Revue-IRS

Revue Internationale de la Recherche Scientifique (Revue-IRS)

ISSN: 2958-8413

Vol. 4, No. 5, Octobre 2026

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.

Cartographie et analyse structurale des roches carbonatées des carrières de Bena-Kabongo, Mbuji-Mayi (Kasaï Oriental, RDC)

[1]Kabemba Kalonji Giresse, [1]Mukonkole Mukonkole Patrick, [1]Tshibwabwa Tshswaka Anne Marie, [1]Dama Losanza Julio, [1]Lutumba Lenge Jean Michel, [1]Kitsa Kahamwiti Lisette, [1]Puati Puati Daddy, [1]Lase Makoko Sandrine

[1]Centre de Recherche Géologique et Minière CRGM, BP 190 Kinshasa RD Congo.

Résumé : Cette étude s'intéresse à la distribution lithologique et à l'architecture structurale des affleurements carbonatés exploités dans les carrières de Bena-Kabongo, au nord-est de Mbuji-Mayi (Kasaï Oriental, RDC). Vingt stations de terrain ont été levées à l'aide d'un GPS, d'une boussole-clinomètre et du logiciel ArcGIS 10.8 L'examen macroscopique et les échantillonnages ont permis d'identifier des calcaires et dolomies attribués au Supergroupe néoprotérozoïque de Mbuji-Mayi. 102 mesures structurales (plans de stratification, fractures et joints) ont été traité avec DIPS 5.1 et Stereonet. L'analyse met en évidence une orientation dominante NW–SE, à pendages faibles à modérés (10–40°). Les diagrammes stéréographiques et les rosaces confirment la présence d'un réseau de discontinuités principalement contrôlé par la charge mécanique des conglomérats sus-jacents. L'ensemble suggère une structure monoclinale faiblement tectonisée, en accord avec les observations rapportées sur les sous-groupes BIId–BIIe.

Mots-Clefs : Supergroupe de Mbuji-Mayi, roches carbonatées, rosace des fréquences, Histogramme de direction, Projection cyclographique.

Abstract: This study investigates the lithological distribution and structural framework of the carbonate sequences exposed in the Bena-Kabongo quarries, located northeast of Mbuji-Mayi (Eastern Kasai Province, DR Congo). Twenty field stations were surveyed using GPS, compass-clinometer, and ArcGIS 10.5 software. Macroscopic examination and sampling identified limestones and dolomites belonging to the Neoproterozoic Mbuji-Mayi Supergroup. A dataset of 102 structural measurements (bedding, fractures, joints) was analyzed using DIPS 5.1 and Stereonet software. Results indicate a dominant NW–SE orientation with low to moderate dips (10–40°). Stereographic projections and rose diagrams highlight a prevailing discontinuity set, interpreted as related to the mechanical load of overlying conglomerates. These observations are consistent with a monoclinal structure with limited tectonic imprint, in agreement with previous interpretations of the BIId–BIIe subgroups.

Keywords: Mbuji-Mayi Supergroup, carbonate rocks, frequency rose, direction histogram, cyclographic projection

Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/10.5281/zenodo.23836705

1 Introduction

La cartographie géologique est la discipline qui consiste à analyser, représenter et interpréter les formations rocheuses à la surface de la Terre à l'aide de cartes géologiques. Elle permet de définir les caractéristiques des différentes couches de roches ainsi que leurs relations spatiales (E.W. SPINCER, 2018).
Une carte géologique affiche habituellement les types de roches, les failles, les structures géologiques et parfois les ressources minérales (RICHARD J. LISLE, 2011).
Les carrières de Bena-Kabongo constituent l'une des principales zones d'extraction de matériaux carbonatés destinés à la construction dans la région de Mbuji-Mayi. Elles affleurent dans le Supergroupe de Mbuji-Mayi, reconnu pour ses séquences sédimentaires Néoprotérozoïque, en particulier les unités carbonatées du BII. La compréhension de leur organisation structurale et de leur répartition lithologique est essentielle pour reconstituer le contexte tecno-sédimentaire régional et en évaluer les implications pratiques. Durant ces derniers décennies plusieurs auteurs se sont focalisés sur les études sédimentologiques et caractéristiques physiques des roches du Supergroupe de Mbuji-Mayi (DELPOMDOR et al., 2013a). Raisons pour laquelle nous nous sommes fixé l'objectif dans cette contribution de présenter une cartographie détaillée des affleurements et une analyse statistique des discontinuités afin de mieux caractériser l'architecture structurale locale.

2 Milieu d'etude

Les carrières de Bena-Kabongo se situent au Nord-Est de la ville de Mbuji-Mayi en République Démocratique du Congo entre 6°4'30" et 6°9'30" de latitude Sud et 23°35'30" et 23°43'30" de longitude Est et à une élévation variante entre 513 et 524 m. le milieu d'étude est caractérisé par un climat tropical humide à deux saisons. La température moyenne est de l'ordre de 24°C, avec des minimums de 22,4° en juin et des maximas de 24,6 en septembre et en décembre. La moyenne annuelle d'eau est comprise entre 1200 et 1600mm et l'on compte en moyenne 110 jours pluviaux par an. Le régime pluviométrique dans ce milieu favorise l'installation des savanes, savanes arbustives de divers types, de galeries forestières et de lambeaux de forêts protophytes.

