



Caractérisation géochimique et analyse structurale des formations carbonatées bushimaïennes affleurant à l'Est du bassin de Mbuji mayi, secteur de Bena Kabongo (Province du Kasai Oriental, République Démocratique du Congo)

Hippolyte Mutombo Mbwebwe^{1*}, Alphonse Tshimanga Kambaji², Patrick Tshibangu Mukendi², Jean Pierre Mbuyi Mukuna¹, Téléphore Mayiba Mayiba¹

⁽¹⁾Université Officielle de Mbuji mayi (UOM). Faculté des Sciences et Technologie. Département de Géologie. BP 2019 (RDC). Email : mutombombwebwe18@gmail.com

⁽²⁾Université de Lubumbashi (UNILU). Faculté des Sciences et Technologie. Département de Géologie. BP 1825 (RDC).

Reçu le 10 décembre 2025, accepté le 16 février 2026, publié en ligne le 28 mars 2026

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v9i1.4>

RESUME

Description du sujet. À l'Est de Mbuji mayi, dans le secteur de Bena Kabongo (Kasai Oriental, RDC), affleurent des formations sédimentaires carbonatées du Bushimaïen Supérieur (BII), associées à des grès mésozoïques (Lo3), des marnes (Lo2-3) et des schistes métamorphiques. Il s'observe aussi des intrusions de dolérite et des alluvions récentes.

Objectif. Cette étude vise à caractériser les formations carbonatées bushimaïennes sur les plans géochimique et structural, afin de comprendre leur comportement tectonique et leur potentiel industriel.

Méthodes. Les observations de terrain ont porté sur la description des affleurements, la mesure des fractures et des plans de stratification. L'analyse structurale a été réalisée avec le logiciel WIN TENSOR pour déterminer les tenseurs de contraintes. Des échantillons de carbonates ont été prélevés et soumis à des analyses géochimiques.

Résultats. Les déformations tectoniques affectent surtout les roches carbonatées, générant microstructures et structures planaires témoignant des phases compressives. Les plans de stratification montrent une orientation NW-SE (N100°–120°E), tandis que les fractures présentent plusieurs directions. L'étude des fractures conjuguées indique une compression majeure liée à la contrainte σ_1 orientée NE-SW. Sur le plan géochimique, les carbonates présentent des teneurs en MgO inférieures à 5 %, compatibles avec une utilisation en cimenterie.

Conclusion. Les formations carbonatées bushimaïennes de Bena Kabongo sont marquées par une tectonique compressive et possèdent une composition favorable à leur valorisation industrielle, notamment dans la production de ciment. Ces résultats constituent une base pour des recherches futures sur la géodynamique et l'exploitation des ressources carbonatées de la région.

Mots-clés : Caractérisation géochimique, analyse structurale, formations carbonatées, Mbuji mayi/RDC

ABSTRACT

Geochemical and structural characterization of Bushimaïan carbonate formations outcropping east of Mbuji mayi in the Bena Kabongo sector (Kasai Oriental Province, Democratic Republic of Congo)

Description of the subject. East of Mbuji mayi, in the Bena Kabongo sector (Kasai Oriental Province, DRC), the outcrops are mainly composed of Bushimaïan carbonate formations (Upper BII), associated with Mesozoic sandstones (Lo3), marls (Lo2-3), and metamorphic schists. Dolerite dykes and recent alluvial deposits are also present.

Objective. This study aims to characterize the Bushimaïan carbonate formations both geochemically and structurally, in order to better understand their tectonic behavior and industrial potential.

Methods. Fieldwork included outcrop description, measurement of fractures and bedding planes. Structural analysis was performed using WIN TENSOR software to determine stress tensors. Carbonate samples were collected and analyzed geochemically to evaluate their composition.

Results. Tectonic deformation mainly affects carbonate rocks, producing microstructures and planar features indicative of compressive phases. Bedding planes show a preferential NW-SE orientation (N100°–120°E), while fractures display multiple directions. Conjugate fracture analysis indicates major compression related to σ_1 stress oriented NE-SW. Geochemically, carbonate formations exhibit MgO contents below 5 %, which makes them suitable for cement production.

