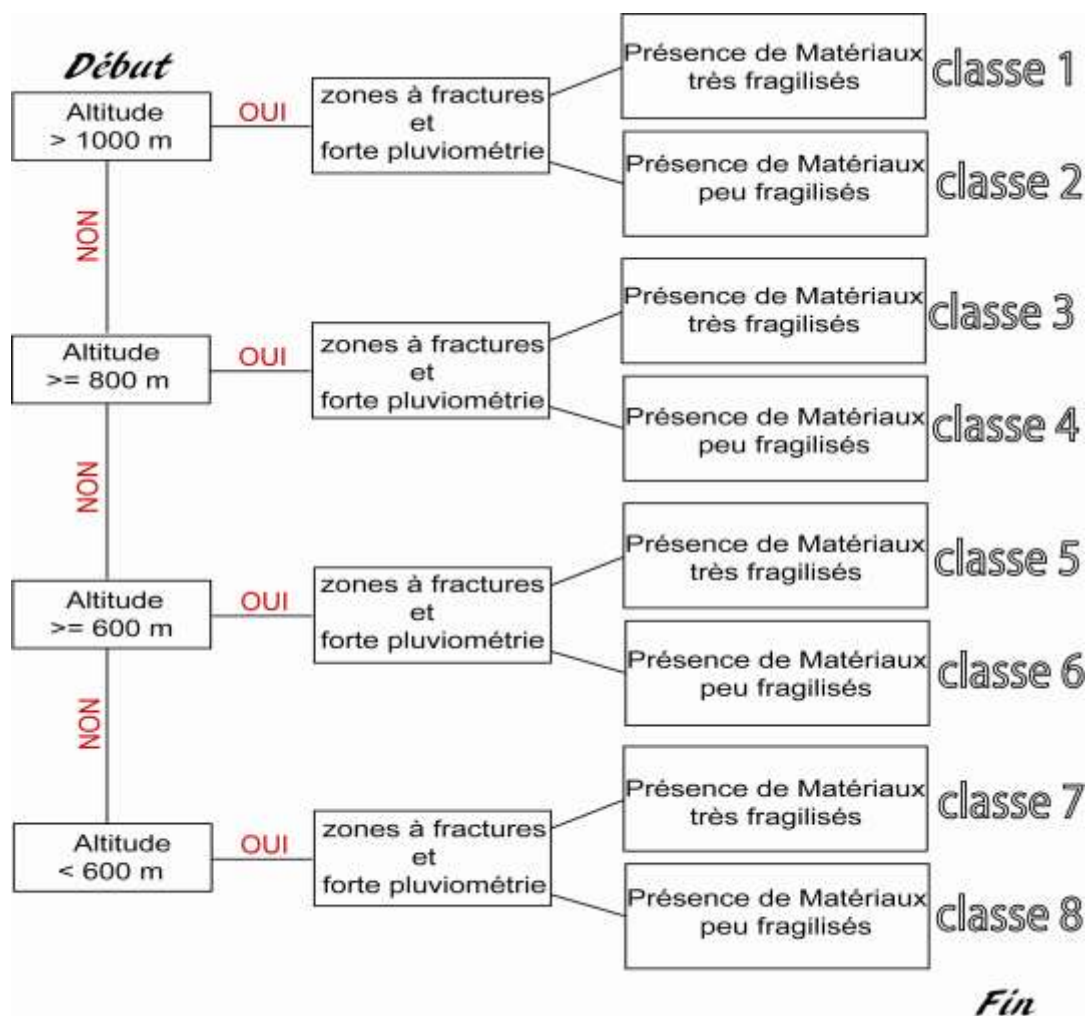


Figure 4 : Arbre de décisions comportant trois variables (altitude, variétés de sols et de la roche mère) et deux constantes (fracturation du substratum et pluviométrie)

2-3-3. Croisement des paramètres pour le zonage de l'aléa

2-3-3-1. Vectorisation des cartes à informations primaires

L'exportation de la grille du modèle des dénivellations à partir d'un modèle numérique de terrain dans Global Mapper® a permis de réaliser un modèle numérique de carte topographique. La vectorisation des lignes maitresses d'isoaltitudes dans Mapinfo® à partir du modèle numérique de la carte topographique a permis de réaliser la carte des valeurs d'altitudes. La vectorisation des données relatives à la distribution des variétés de sols dans Mapinfo® à partir de la carte des variétés de sols du Sud Cameroun et des données de terrain a permis de réaliser la carte de la distribution des variétés de sols. La vectorisation des données relatives à la distribution des variétés de la roche mère dans Mapinfo® à partir des données de terrain a permis de réaliser la carte de la distribution des variétés de la roche mère.

2-3-3-2. Synchronisation des cartes à informations primaires

Le traitement simultané des différentes cartes thématiques d'observations et d'analyses (Figure 5) dans Mapinfo® par le croisement des calques de cartes vectorisées a permis de réaliser la carte de l'aléa glissement de terrain/éboulement recherchée.

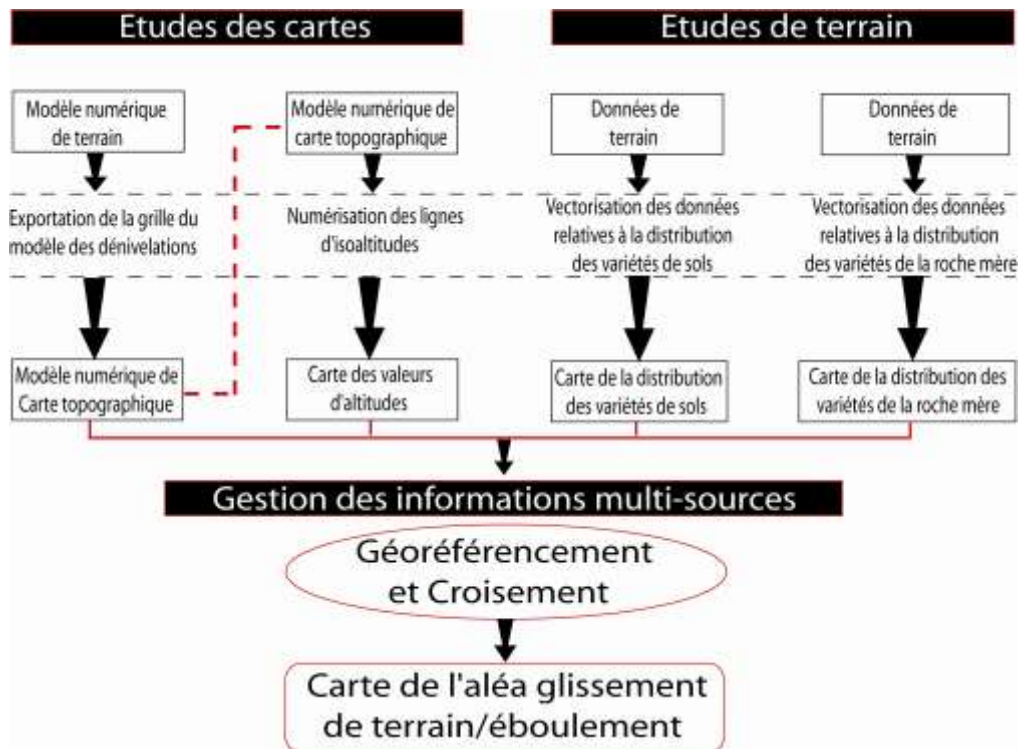


Figure 5 : Schéma de la méthodologie utilisée

3. Résultats et discussion

3-1. Cartes issues d'observations et d'analyses

3-1-1. Unités géomorphologiques comprises entre 800 et 1000 m

Les unités géomorphologiques comprises entre 800 et 1000 m couvrent environ 40% de la surface (*Figure 6 et 7*). Ces unités sont constituées de collines à sommets parfois pointus et à versants convexes ou convexo-concaves. Leurs pentes sont fortes et atteignent parfois 50% [9]. Leurs versants sont incisés par des vallées étroites et encaissées. Les dômes suivants répondent aux critères d'appartenance à ce groupe : Messebé (885 m), Minloua (888 m), Mvog-Betsi (902 m), Mbokdoum (953 m), Akokndoué (967 m), Bikariga (983 m).

3-1-2. Unités géomorphologiques supérieures à 1000 m

Les unités géomorphologiques supérieures à 1000 m couvrent environ 15% de la surface (*Figure 6 et 7*). Ces unités sont généralement à sommets larges et tabulaires, avec des contours irréguliers. Leurs versants sont convexes et raides vers le sommet. Leurs pentes sont très abruptes et dépassent parfois 50% [9]. Ces massifs définissent une morphologie de morne rocheux [10]. Les dômes suivants répondent aux critères d'appartenance à ce groupe : Messa (1015 m), Nkolbissa (1031 m), Djokye (1042 m), Nkolmeyang (1072 m), Febé (1077 m), Ngoya (1082 m), Nkoloman (1086 m), Mbankolo (1098 m), Nkolobot (1105), Nkoabanaga (1123 m), Ngoa-ékélé (1125 m), Eloumden (1209 m), Mbikal (1221 m), Nkolondom (1221 m), Mbam-Minkom (1295 m).