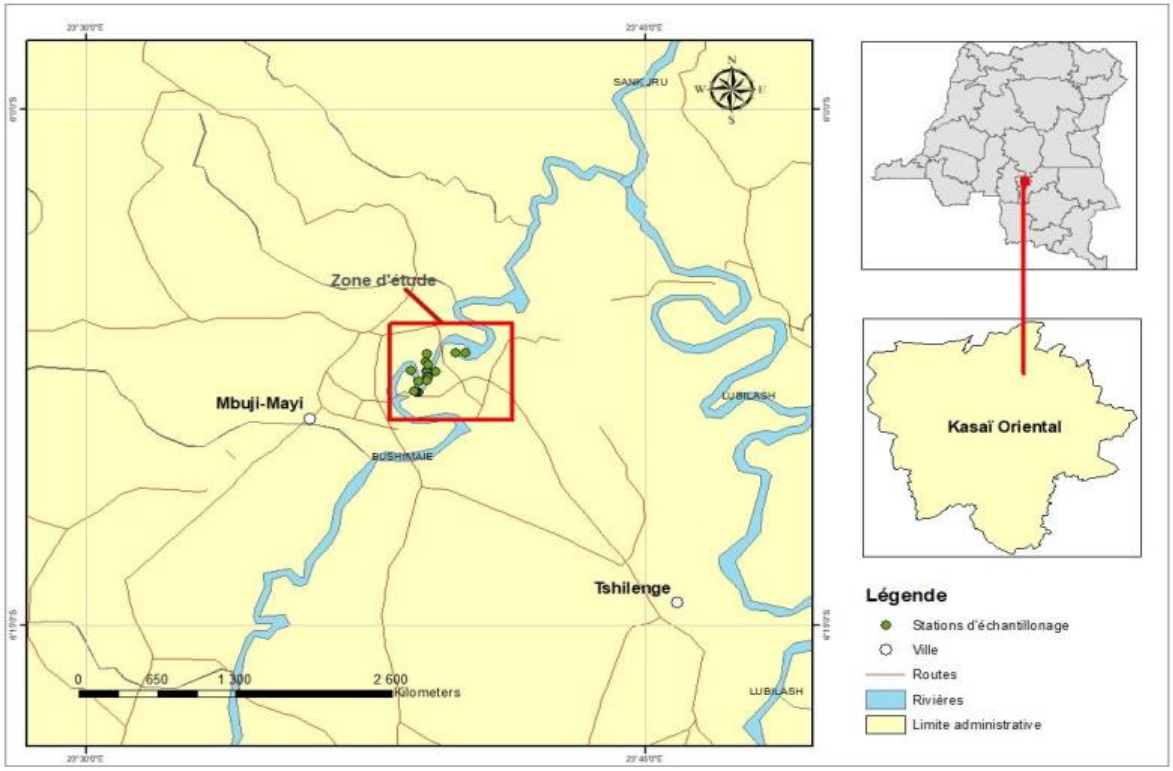


Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude

2.1 Cadre Géologique

Les carrières du village de Bena Kabongo où nous avons concentré notre travail renferment des roches carbonatées du Sous-groupes BIId et BIIe, dans le Groupe B II, précisément dans le Supergroupe de Mbuji-Mayi (D. BAUDET, 1987[4], P. RAUCQ, D. BAUDET, 1991 [5]).

Le Groupe B2 (B II) (800 – 1000 m) : constitué des calcaires (localement silicifiées, cherteux, oolithique ou avec stromatolites) et des dolomies. Le Groupe BII qui comprend principalement les carbonates transgressifs, incrustée de minces niveaux de schistes riches en matière organique, consiste en cinq sous-groupes en ordre ascendant : BIIa, BIIb, BIIc, BIId et BIIe. Les descriptions détaillées de ces sous-groupes ont été donné par P. RAUCQ (1957[6], 1970[7]) et mis à jour (surtout pour les carbonates) par F. DELPOMDOR et al (2013a) [3],] F. DELPOMDOR (2013b) [8] et F. DELPOMDOR, 2015 [9].

.

2.2 Materiels et Méthodes

2.2.1 Materiels

Pour atteindre les objectifs de l'étude, les matériels suivants ont été utilisés :

- Un marteau de géologue qui nous a servis dans un premier temps à créer une cassure fraiche dans la roche afin de mieux décrire cette dernière et dans un second temps à l'échantillonnage,
- Une loupe minéralogique pour l'identification des minéraux et les éléments figurés dans la roche,
- Une boussole de géologue pour prélever les mesures structurales sur le terrain. Cette boussole est équipée d'une nivelle à bulle qui assure l'horizontalité des structures planaires et d'un clinomètre qui permet de mesurer les inclinaisons ou pendages des structures,
- Un carnet de terrain, un crayon de dureté moyenne (HB), un appareil photographique et un GPS de marque Garmin série GPSMAP60CSx qui nous permet de localiser les affleurements des roches sur le terrain.
- Logiciels SIG ArcGis 10.5 pour analyser et présenter les données géospatiales en format numérique et pour la cartographie.

2.2.2 Méthodes

Nous avons choisi de faire la cartographie détaillée en utilisant la méthode des lignes de bases. Celle-ci consiste à tracer des lignes droites matérialisées par deux points repère invariable à partir duquel plusieurs perpendiculaires devraient les divisées selon les différents faciès observés à fin d'avoir les différentes coupes géologiques ; mais pour notre cas, un seul faciès a été observé. Par conséquence, nous n'avons pas pu réaliser les coupes, mais au moins une seule carte géologique mettant en relief les limites des couches.
Le prélèvement des échantillons sur terrain s'effectuait que sur les affleurements des roches affleurantes à la surface d'une part et d'autre part dans des puits creuser par les exploitants. La carte de prélèvement en matérialise à l'aide des coordonnées.
Toutes les données géospatiales obtenues sur le terrain ont été organisées et placées dans un fichier Excel au format xls afin de numériser les formations géologiques cartographiées à l'aide du logiciel ArcGis 10.5 sous l'application ArcMap.
Pour traiter les mesures structurales prélevées sur le terrain à l'aide de la boussole, les méthodes ci-après ont été mises à profit :

- Le traitement de données, au laboratoire, à l'aide du logiciel DIPS 5.1 qui est un outil numérique permettant de faire une représentation automatique des familles de discontinuité sous forme des canevas Schmidt ou de canevas de Wulff. Les données destinées au logiciel DIPS 5.1 suivent une description bien destinée à savoir : l'encodage des données qui sont des mesures des cassures matérialisées par le pendage (DIP) et la direction (DIP direction) et la création des bases de données avant le lancement de calcul.
- Il nous permet également de faire une analyse sur les modes de rupture dans un massif rocheux. Dans ce travail nous allons utiliser le canevas de Wulff. Le logiciel comprend une fenêtre des calculs composé des rubriques suivants : ID (identification), Dip et Dip direction.
- Il permet aussi d'obtenir les pôles des discontinuités, les grands et les petits cercles des discontinuités, le groupement global de discontinuité, le diagramme des pôles, le groupement des discontinuités en famille ainsi que les histogrammes de direction et de pendage. Les données sont exportées vers la fenêtre du logiciel DIPS 5.1. Elles sont présentées sous forme de pendage (Dip) et sous forme de direction de pendage (Dip direction). Leur disposition spatiale montre d'abord les pôles qui seront traitées par la suite.
- Le canevas de Schmidt, et comme type de projection, la projection de Wulff ou projection à conservation des angles (FOUCAULT ET RAOULT, 2005) [10]. Comme nous avons les mêmes

informations dans les deux hémisphères par la symétrie sphérique, nous avons utilisé l'hémisphère Sud.

- La méthode graphique matérialisée par les histogrammes. C'est une méthode qui aide à ressortir les effectifs et les fréquences en fonction des classes.
- La méthode statistique de FISHIER (1987) [11] qui nous permet d'effectuer la concentration des pôles de discontinuité.
- La rosace de fréquence qui est une représentation graphique des données structurales groupées en classe statistique d'une même amplitude (RAMSAY ET HUBER, 1987 [12] ; PRICE et COSGROVE, 1990a [13], 1990 b [14]). Cette représentation circulaire est un outil d'évaluation qui permet d'apprécier les valeurs des données structurales en fonction des classes respectives. La méthode consiste à représenter les mesures structurales sur des droites rayonnantes de même amplitude ; soit de 10 à 10° ou de 20 à 20°.Cette rosace et histogramme sont bien adaptées à l'étude de la répartition d'une population de directions dans un plan, ils ont permis à avoir l'image sur l'orientation préférentielle au sein de domaine grâce à l'orientation ou la variation de concentration des couches.