Conclusion. The Bushimaian carbonate formations of Bena Kabongo are strongly influenced by compressive tectonics, generating planar structures and oriented fractures. Their geochemical composition confirms an industrial potential, particularly for cement manufacturing. These findings provide a basis for future studies on the geodynamics and exploitation of carbonate resources in the region.

Keywords: Geochemical characterization, Structural analysis, Carbonate formations, Mbuji mayi/DRC.

1. INTRODUCTION

Les matériaux de construction constituent un élément clé dans le développement des infrastructures, notamment pour l'aménagement routier, la construction de ponts, de bâtiments et autres ouvrages d'ingénierie civile. Dans ce cadre, la valorisation des formations carbonatées locales, telles que celles de Bena Kabongo situées à l'est de la ville de Mbuji mayi (province du Kasai Oriental, RDC), représente une opportunité stratégique pour la production de ciment. Ces formations appartiennent au Super Groupe de Bushimay, caractérisé par une séquence sédimentaire affectée par un métamorphisme régional, avec une signature structurale complexe liée à la tectonique du Bushimaïen (Cahen, 1954 ; Raucq, 1970 ; Diabat, 2015 ; Ungu *et al.*, 2020). Malgré leur potentiel, peu d'études ont jusqu'à présent caractérisé géochimiquement et structurellement ces carbonates pour évaluer leur aptitude à la fabrication de ciment conforme aux normes, ce qui constitue un vide scientifique important.

En effet, l'évaluation de la qualité et la conformité des formations carbonatées de Bena Kabongo en tant que matière première pour le ciment est d'une importance capitale, dans un contexte où près de 75 % des constructions locales reposent encore sur des briques adobes peu durables, freinant le développement durable des infrastructures dans la province. Les formations carbonatées, par leur composition minéralogique et leurs caractéristiques structurales, peuvent répondre aux exigences techniques du ciment et que des traitements innovants, tels que la précipitation microbienne de carbonate de calcium (MICP), pourraient améliorer

leurs propriétés mécaniques et leur durabilité (Choi *et al.*, 2020 ; Shivaprakash *et al.*, 2025).

L'étude vise à : (i) caractériser géochimiquement et structurellement les formations carbonatées de Bena Kabongo, (ii) analyser leur conformité aux normes du calcaire destiné à la production de ciment, et (iii) évaluer leur potentiel d'amélioration par des techniques innovantes comme la MICP.

Cette démarche s'appuie sur des travaux récents démontrant l'impact des caractéristiques pétrographiques sur les propriétés mécaniques des agrégats carbonatés (Hussain *et al.*, 2024), ainsi que sur l'influence des processus diagenétiques sur la résistance des sédiments carbonatés (Lebrec *et al.*, 2024). L'intégration de ces connaissances permettra de mieux valoriser les ressources locales dans le cadre de la reconstruction et du développement des infrastructures en RDC.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude

La zone d'étude est localisée dans les formations du super groupe de Bushimay, situé dans la province du Kasai-Oriental, dans la commune de Dibindi, au village de Bena KABONGO se trouve à 7 km à l'Ouest de la ville de Mbuji mayi. Elle est limitée au Nord par le village de Bena KABONGO, au Sud par le village de Tshitenga, à l'Est par le village de Bakwa Nsumpi et à l'Ouest par le pont Mbuji mayi. Les coordonnées géographiques du secteur sont de 23°38' à 23°39' de longitude Est et 6°06' à 7°25' de latitude Sud. L'altitude moyenne varie autour de 870 m (Figure 1).