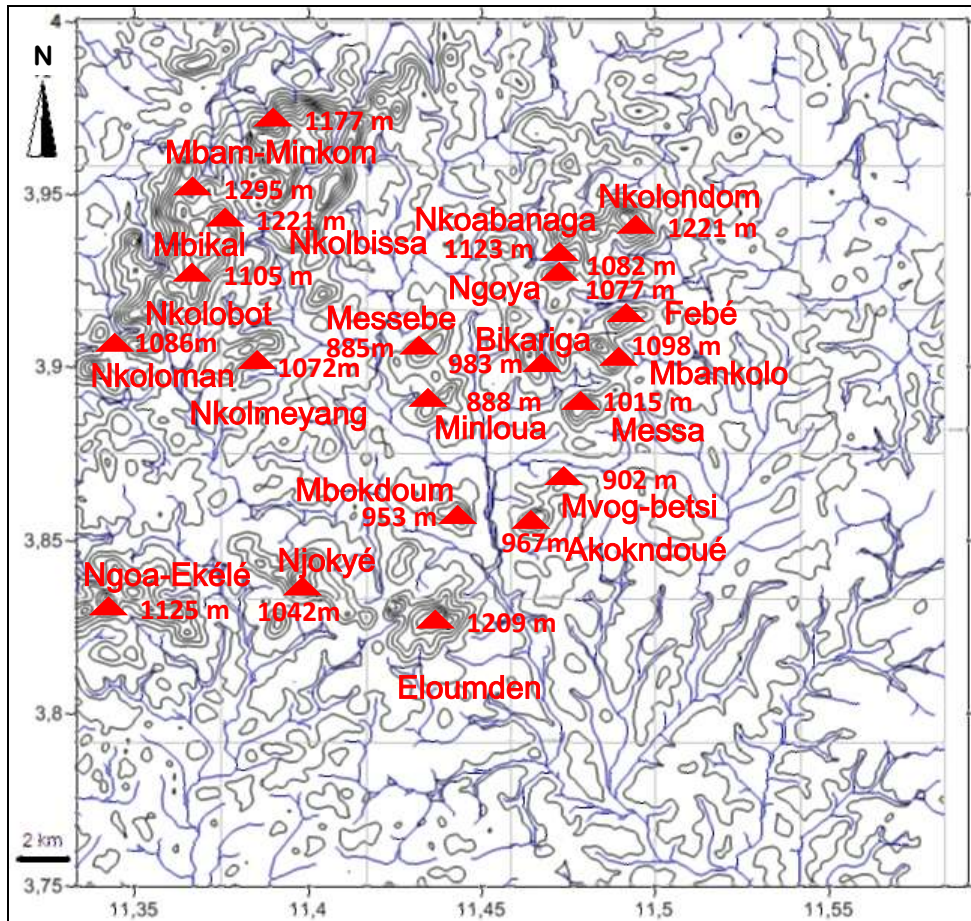


Figure 6 : Carte topographique et hauts reliefs

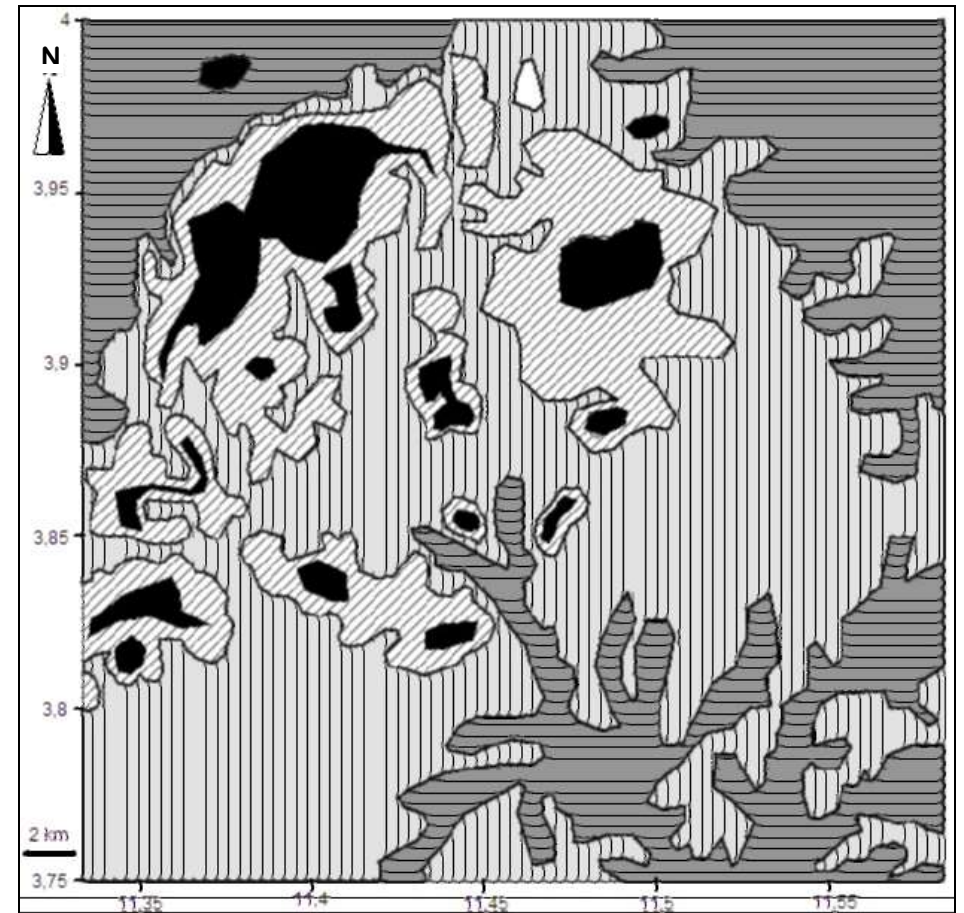


Figure 7 : Carte des valeurs d'altitudes

3-1-3. Variétés de sols

Les sols de la région de Yaoundé sont bien différenciés à mi-versant (**Figures 8 et 9**) et peu évolués en sommet de colline (**Figure 10**). Au-delà de 800 m, ils sont incrustés de blocs.

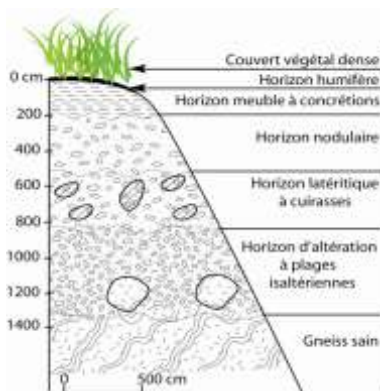


Figure 8 : Profil de sol de bas et mi-versant : épais et incrusté de blocs rocheux

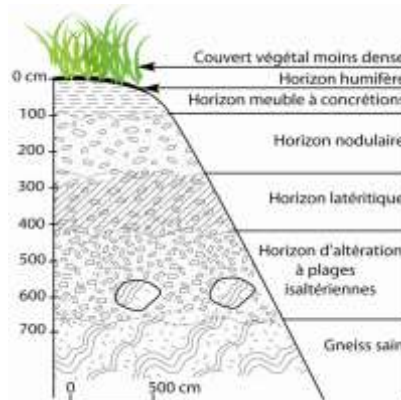


Figure 9 : Profil de sol de mi-versant : moins épais et incrusté de blocs rocheux

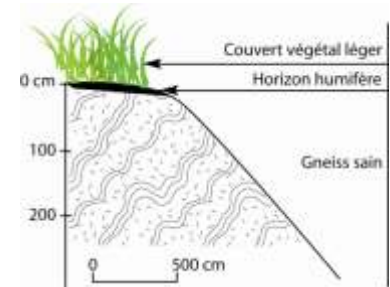


Figure 10 : Profil de sol de sommet : très mince et peu évolué

3-1-4. Variétés de la roche mère

Les roches de la zone d'étude sont des gneiss à grenat et disthène (**Figure 11 et Planche 1**) et des gneiss à grenat et plagioclase (**Figure 12 et Planche 2**), associés aux migmatites. Elles sont constituées à des proportions allant de 40 à 60% dans le premier type et de 55 à 80% dans le second type de minéraux à forte altérabilité [11] (minéraux ferromagnésiens, minéraux calco-sodiques et minéraux carbonatés). Par endroits, des édifices de gneiss altérés et fracturés (saprolithes) existent sous des minces couches de sols (**Figure 13**).