3 Résultats

3.1 Etudes Cartographique

3.1.1 Presentation des Résultats

Le tableau 1 ci–bas montre les résultats du levé des échantillons sur terrain, dont les coordonnées ont été prises ou exprimées en Unité Métrique (U.T.M).

Table 1. Présentation des résultats du lever géologique.

STATION	LATITTUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	OBSERVATION
KA – 1A	0792780	9322344	513	Un massif de roche carbonatée à structure micritique, de couleur sombre altéré à la surface, contenant les minéraux très fins et est feuilleté.
KA - 1B	0793548	9322043	514	Un banc de roche carbonate à structure dolomitique de coloration grise, altéré à la surface, présentant une stratification linéaire.
KA – 1C	0794000	9322000	522	Calcaire dolomitique, faisant effervescence avec l'acide chloridrique, un peu fissuré, altéré avec une coloration blanchâtre à l'échelle de l'échantillon ou encore en faisant une cassure fraiche, ayant une teinte brunâtre et gris claire en certains endroits, il est massif et quelque part compact avec une présence très moyenne des minéraux
KA - 2	0793583	9322044	517	Calcaire dolomitique, massif moins altéré, compact de teinte brunâtre à rouge ocre qui nous rappele la présence des oxydes de fer résultant de l'altération des minéraux férro-magnesiens, on trouve aussi une veine épaisse de 3à 5cm, de remplissage avec des cassures non remplie, très rigoureux au toucher et laissant une poudre après frottement à la main.
KA – 3A	0793583	9321937	516	Un banc de Calcaire possédant une stratification horizontal de couleur gris foncé, compact, moins altéré, à structure microgrenue.
KA – 3B	0793500	9322500	523	Un banc de Calaire possédant une stratification horizontale, altéré, de teinte brune à jaune avec par endroit la présence des minéraux noir, on note également la présence d'un autre minéral de couleur violette qu'on a qualifié de la fluorite souvent associée aux calcaires altérées
KA – 4A	0793600	9322374	523	Un banc de Calcaire possédant une stratification linéaire, compact avec présence des minéraux rouges associés à l'hématite illustrant le système décisionnel de la roche, on a aussi des veinules de remplissage du quartz épais de 4cm à structure micritique
KA – 4B	0795500	9323000	517	Un banc de Calcaire dolomitique, massif, compact, altéré, présentant des minéraux rouges linéaires ; la roche est de teinte rouge à ocre, ayant des veines de remplissage de quartz, ce banc de calcaire surmonte un autre banc de calcaire dolomitique qui est stratifié, de teinte brune et grise claire , cette disposition géologique traduit et confirme un contrôle structural prononcée par la facturation et disparition de la stratification dans d'autres endroits de la zone, par endroit, il laisse une certaine poudre blanche au touché, avec la présence de calcite mise en évidence par une imprégnation des cristaux Subautomorphe de la calcite et des débris d'autres préexistantes dans le banc.
KA – 5	0793605	9321736	515	Un banc de Calcaire altéré présentant un litage horizontal avec une bande de la dolomie en voie d'altération très poussé, contenant des minéraux ferromagnésien de teinte rouge et noir. Il a une coloration grise présentant une stratification entrecroisée très mince comme près-dis.
KA – 6	0793589	9321722	521	Un banc de roche carbonaté à texture bioclastique de couleur grise altéré a la surface, ayant à son dessus une masse conglomératique à ciment constituer des débris des carbonates, bref c'est un conglomérat calcareux ayant des galets d'une dimension de 3 à 8Cm de diamètre.

KA – 7	0793601	9321653	508	Un banc de roche carbonaté à texture sparitique de couleur sombre faiblement fissuré avec présence des minéraux blanc, à litage horizontal conservée à l'échelle de l'affleurement ayant une pellicule quartzeuse, une fissuration due au litage et remplie de quartz.
KA – 8	0793581	9321548	518	Un banc de roche calcaire sombre à stratification linéaire à oblique, ayant quelques fissures, présentant des micros-cristaux Subautomorphe de couleur blanche de calcite.
KA – 9	0793588	9321512	519	Un banc de roche carbonaté à texture bioclastique de coloration grise altéré à la surface, surmonté d'une masse conglomératique à ciment constitué des débris des carbonates.
KA – 10	0793138	9321469	524	Un banc de Calcaire altéré, à stratification linéaire compact de teinte brunâtre à rouge ocre sous veine de remplissage avec des cassures non remplie, très rigoureux au toucher.
KA – 11	0793147	9320904	522	Un banc de Calcaire altéré, de teinte rouge et noir, présentant une coloration grise présentant une stratification entrecroisée très mince.
KA – 12A	0793119	9320873	520	Un banc de Calcaire à stratification linéaire, compact avec présence des minéraux rouges ainsi que des veinules de remplissage du quartz, à structure mosaïque
KA – 12B	0793035	9320880	519	Un banc de calcaire sombre à stratification linéaire présentant quelques fissures, ainsi que des micros-cristaux Subautomorphe de couleur blanche de calcite et d'autre part du quartz altéré à sa surface.
KA – 12C	0795000	9323000	524	Un banc de roche carbonaté à structure mosaïque avec des cristaux xénomorphe de quartz, stratifié très peu fissuré de couleur sombre altéré à la surface, avec quelques minéraux blanc visible à l'échelle de l'affleurement.
KA – 13A	0792968	9320942	516	Un banc de roche carbonaté à texture micritique, de couleur grise altéré à la surface, contenant les minéraux fins stratifié.
KA – 13B	0792935	9320952	524	Un banc de calcaire stratifié de teinte grise présentant une petite strate de la dolomie confère à l'affleurement une teinte gris clair, il est rugueux au touché, avec une présence d'un minéral de couleur jaune ocre sur les faces des cassures fraiches d'échantillon. Après ceci, viens une grande étendue d'argile humide contenant quelques débris.

3.1.2 Présentation des Cartes élaborée

À la suite des données récoltées avec le GPS, voici comment se présente les cartes élaborées dont : la carte d'échantillonnage et la carte géologique en créant une grille de la zone, une légende, la barre d'échelle et le nord indiquer sur chacune des cartes.

3.1.2.1 Carte d'échantillonnage

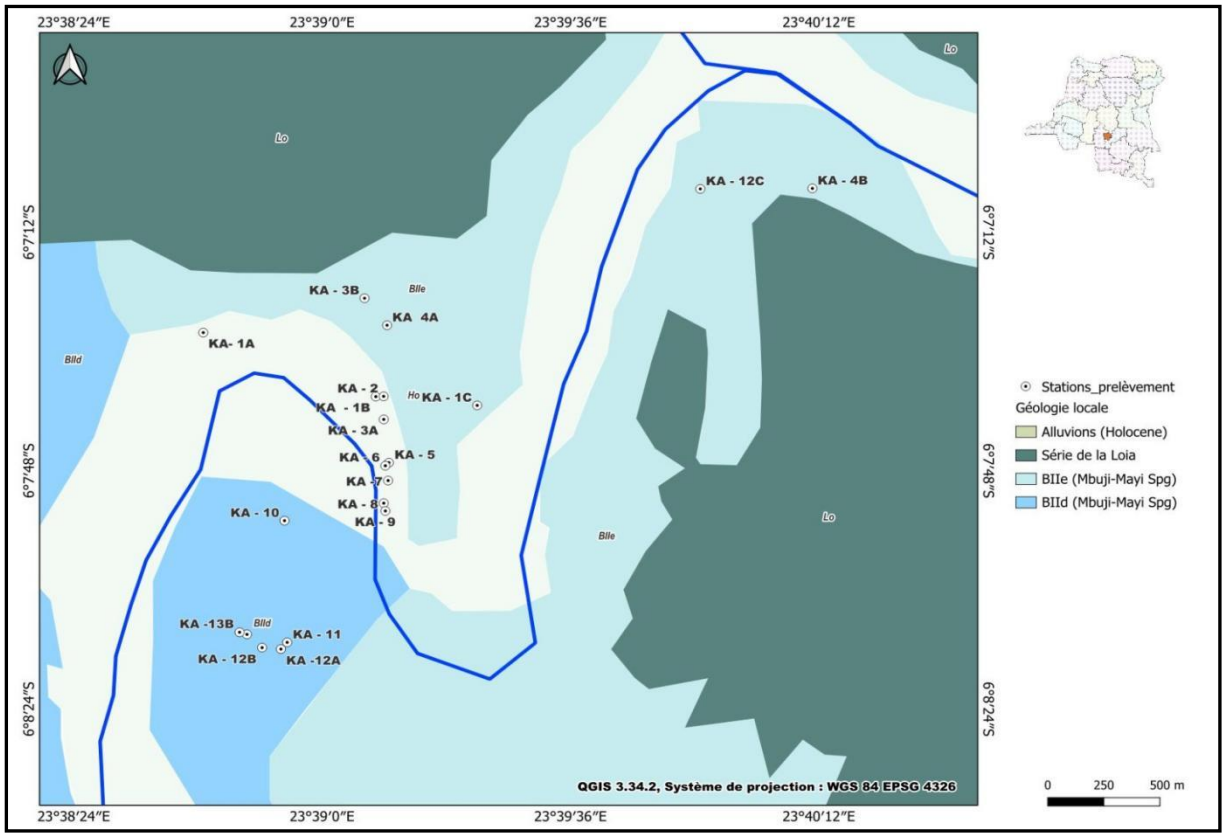


Figure 2. Carte d'échantillonnage des roches des carrières de Bena-Kabongo.

3.1.2.2 Carte Géologique

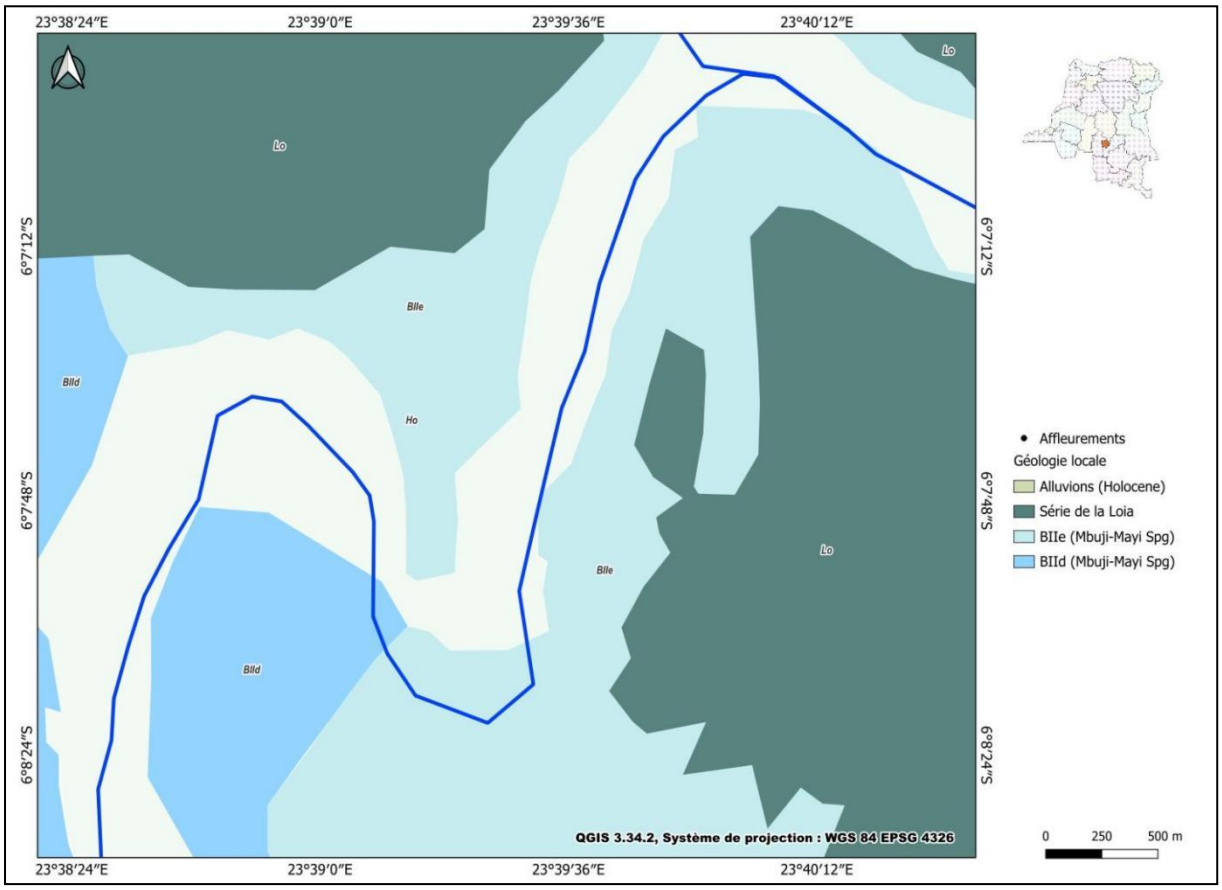


Figure 3. Carte géologique des carrières de Bena-Kabongo

L'outil utiliser pour l'élaboration de cette carte est le logiciel QGIS, pour lequel nous n'avons pas détaillé le mode d'utilisation et ses limites, mais en soit il met juste en relief les limites des couches et a la possibilité d'élaboré une diversité des éléments géolocalisés.

3.2 Etude Structurale

3.2.1 Travail de Terrain

Les mesures structurales reprises dans le tableau 2 sont les mesures prélevées sur les différentes cassures sur le terrain.