Figure 11 : Gneiss à grenat et disthène (notez le litage désorganisé par la migmatisation)



Figure 12 : Gneiss à grenat et plagioclases (notez la présence d'enclaves)



Figure 13 : Gneiss altéré et fracturé (saprolithe) sous un sol mince à Nkolnyada (Tsinga)

Les deux types de gneiss ci-dessus cités sont respectivement des métasédiments (gneiss paradérivés) et des métaplutonites (gneiss orthodérivés) [12].

3-1-5. Distribution des sols et de la roche mère

La distribution des sols est subconcentrique autour des sommets à affleurements de dalles de gneiss paradérivé et recouvertes de sols peu évolués lithiques. Vers les flancs et les vallées, apparaissent des sols ferralitiques typiques, assez épais et parfois incrustés de blocs rocheux dévoilant les variétés paradérivées et orthodérivées de la roche mère (**Figure 14 et 15**).

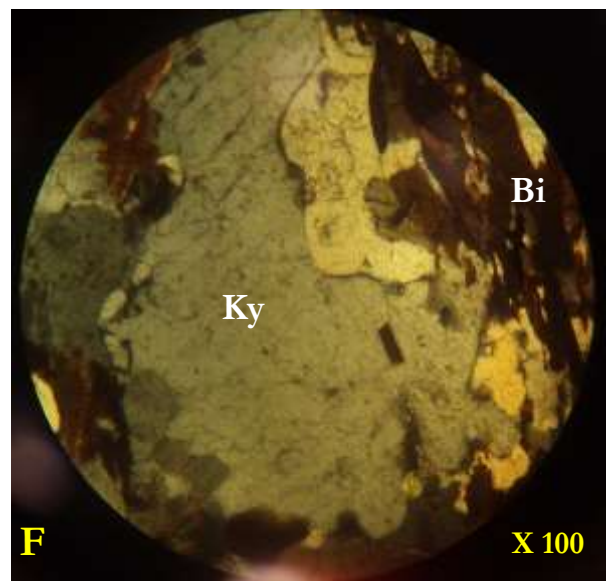
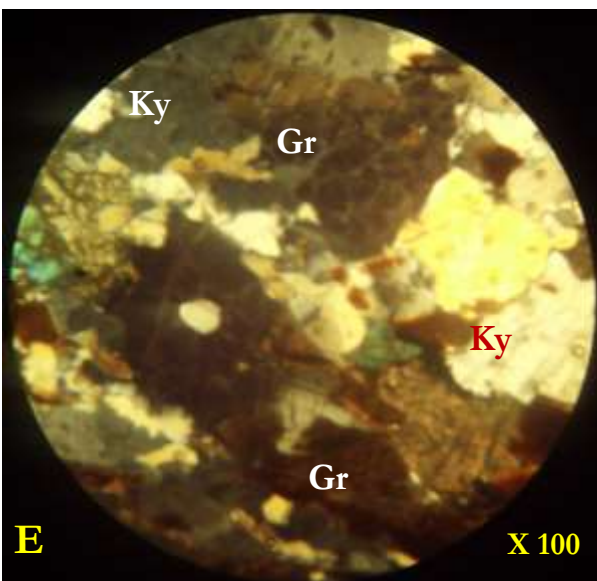
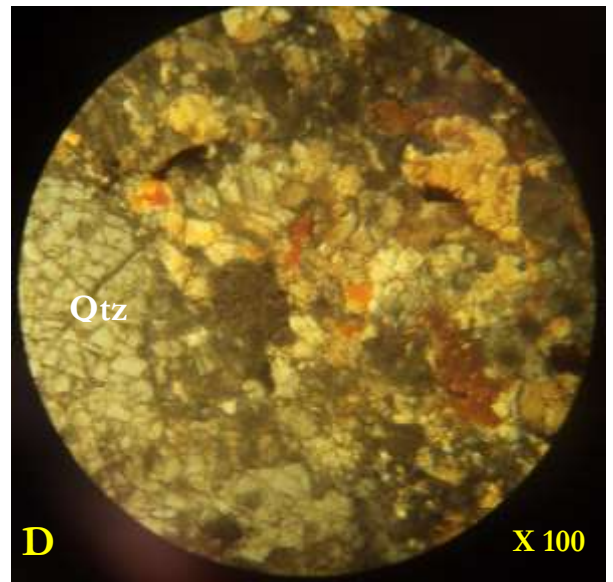
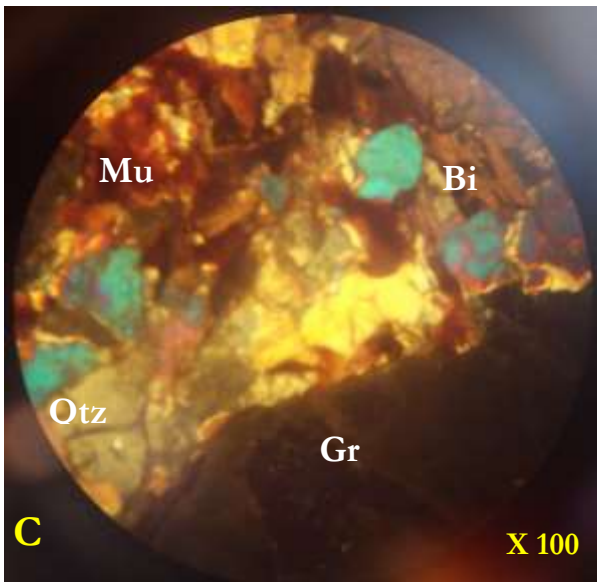
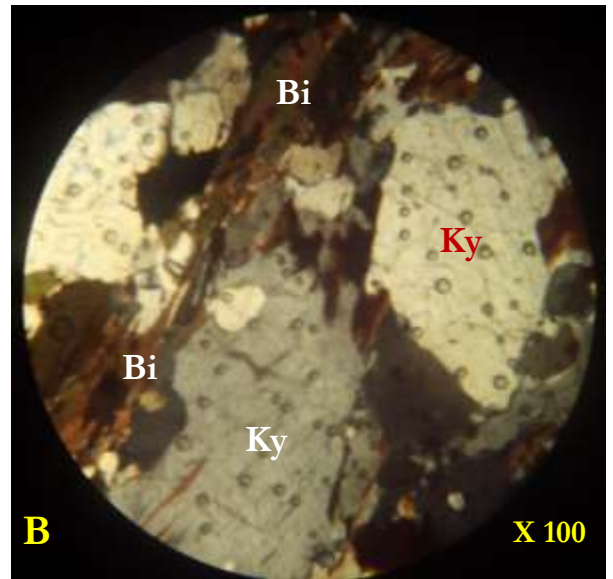
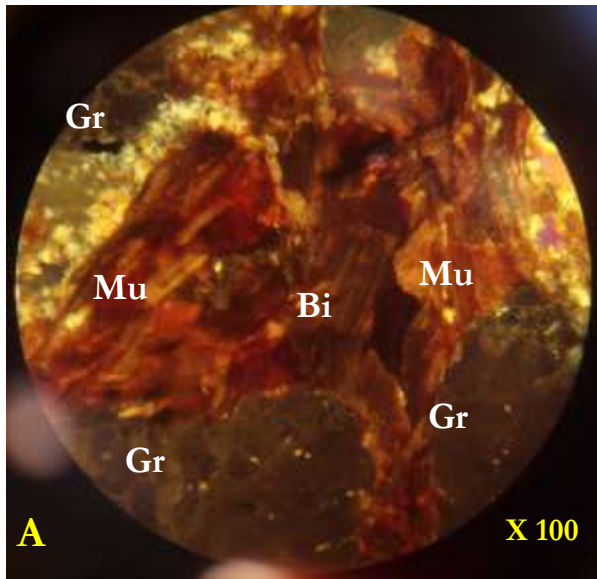


Planche 1 : Organisation microscopique du gneiss à grenat et disthène du site de la Cité-verte (Gr = grenat, Mu = muscovite, Qtz = quartz, Bi = biotite, Ky = Kyanite ou Disthène)