Table 2. Mesures structurales prélevées sur les différentes cassures

NUMERO	DIRECTION (N)	PENDAGE (°SE)
1	N30	25
2	N45	20
3	N57	10
4	N60	32
5	N10	17
6	N39	27
7	N54	40
8	N25	16
9	N10	18
10	N57	12
11	N50	32
12	N30	29
13	N60	34
14	N75	38
15	N60	40
16	N45	39
17	N50	33
18	N43	39
19	N58	37
20	N60	33
21	N52	34
22	N35	17
23	N45	35
24	N48	30
25	N36	18
26	N38	20
27	N32	18
28	N28	22
29	N48	24
30	N46	38
31	N34	23
32	N25	11
33	N15	12
34	N47	24
35	N23	20
36	N12	17
37	N35	17
38	N27	15
39	N30	23
40	N30	48
41	N75	40
42	N15	10
43	N45	39
44	N14	32
45	N14	31
46	N66	39
47	N53	20
48	N13	14
49	N20	18
50	N12	14

51	N10	19
52	N38	14
53	N46	12
54	N38	22
55	N31	19
56	N30	33
57	N31	36
58	N26	20
59	N35	19
60	N39	42
61	N27	18
62	N20	15
63	N23	17
64	N25	15
65	N22	19
66	N25	15
67	N20	18
68	N22	27
69	N24	29
70	N21	31
71	N28	21
72	N21	15
73	N31	23
74	N54	22
75	N57	10
76	N38	17
77	N42	25
78	N44	27
79	N20	17
80	N33	12
81	N43	15
82	N38	22
83	N33	17
84	N27	10
85	N43	22
86	N26	16
87	N48	22
88	N50	20
89	N24	10
90	N29	20
91	N24	12
92	N46	38
93	N14	28
94	N22	16
95	N14	12
96	N10	17
97	N36	16
98	N29	19
99	N30	22
100	N38	25
101	N30	12
102	N22	10

Le tableau 2 ci-dessus est constitué de trois colonnes. La première colonne donne le numéro d'ordre des stations de prélèvement des mesures, la deuxième colonne reprend les différents azimuts de directions de plans de cassures exprimées en degré à partir du Nord vers l'Est (N30°) et la troisième colonne énumère les pendages de ces derniers. Les prélèvements des mesures ont été faits d'une manière sélective. Les valeurs angulaires de directions et de pendages portées sur le tableau 2 caractérisent les structures monoclinales puis que les valeurs angulaires de direction varient entre 0° et 180° tandis que celles de pendage varient entre 0° et 90°.

3.2.2 Traitement des données

3.2.2.1 La Rosace des Fréquences

Après traitement et analyse des mesures prélevées sur le terrain, nous avons eu deux rosaces des fréquences comme le montre les figures 4 et 5 ci-dessous. La figure 4 matérialise la direction prédominante qui est le Nord-Est. En soit, c'est la trace qui divise la circonférence en deux tout en partant par le petit cercle du milieu borné par une barre ayant son centre au point d'intersection allant de ses deux extrémités. La droite qui coupe cette dernière ou qui divise transversalement en deux la figure dans un quadrant est la direction prédominante de concentration des mesures des couches. La figure 5, le montre sous forme circulaire et matérialise l'orientation et la variation de la concentration des couches.

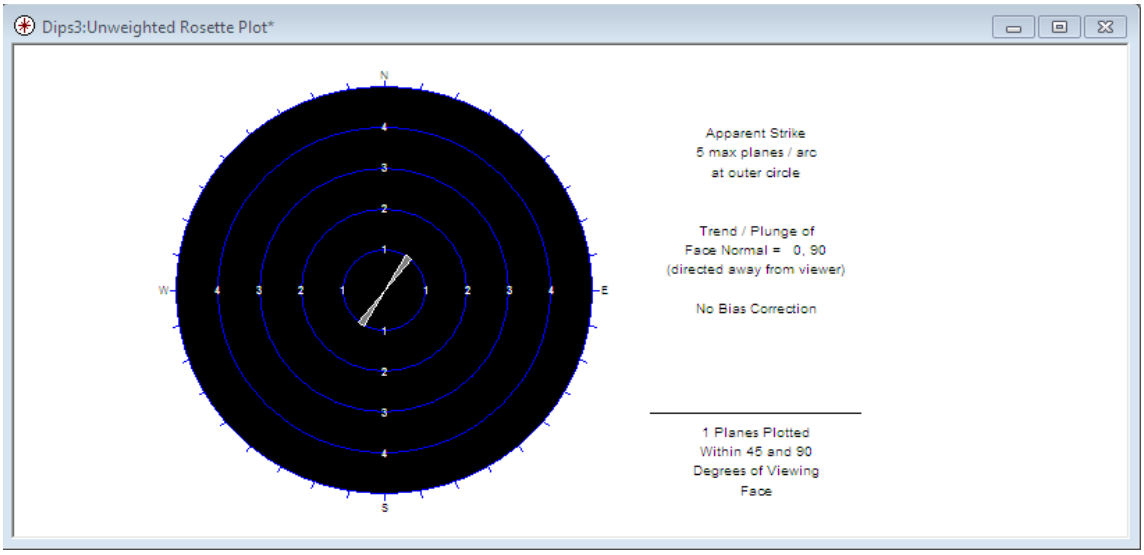


Figure 4. La rosace de fréquence matérialisant la direction prédominante Nord-Est.

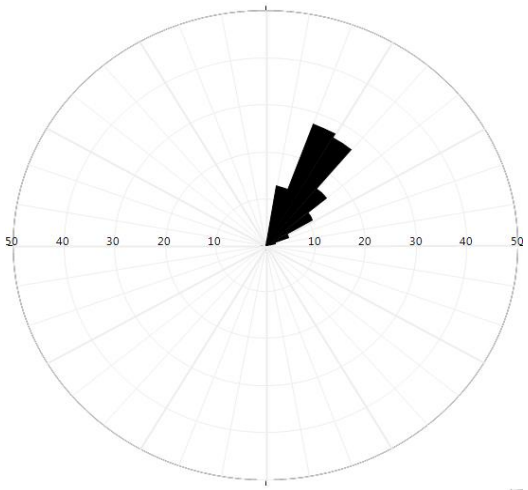


Figure 5. La rosace de fréquence sous forme circulaire, matérialisant l'orientation et la variation de la concentration des couches.

3.2.2.2 Histogramme de Fréquences de Direction

L'histogramme est une représentation graphique des données. Il est constitué d'une série de rectangles dont les bases sont égales aux amplitudes des classes et les hauteurs sont proportionnelles aux effectifs de chaque classe (SAPORTA, 2011) [15].

Table 3. Regroupement en classe statistique de direction. Ni : effectif de chaque classe, Fi : fréquence de chaque classe.

Classe	Ni	Fi	Fi (en %)
[01° - 10° [	0	0	0
[10° - 20° [	13	0,127	13
[20° - 30° [	28	0,274	27
[30° - 40° [	27	0,264	26
[40° - 50° [	16	0,156	16
[50° - 60° [	11	0,107	11
[60° - 70° [	5	0,049	5
[70° - 80° [	2	0,019	2

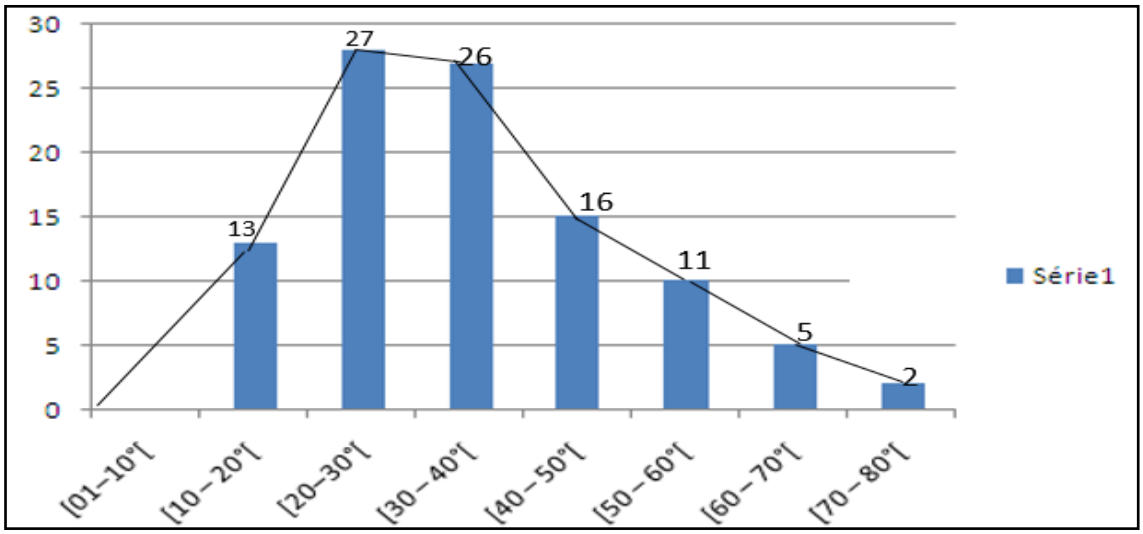


Figure 6. Histogramme de direction. En abscisse, nous avons les classes et en ordonnée, les fréquences en pourcentage.

3.2.1.3 Histogramme de Frequence de Pendage

Table 4. Regroupement en classe statistique de pendage.

Classe	Ni	Fi	Fi (en %)
[01° - 10° [	0	0	0
[10° - 20° [	47	0,46	46
[20° - 30° [	28	0,274	27
[30° - 40° [	22	0,215	22
[40° - 50° [	5	0,049	5

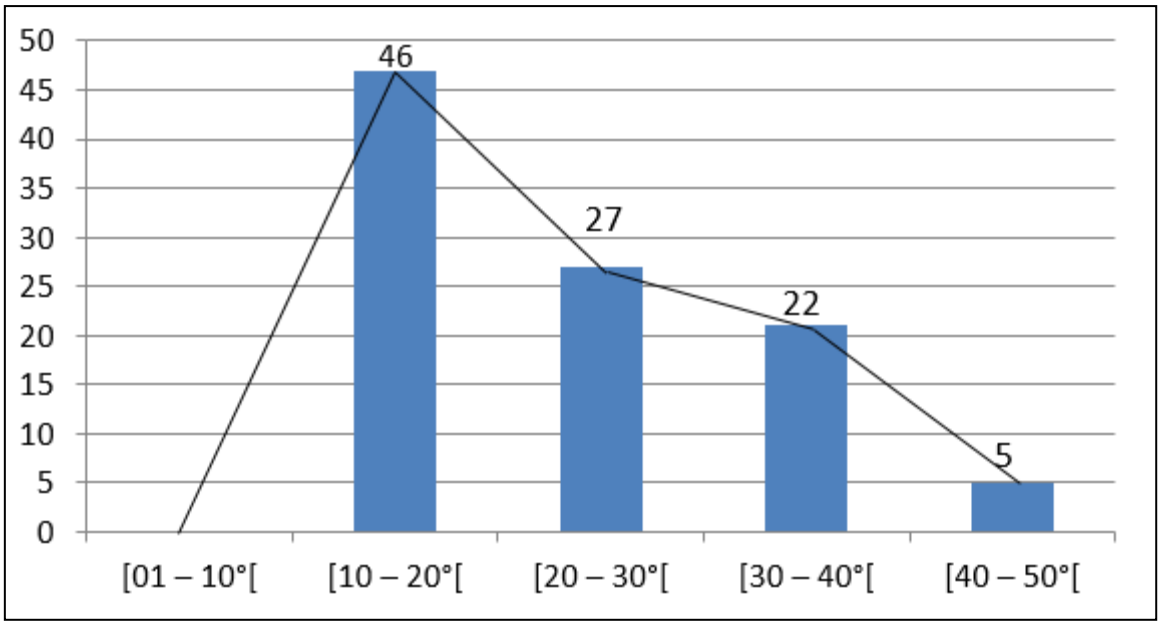


Figure 7. Histogramme de pendage.

Projection et Représentation Cyclographiques

3.2.1.4 Projection et representation cyclographique

Lorsque les données structurales s'expriment par des mesures d'orientation de plans et des lignes, il est très utile de pouvoir projeter ces données dans un plan en vue de les analyser.
Il existe un certain nombre de modes de représentation en fonction de la nature du problème posé. Ainsi par exemple, les diagrammes des pôles, la rosace des fréquences et les histogrammes sont bien adaptées à l'étude de la répartition d'une population de directions dans un plan. Ils permettent de représenter l'orientation préférentielle au sein de domaine grâce à un choix de figures correspondant aux différents secteurs angulaires (GROLIER, 1961) [16].
Si le domaine étudié est statiquement homogène, une représentation de type cartographique n'est pas nécessaire, on pourra mettre en œuvre des techniques de représentation qui ne prennent pas en compte la localisation de l'objet mais seulement son orientation (NICOLAS, 1994) [17]; les projections cyclographiques se prêtent mieux à cet usage.

Les directions de l'espace étudié étant considérées indépendamment de leur localisation, on considère pour chacune, la représentation qui passe par le centre de la sphère de projection. La direction correspondante est alors représentée par le point d'intersection avec celui des hémisphères qui est choisie pour la projection. Ce plan se matérialise par un arc de cercle.
La projection stéréographique de la direction considérée est finalement celle de la trace du vecteur normal au plan passant par le centre de la sphère de projection. C'est le pôle du plan que l'on a considéré pour le cas de cette étude, comme l'illustre la figure 8.