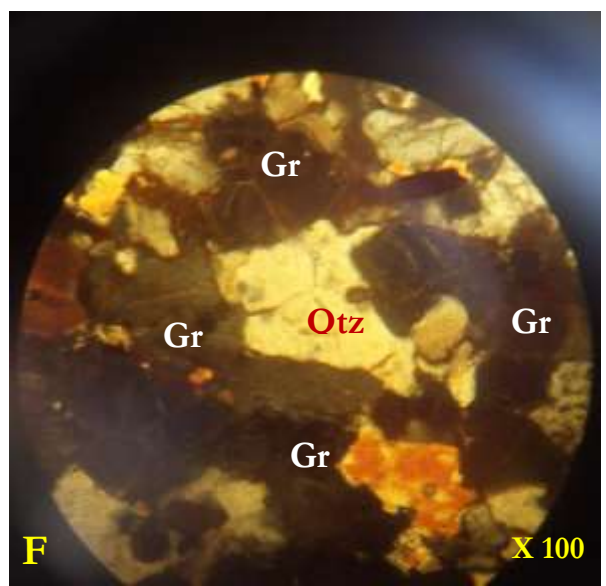
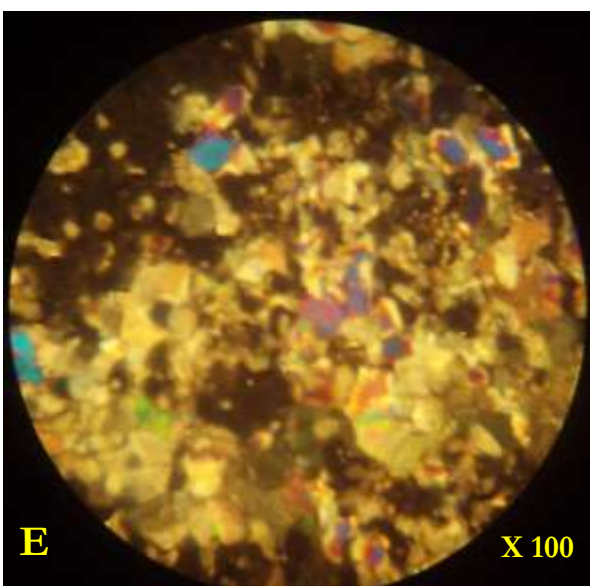
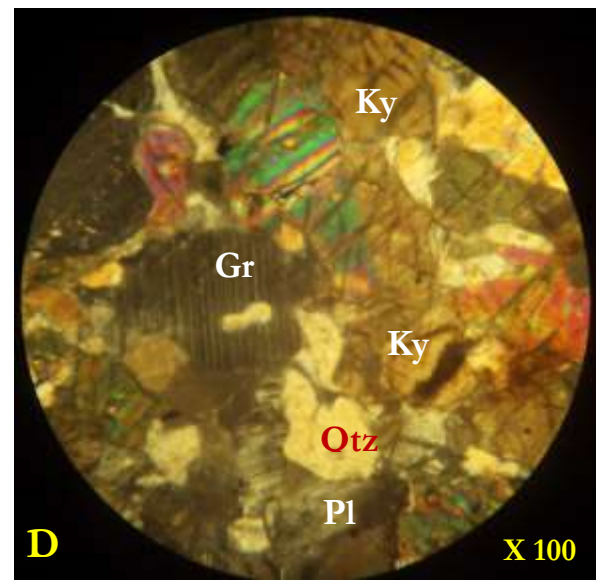
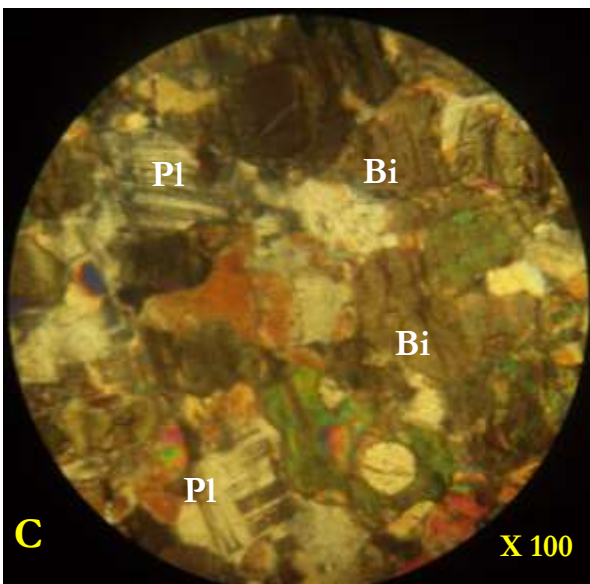
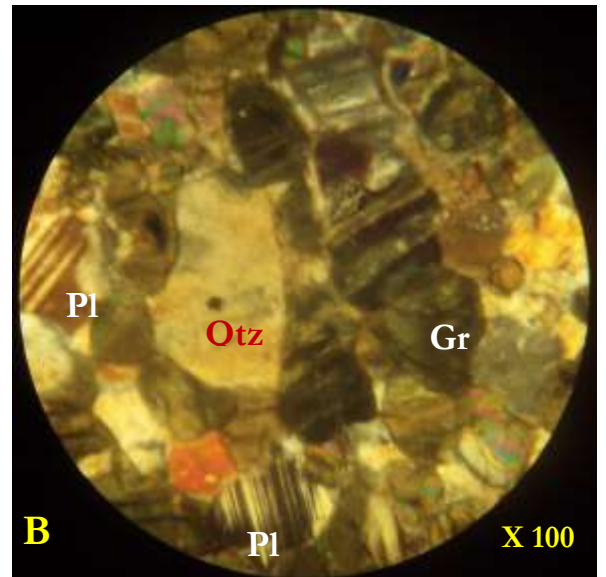
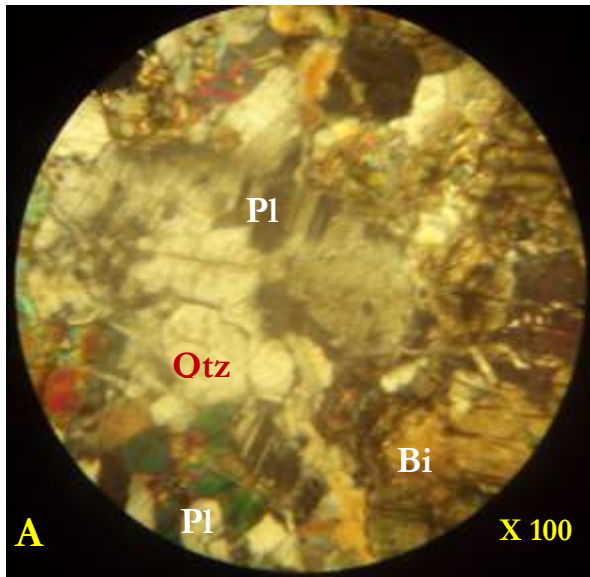
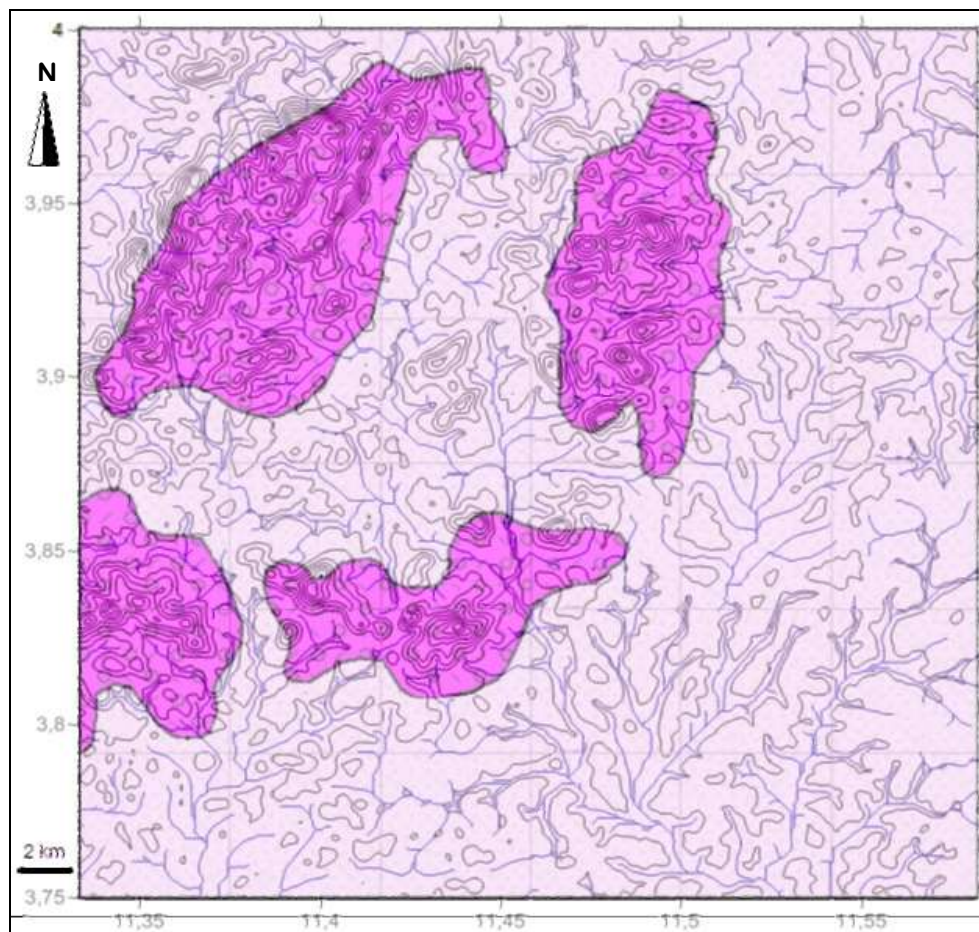


Planche 2 : Organisation microscopique du gneiss à grenat et plagioclase du site de Nkolnyada
(Gr = grenat, Qtz = quartz, Bi = biotite, Pl = plagioclase, Ky = Kyanite ou Disthène)





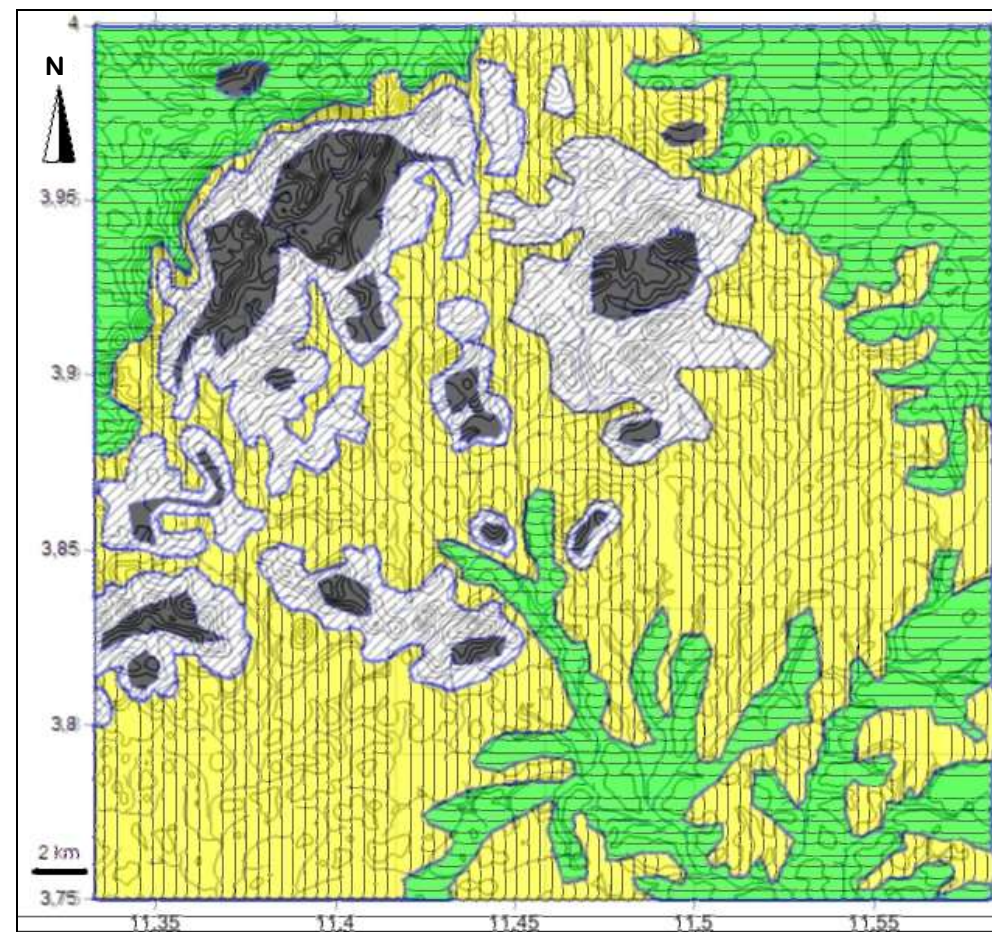
-  Rochers nus, sols peu évolués lithiques et sols ferrallitiques rouges
-  Sols ferrallitiques typiques, rouges et assez épais

Figure 14 : Carte de la distribution des variétés de sols [13], modifiée



-  Gneiss paradérivé affleurant sur dalles, couronnes et falaises
-  Gneiss paradérivé affleurant sur dalles, couronnes et carrières
-  Gneiss orthodérivé affleurant sur carrières
-  Gneiss orthodérivé affleurant en cours d'eau

Figure 15 : Carte de la distribution des variétés de la roche mère

3-1-6. Fracturation intense à l'échelle mésoscopique

A cette échelle, la fracturation est marquée par des familles de plans de foliation (*Tableaux 4, 5, 6 et 7*), de fissures sèches et de fissures remplies (*Tableau 8, 9, 10, 11 et 12*). La contrainte est maximale est verticale, tandis que les contraintes intermédiaire et minimale sont subhorizontales (*Tableau 13*). Généralement, la distribution de ces familles de fractures dessine des « tablettes de chocolat » à travers les affleurements (*Figures 16, 17, 18 et 19*).

Tableau 4 : Mesures prises sur les fractures subhorizontales sur la station de la Cité-verte (près du mont Massa position : $N03^{\circ}52'37,8''$; $E11^{\circ}28'49,0''$; $H = 813$ m)

N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage
1	N358	16°	7	N284	25°	13	N264	10°	19	N288	08°
2	N000	07°	8	N300	27°	14	N280	16°	20	N292	07°
3	N180	10°	9	N320	15°	15	N030	09°	21	N286	20°
4	N002	64°	10	N320	16°	16	N230	10°	22	N000	03°
5	N025	15°	11	N280	30°	17	N090	07°	23	N276	14°
6	N290	12°	12	N276	34°	18	N164	10°	24	N020	07°

Tableau 5 : Mesures prises sur les fractures subhorizontales de la station de Mvog-Betsi (sur le dôme de Mvog-Betsi, position : $N03^{\circ}51'49,8''$; $E11^{\circ}28'27,5''$; $H = 861$ m)

N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage
1	N120	14°	7	N010	24°	13	N040	26°	19	N020	20°
2	N140	17°	8	N012	19°	14	N034	12°	20	N350	22°
3	N020	08°	9	N358	12°	15	N155	10°	21	N030	22°
4	N040	18°	10	N020	40°	16	N168	02°	22	N056	42°
5	N160	20°	11	N024	28°	17	N016	20°	23	N050	16°
6	N020	12°	12	N020	30°	18	N036	20°	24	N050	20°

Tableau 6 : Mesures prises sur les fractures subhorizontales de la station de Nkolbisson (près du mont Akokndoué position : $N03^{\circ}52'06,8''$; $E11^{\circ}27'28,5''$; $H = 733$ m)

N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage
1	N080	18°	7	N073	26°	13	N102	28°	19	N078	32°
2	N070	26°	8	N073	16°	14	N106	22°	20	N072	18°
3	N040	22°	9	N068	17°	15	N098	19°	21	N072	22°
4	N068	29°	10	N072	16°	16	N075	21°	22	N078	25°
5	N082	53°	11	N082	12°	17	N078	18°	23	N100	32°
6	N071	33°	12	N080	10°	18	N054	22°	24	N070	17°

Tableau 7 : Mesures prises sur les fractures subhorizontales de la station d'Oliga (sur le dôme d'Oliga, position : $N03^{\circ}53'35,9''$; $E11^{\circ}29'36,6''$; $H = 810$ m)

N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage	N°	Azimut	Pendage
1	N174	15°	5	N170	14°	9	N198	20°	13	N187	18°
2	N180	23°	6	N190	18°	10	N182	24°	14	N181	17°
3	N202	24°	7	N202	08°	11	N170	18°	15	N186	13°
4	N190	27°	8	N170	18°	12	N160	20°	16	N182	16°

Tableau 8 : Mesures prises sur les fractures linéaires de la station de la Cité-verte (près du mont Messa, position : $N03^{\circ}52'37,8''$; $E11^{\circ}28'49,0''$; $H = 813$ m)

N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent
1	N106E	82°	5	N100E	79°	9	N178E	84°	13	N086E	85°
2	N072E	88°	6	N090E	84°	10	N040E	88°	14	N088E	85°
3	N040E	90°	7	N052E	85°	11	N120E	88°	15	N000E	89°
4	N090E	86°	8	N042E	66°	12	N050E	86°	16	N090E	79°

Tableau 9 : Mesures prises sur les fractures linéaires de la station de Mvog-Betsi (sur le dôme de Mvog-Betsi, position : $N03^{\circ}51'49,8''$; $E11^{\circ}28'27,5''$; $H = 861$ m)

N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent
1	N130E	-/-	5	N130E	-/-	9	N040E	-/-	13	N150E	-/-
2	N140E	-/-	6	N126E	-/-	10	N122E	-/-	14	N150E	-/-
3	N122E	-/-	7	N122E	-/-	11	N138E	-/-	15	N140E	-/-
4	N138E	-/-	8	N138E	-/-	12	N138E	-/-	16	N152E	-/-

Tableau 10 : Mesures prises sur les fractures linéaires de la station de Nkolbisson (près du mont Akokndoué, position : $N03^{\circ}52'06,8''$; $E11^{\circ}27'28,5''$; $H = 733$ m)