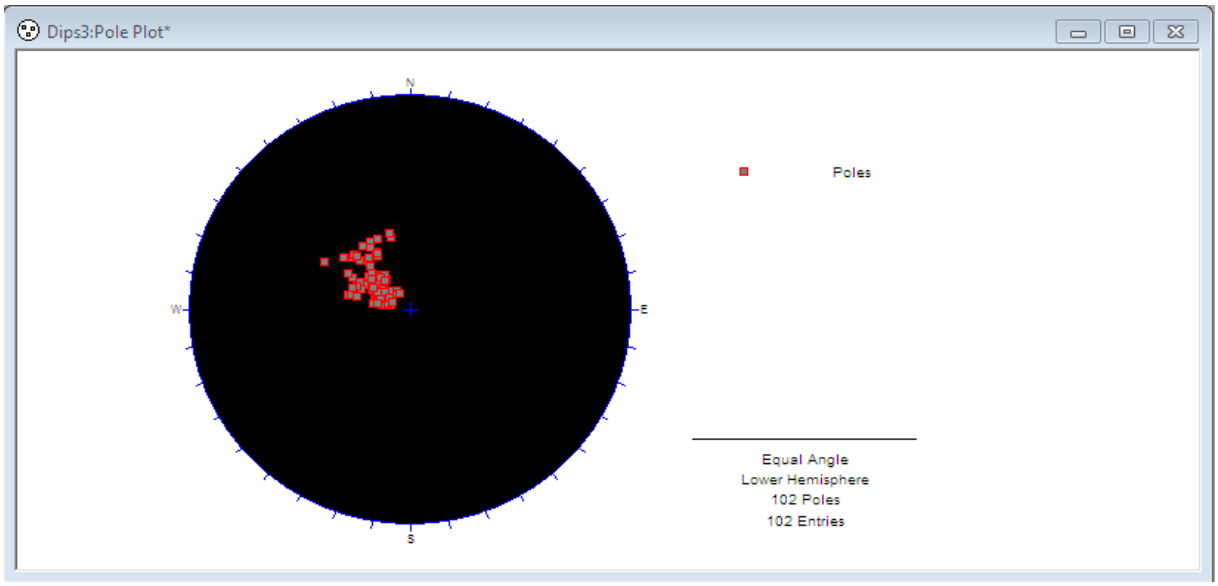


Figure 8. Diagramme des poles.

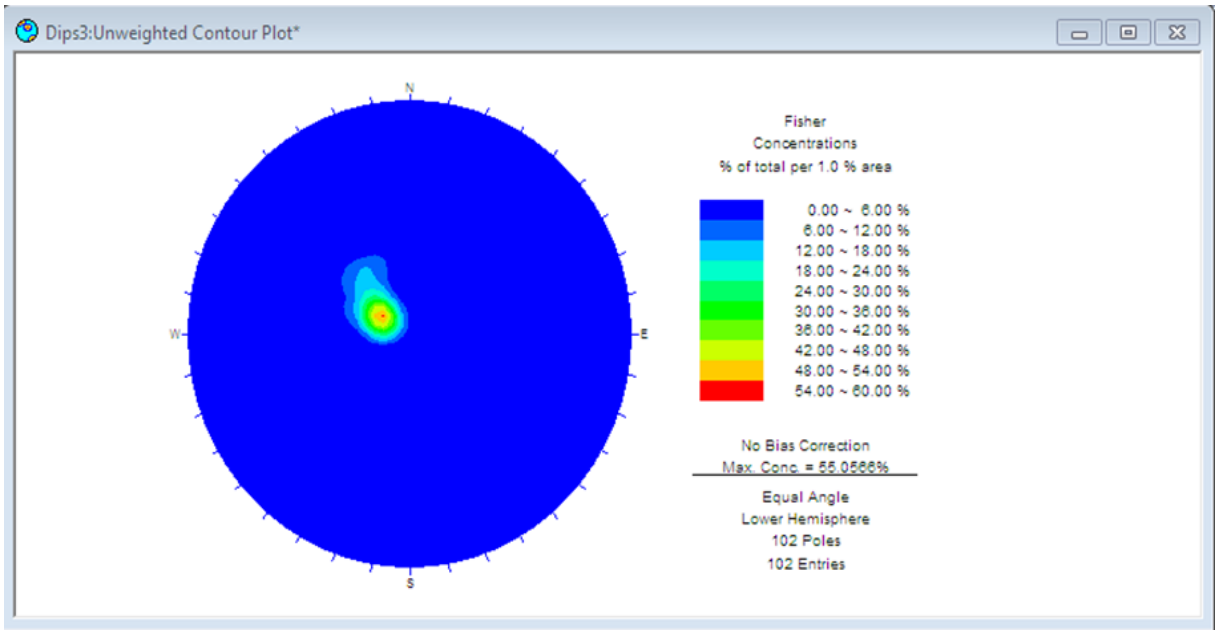


Figure 9. Concentration des pôles et famille de discontinuité.

4 Discussion

Cette étude cartographique avec une partie de la pétrographie soit l'analyse macroscopique, nous a permis de mettre en relief les différentes formations rencontrées sur terrain et parmi elles, nous avons : le sable, sur lequel on n'a pas pu se pencher , la dolomie, le calcaire gris et le calcaire dolomitique dont on a essayé d'en parler en détail dans la partie pétrographie avec un peu plus de lumière, et l'élaboration des différentes cartes avec le logiciel : Arc Gis pour la réalisation de la carte de prélèvement, et Surfer, pour la réalisation de la carte géologique.
Du point de vue structural, l'analyse de la rosace de fréquence montre que les mesures, une fois regroupées en classes, suivent une certaine orientation qui varie en pourcentage. La figure 5 illustre cette répartition sous forme circulaire, avec des directions allant de 0 jusqu'à 26 %, qui représente la valeur maximale des mesures enregistrées sur les couches étudiées.
Pour mieux comprendre la répartition des directions des diaclases (fractures), un histogramme a été utilisé. Celui-ci met en évidence les zones où les mesures sont les plus concentrées. On observe un premier pic important entre

20° et 30°, atteignant 27 % des données, puis un second entre 30° et 40° avec 26 %. Ces deux intervalles correspondent donc aux zones de forte concentration des directions.
Concernant l'inclinaison des couches (pendage), l'histogramme montre que la majorité des mesures se situe entre 10° et 20°, avec une forte concentration atteignant 46 %. Une autre concentration, moins importante, apparaît entre 20° et 30°. Les classes présentant les valeurs les plus élevées indiquent les zones ayant subi des contraintes importantes.
Le diagramme de pôles permet d'identifier les différentes familles de fractures présentes dans le massif rocheux. Grâce à la méthode statistique de Fisher, les résultats montrent que les pôles sont principalement concentrés dans le deuxième quadrant. Les plans de fracture ont presque tous la même direction et présentent une forte concentration, proche de 92 %, selon l'analyse réalisée avec le logiciel Dips.
Les traces cyclographiques correspondent simplement à la représentation des pôles des plans. La direction des couches est donnée par le point d'intersection sur l'hémisphère choisi pour la projection. Cette représentation se fait généralement sous forme d'arcs de cercle, bien que cela n'ait pas été illustré ici.
Enfin, après traitement des données, une seule famille de fractures a été identifiée, comme le montre la figure 9. Cette famille est visible grâce à différentes couleurs : le rouge indique les zones de très forte densité (54 à 60 %), le jaune représente des zones proches de cette forte concentration (48 à 54 %), tandis que les couleurs allant du bleu clair au bleu foncé indiquent des zones où la concentration devient très faible, voire presque nulle.