N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent
1	N006E	-/-	5	N172E	68°	9	N124E	-/-	13	N144E	-/-
2	N084E	-/-	6	N148E	-/-	10	N000E	-/-	14	N010E	-/-
3	N086E	-/-	7	N130E	-/-	11	N126E	-/-	15	N124E	-/-
4	N082E	-/-	8	N132E	-/-	12	N002E	-/-	16	N006E	-/-

Tableau 11 : Mesures prises sur les fractures linéaires de la station d'Oliga (sur le dôme d'Oliga, position : $N03^{\circ}53'35,9''$; $E11^{\circ}29'36,6''$; $H = 810$ m)

N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent	N°	Direction	Pendage apparent
1	N100E	-/-	5	N036E	-/-	9	N040E	-/-	13	N098E	-/-
2	N092E	-/-	6	N100E	-/-	10	N120E	-/-	14	N028E	-/-
3	N028E	-/-	7	N114E	-/-	11	N020E	-/-	15	N092E	-/-
4	N086E	-/-	8	N038E	-/-	12	N091E	-/-	16	N040E	-/-

Tableau 12 : Distribution des fractures planaires et directions des fractures linéaires par station de mesures

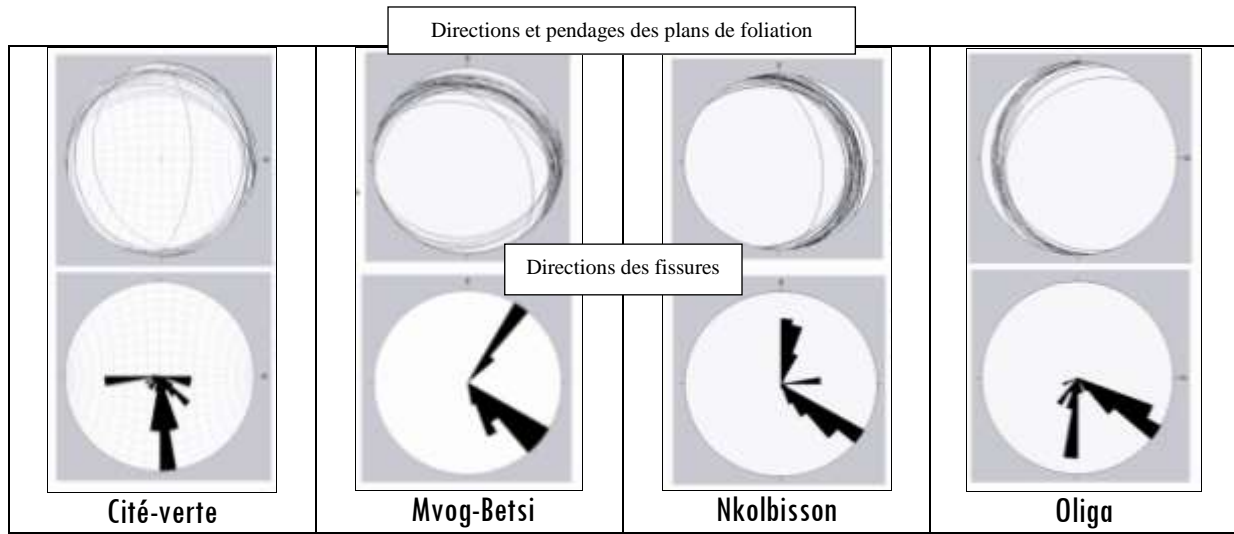
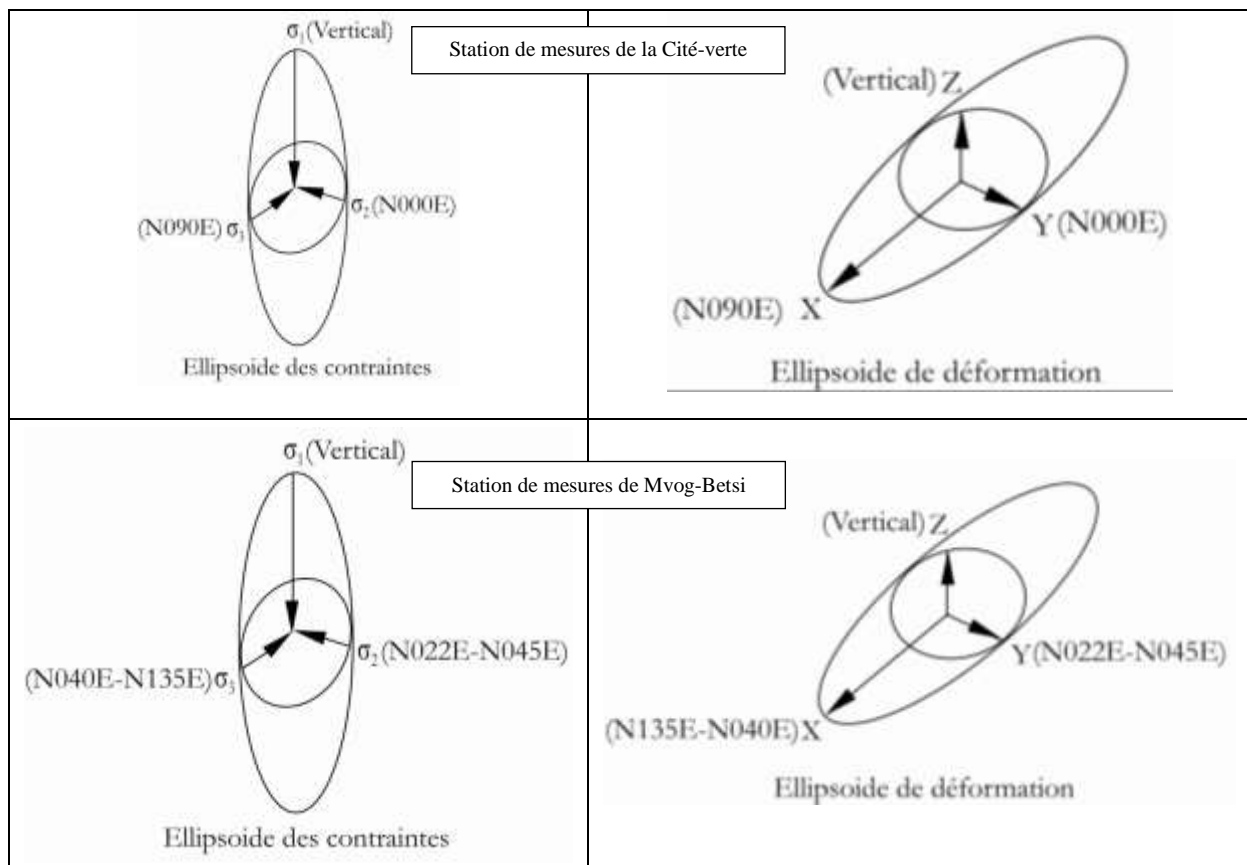


Tableau 13 : Orientation des contraintes et des déformations sur certaines stations de mesures [4]



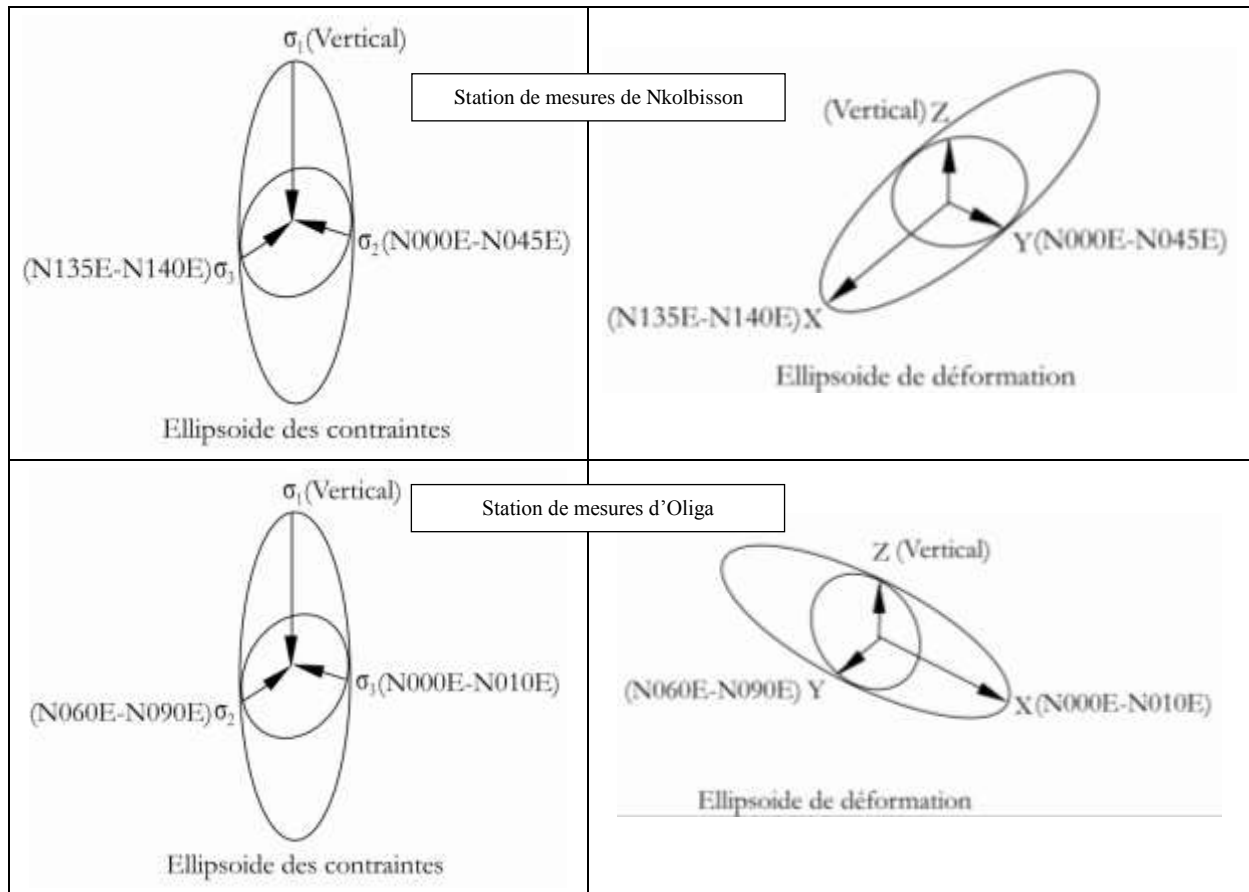


Figure 16 : Carroyage suivant les fissures sur l'affleurement de la Cité-Verte (près du mont Messa : $N03^{\circ}52'37,8''$; $E11^{\circ}28'49,0''$; $H = 813\text{ m}$)



Figure 17 : Carroyage suivant les fissures sur l'affleurement de Mvog-Betsi (sur le dôme de Mvog-Betsi : $N03^{\circ}51'49,8''$; $E11^{\circ}28'27,5''$; $H = 861\text{ m}$)



Figure 18 : Carroyage suivant les fissures sur l'affleurement de Nkolbisson (près du mont Akokndoué : $N03^{\circ}52'06,8''$; $E11^{\circ}27'28,5''$; $H = 733$ m)



Figure 19 : Carroyage suivant les fissures sur l'affleurement d'Oliga (sur le mont Oliga : $N03^{\circ}53'35,9''$; $E11^{\circ}29'36,6''$; $H = 810$ m)

3-1-7. Fracturation intense à l'échelle mégascopique

- 1^{ère} observation

Les fractures révélées par les linéaments hydrographiques et orographiques d'orientation N-S, les linéaments orographiques d'orientation E-W et les failles d'orientation intermédiaire entre les directions NW-SE et SW-NE (**Figures 20, 21 et 22**) permettent de conjecturer un cisaillement régional (**Figure 23**) [7].

- 2^{ème} observation

Les morphologies révélées par les coupes géologiques permettent de conjecturer de part et d'autre des dômes, des structures d'effondrement ; dans les deux directions opposées considérées, il apparaît un étagement, c'est-à-dire une succession de paliers qui affecte l'ensemble de toutes les unités (**Figure 24**). Cela se résumant en une succession de blocs de tailles variables dessinant un relief en « horst et grabens », dont le mur de roche nue perché en haute altitude ou miroir de faille normale, nettement visible au-delà de 800 m en est généralement la partie émergée.

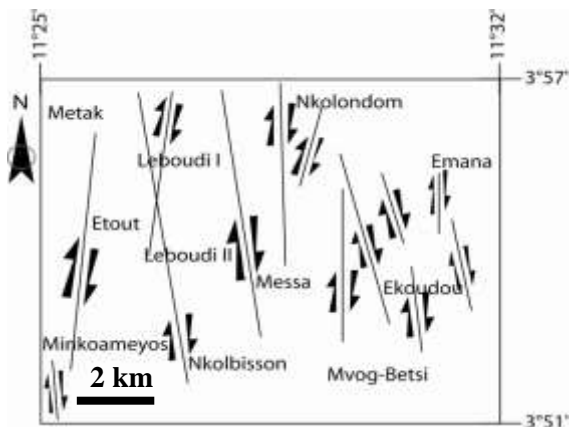


Figure 20 : Carte des fractures N-S regroupant les linéaments hydrographiques et orographiques [7], modifiée

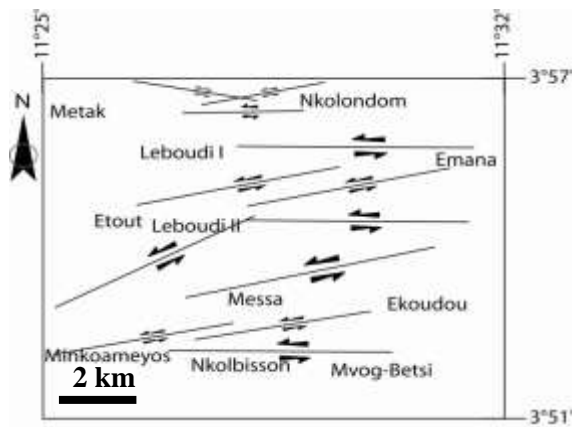


Figure 21 : Carte des fractures E-W regroupant les linéaments hydrographiques et orographiques [7], modifiée

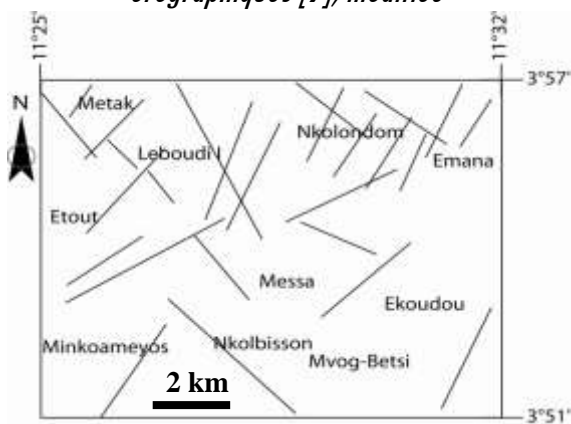


Figure 22 : Carte des failles d'orientation intermédiaire entre les directions NW-SE et SW-NE [7], modifiée

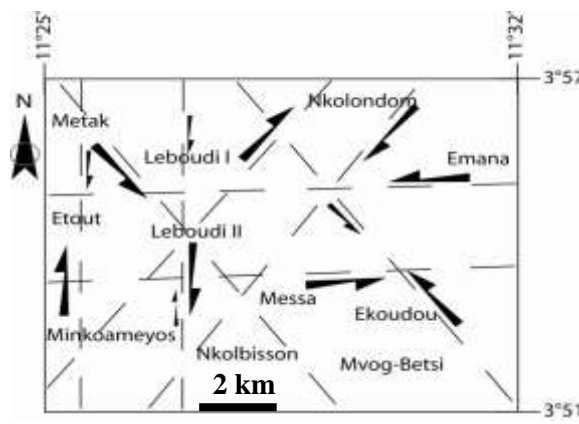


Figure 23 : Carte des couloirs de Cisaillement de la région de Yaoundé [7], modifiée

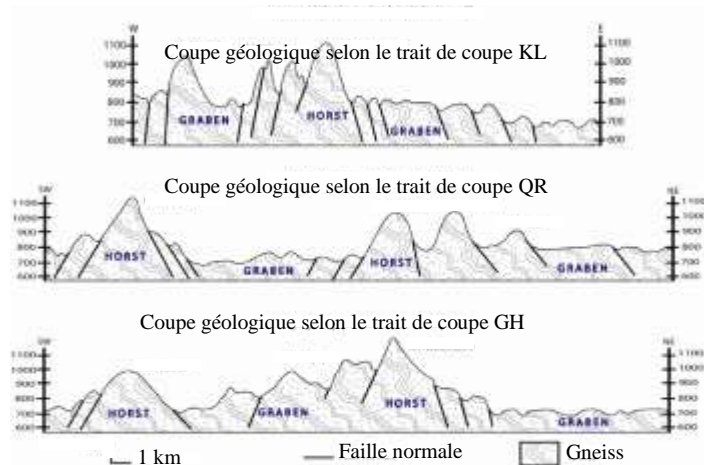
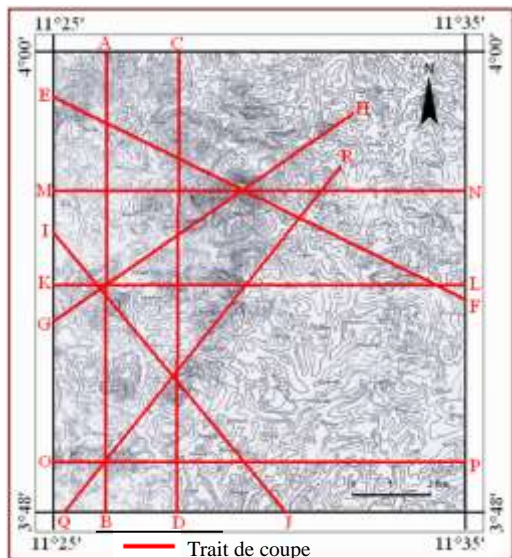


Figure 24 : Coupes géologiques montrant l'effondrement tectonique : l'étagement dessinant des "Horst et Graben" (notez l'abondance des failles normales dont la partie émergée est observable sous forme d'affleurements)

3-2. Carte issue du croisement des informations multi-sources

Le croisement de la carte topographique (voir **Figure 6** plus haut), de la carte des valeurs d'altitudes (voir plus **Figure 7** plus haut), de la carte de la distribution des variétés de sols (voir **Figure 14** plus haut), de la carte de la distribution des variétés de la roche mère (voir **Figure 15** plus haut) a permis de réaliser une carte détaillée sur l'aléa glissement de terrain/éboulement dans la région de Yaoundé (**Figure 25**).