5 Conclusion

Cette étude cartographique couplée à une analyse pétrographique macroscopique a permis d'identifier et de caractériser les principales formations géologiques présentes sur le terrain, notamment la dolomie, le calcaire gris et le calcaire dolomitique, qui ont été étudiés de manière plus approfondie. Malgré certaines limites, comme l'absence d'analyse détaillée du sable, l'utilisation des outils informatiques tels qu'ArcGIS et Surfer a facilité la réalisation des cartes de prélèvement et de la carte géologique, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de la structure et de la répartition des formations étudiées.
L'observation des affleurements calcaires de Bena-Kabongo montre que seule la masse de conglomérats située au-dessus de la formation géologique a exercé une pression sur ces roches (cfr. Annexe). Cette pression était plus forte que la résistance de la roche, ce qui explique la formation des cassures. Ainsi, ces fractures témoignent des forces qui ont agi sur le terrain.
Lorsqu'une masse rocheuse est soumise à des contraintes, celles-ci se manifestent généralement par des cassures orientées dans plusieurs directions. Cependant, dans notre cas, l'accès facile au terrain a permis de bien observer ces structures. Les effets de la masse conglomératique se traduisent par des cassures visibles sous forme de diaclases.
L'analyse des résultats à l'aide de différents outils (diagrammes, histogrammes de direction et de pendage, diagramme des pôles) a conduit aux conclusions suivantes :

- Une seule famille de fractures a été identifiée,
- Les cassures sont uniquement dues à la masse conglomératique,
- La zone étudiée est homogène,
- La structure géologique est monoclinale (inclinaison dans une seule direction),
- La région n'a pas été fortement affectée par des mouvements tectoniques.

REFERENCES

[1] E.W. Spincer, *Geologic Maps: A Practical Guide to Preparation and Interpretation, 3è éd.*, Waveland Press, Inc, 2018
[2] R. J. Lisle, P J. Brabham and J. W. Barnes, *Basic Geological Mapping, 5è éd*, John Wiley & Sons, Ltd., 2011
[3] F. Delpomdor, U. Linnemann, A. Boven, A. Gärtner, A. Travin, C. Blanpied, A. Virgone, H. Jelsma, A. Preat,"Depositional age, provenance, and tectonic and paleoclimatic settings of the late Mesoproterozoic middle Neoproterozoic Mbuji-Mayi Supergroup, Democratic Republic of Congo", Palaeogeogr.Palaeoclimatol. Palaeoecol, 389, pp. 4–34, 2013a
[4] D. Baudet, "Implications of a palynological study in the Upper Precambrian from estern Kasaï and northwestern Shaba, Zaïre", *Geol. Journ. 22, Thematic Issue*, pp. 121-137, 1987
[5] P. Raucq, D. Baudet, *Le Supergroupe du Bushimay au Kasaï: 1989*, In: Archaean cratonic rocks of Kasaï and their influence on the evolution of the early Proterozoïc (B.T. Rumvegeri and F. Walraven, Eds) - Newsletter IGCP Project 273, 1, pp. 77-78, 1991,
[6] P. Raucq, " Contribution à la reconnaissance du Système de la Bushimay (Congo Belge),"*Annales du Musée Royal du Congo-Belge (Tervuren)*, Série 8, vol.18, 427 pp., 1957.

[7] P. Raucq, " Nouvelles acquisitions sur le système de la Bushimay (République Démocratique du Congo)," *Annales du Musée royal de l'Afrique Centrale*, Tervuren, Belgique, Série in-8°- n° 69, 1970.
[8] F. Delpomdor, *Petrographic and geochemical studies of Mbuji-Mayi Supergroup carbonates (Democratic Republic ofthe Congo) - assessment of Pb-Pb dating*. De Beers, Internal Report, pp. 23, 2013b.
[9] F. Delpomdor, C. Blanpied, A. Virgone, A. Preat, "Sedimentology and Sequence Stratigraphy of the Late Precambrian Carbonates of the Mbuji-Mayi Supergroup in the Sankuru-Mbuji-Mayi-Lomami-Lovoy Basin (Democratic Republic of the Congo)", *Geology and Resource Potential of the Congo Basin*, pp. 59-76, 2015.
[10] Foucault, A et Raoult, J.-F, *Dictionnaire de géologie*, 6ème éd., Dunod, Paris, 356 p,2005
[11] Fisher, N.I., Lewis, T.L. et Embleton, B.J.J., *Statistical analysis of spherical data*, Cambridge University Press, Cambridge, 329 p, 1987
[12] Ramsay, L.G. et Huber, M.I., "Modem structural geology, v. 2: Folds and fractures," *Academic Press, San Diego*, pp. 645-665, 1987
[13] Price, N.J. et Cosgrove, J.W, *Minor fractures: their nomenclature and age relationships*, Chap.2. Analysis of geological structures, Cambridge University Press, pp. 42-59, 1990a
[14] Price, N.J et Cosgrove, J.W, *Development of systematic fractures in slightly deformed sedimentary rocks*, Chap.9. Analysis of geological structures, Cambridge University Press, pp. 209-238, 1990b
[15] Saporta G, *Probabilité, analyse de données et statistique*, 3e éd., Technip, 2011.
[16] Grolier, J (1961). "La projection stéréographique et ses applications en géologie," *Rév. De l'ind. min*., vol. 43, pp. 169-194,1961.
[17] Nicolas, A., *Principe de tectonique*, Masson, Paris, 1994.

ANNEXE

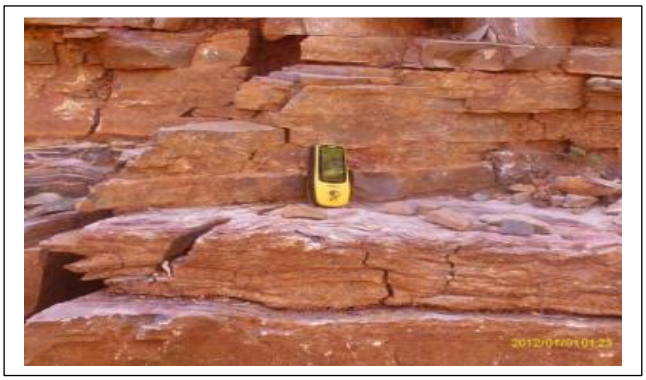


Figure 1. Illustrant les cassures des roches calcaires



Figure 2. Illustrant les bancs calcaires



Figure 3. Masse Conglomératique



Figure 4. Masse d'argile au-dessus du bancs



Figure 5. Illustrant les cassures