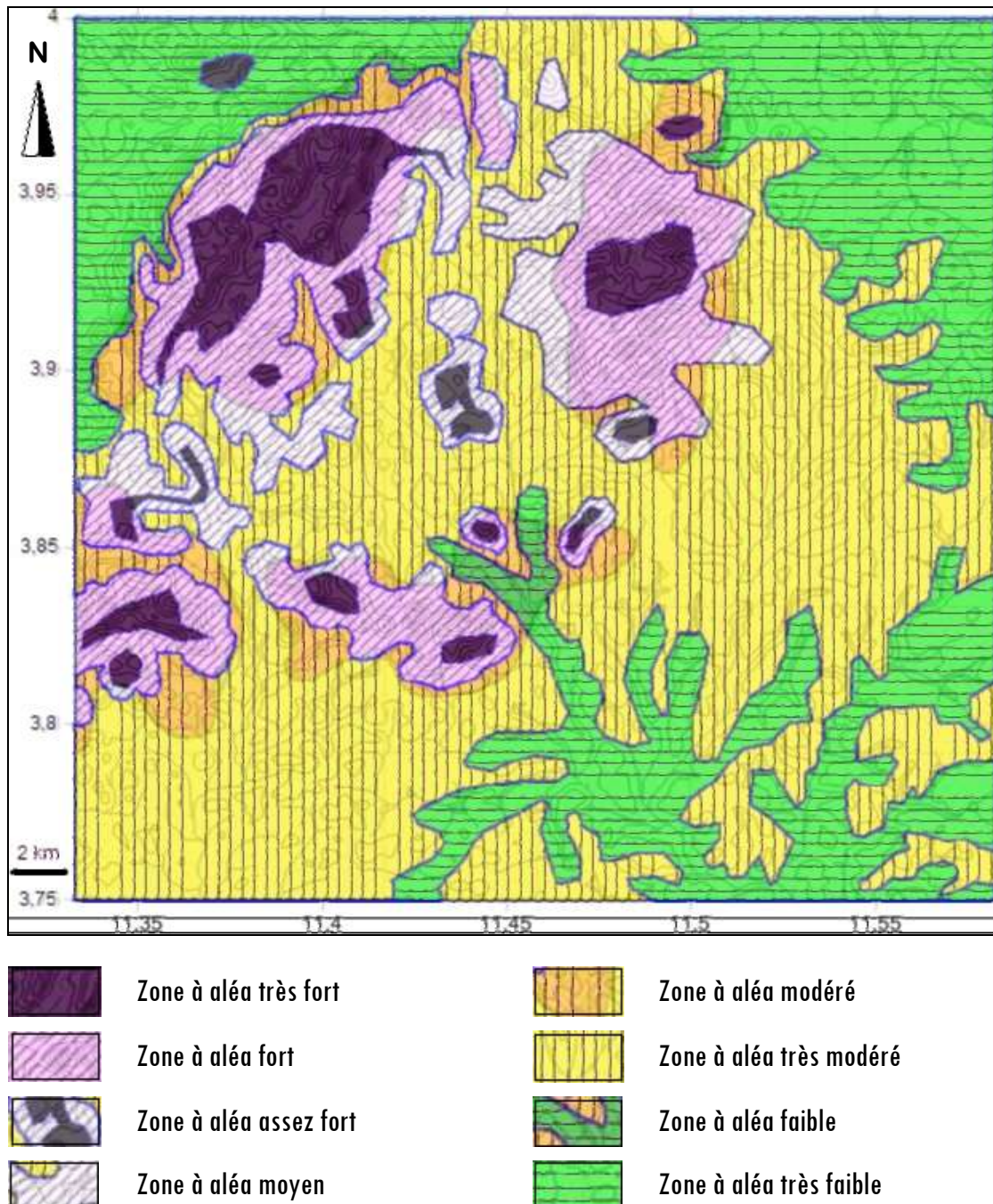


Figure 25 : Carte de zonage de l'aléa glissement de terrain/éboulement [4], rectifiée

4. Conclusion

La démultiplication des sources d'information a été un atout important pour l'étude de l'aléa glissement de terrain/éboulement du secteur Nord-Ouest de la région de Yaoundé. L'utilisation des données géologiques en supplément aux données géomorphologiques a permis de réaliser une carte thématique un peu plus rapprochée de la réalité du terrain. Elle révèle au-dessus de 800 m, des zones à « aléa fort » et à « aléa très fort », suite à l'existence de falaises, de pentes abrupts et de matériaux fragilisés. En-dessous de 800 m elle révèle des zones à « aléa assez fort » suite à l'existence de couronnes discontinues d'édifices présentant des ruptures de pente et des matériaux fragilisés.

Références

- [1] - ASSAKO ASSAKO R. J. - *Apport des systèmes d'information géographique dans l'analyse des risques d'inondation et glissement de terrain à Yaoundé*, in Villes du Sud et environnement, éd. De Bergier, Châteauneuf de Grasse, pp 110-126 (1997)
- [2] - FEKOUA D. - *Anthropisation et risques environnementaux sur les collines de Yaoundé*, Mém. Master pro. Cresa-Bois. Univ. Dsc., 88p (2010)
- [3] - MINISTERE DU DEVELOPPEMENT URBAIN ET DE L'HABITAT et COMMUNAUTE URBAINE DE YAOUNDE - *Yaoundé 2020, Plan directeur d'urbanisme*, Rapport de présentation, 120p (2008)
- [4] - BISSAYA R. - *Analyse géologique de la sensibilité des versants aux glissements de terrain et aux éboulements en zone de hauts reliefs : cas du secteur Nord-Ouest de la région de Yaoundé*, Mém. Master, Fac. Sci. Univ. Ydé I, 144p (2011)
- [5] - INSTITUT NATIONAL DE CARTOGRAPHIE — Yaoundé 3d et Yaoundé 3c, (1986)
- [6] - MAIGNIEN R. - *Manuel de prospection pédologique*. Doc. Tech. ORSTOM, 89p (1969)
- [7] - MVONDO OWONO F. - *Nouvelle approche de la déformation progressive du contexte fragile à Yaoundé et ses environs*, Mém. DEA, Fac. Sci. Univ. Ydé I, 60p (2001)
- [8] - CERDAN O., LE BISSONNAIS Y., SOUCHERE V., KING C., ANTONI V., SURDYK N., DUBUS I., ANOUAYS D., DESPRATS J. F. - *Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols*, Rapp. n°3 BRGM /RP.55104-FR, 87p (2006)
- [9] - ONGUENE MALA - *Différenciation pédologique dans la région de Yaoundé (Cameroun) : transformation d'un sol ferrallitique rouge en sol à horizon jaune et relation avec l'évolution du modelé*, Thèse Doc. Univ. Paris VI, 253p (1993)
- [10] - OLOUMOU W. - *Caractérisation morphologique et minéralogique des couvertures pédologiques des hauts reliefs de la région de Yaoundé*, Mém. DIPES II ENS., Univ. Ydé I, 61p (1996)
- [11] - NZENTI J. P. et ENO BELINGA S. M. - *Géologie de la région de Yaoundé et ses environs in excursions géologiques dans le sud du Cameroun*, 12^{ème} Conférence Internationale de la Société Géologique Africaine, Univ. Ydé, pp 19-30 (2001)
- [12] - MVONDO H., OWONA S., MVONDO ONDOA J., ESSONO J. (2007b) : Tectonic evolution of the Yaoundé segment of the Neoproterozoic Central African Orogenic Belt in southern Cameroon. Canadian Journal of Earth Sciences 44, pp 433-444, (2007b)
- [13] - VALLERIE M. - *Contribution à l'étude des sols du Centre-Sud Cameroun : type de différenciation morphologique et pédogénétique sous climat subéquatorial*, trav. et doc. ORSTOM, 110p (1973)