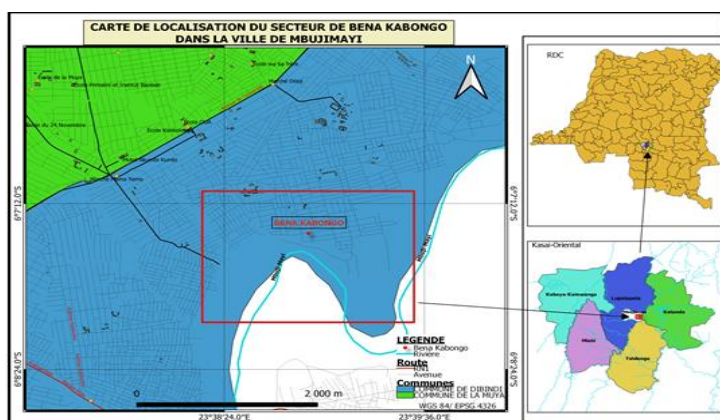


Figure 1. Carte du secteur de Bena KABONGO

2.2. Cadre géologique

Les formations géologiques qui sont reconnues dans ce secteur sont groupées de manière générale en deux ensembles principaux qui sont de haut en bas : (i) Les formations de couverture qui sont constituées des roches tendres ou meubles constituées des couches subhorizontales et datant du crétacé inférieur et du cénozoïque et le soubassement datant du précambrien et constitué des formations sédimentaires plus au moins plissées, des formations métamorphiques et des roches cristallines. (Raucq, 1970), (ii) Le soubassement du Super Groupe de Bushimay qui est constitué des roches carbonatées sédimentaires, subdivisées en trois Séries dont deux seulement sont représentées au Kasai (Raucq, 1975). Les formations rencontrées dans ce secteur sont des roches calcaires et des calcaires dolomitiques ainsi que des grès arkosiques qui sont souvent calcareux feldspathiques ou argileux, rouges ou mauves (Cahen, 1951, 1954 ; Raucq, 1957 ; Lepersonne, 1979 ; Kambi, 1987).

2.3. Matériel

Les travaux ont nécessité l'utilisation de plusieurs instruments et produits destinés aux observations de terrain et aux analyses en laboratoire : (i) Boussole de géologue : pour la mesure des orientations structurales, (ii) GPS : pour le géo-référencement des stations d'étude, (iii) Marteau de géologue : pour le prélèvement et la préparation des échantillons, (iv) Loupe monoculaire et microscopes pétrographiques : pour l'observation macroscopique et microscopique des roches, (v) Acide chlorhydrique dilué à 10 % : pour la détection de la calcite, (vi) Stylo magnétique : pour l'identification des minéraux ferromagnétiques, (vii) Appareil photo numérique (Canon) : pour la documentation photographique des affleurements et échantillons.

Les analyses géochimiques ont été réalisées au laboratoire de la Gécamines à Lubumbashi, par la méthode de spectroscopie d'absorption atomique. Les échantillons soumis à ces analyses ont été sélectionnés pour leur représentativité, en raison de la similitude des faciès pétrographiques observés sur le terrain.

2.4. Méthodes

La géologie étant avant tout une science de terrain, les observations et le prélèvement d'échantillons constituent la base de toute recherche. Pour assurer la bonne exécution de cette étude et atteindre les objectifs fixés, les travaux ont été menés en trois phases complémentaires : préliminaires, terrain et bureau.

Travaux préliminaires

Cette phase a consisté à rassembler les cartes topographiques au 1/200 000 du secteur, utilisées pour établir une carte détaillée de la zone d'étude à l'échelle 1/10 000. Les images satellites issues de Google Earth et Landsat ont permis de définir les itinéraires de prospection. Par ailleurs, une recherche bibliographique a été réalisée sur le socle précambrien de la région et sur la géologie du degré carré de Mbujimayi, auquel appartient le site étudié.

Travaux de terrain

Plusieurs campagnes ont été effectuées dans le secteur de Bena Kabongo, elles ont consisté à : (i) délimiter la zone d'étude à partir de la carte topographique (1/10 000), (ii) identifier et décrire les affleurements et formations géologiques, (iii) relever les coordonnées géographiques des points d'échantillonnage à l'aide du GPS, (iv) mesurer les éléments structuraux (direction, pendage et plongement) à l'aide d'une boussole munie d'un clinomètre, en vue de réaliser des canevas stéréographiques et d'interpréter les données avec les logiciels Win Tensor et Dips, (v) documenter les structures géologiques par photographie.

Travaux de bureau

Les logiciels Win Tensor (Delvaux & Sperner, 2003) et Dips ont été utilisés pour la représentation stéréographique automatique sur les canevas de Schmidt et de Wulf, principalement celui de Schmidt. Les principales tâches réalisées sont : (i) La représentation stéréographique des mesures structurales, permettant de visualiser un grand nombre de tracés, (ii) L'établissement de rosaces de fréquences indiquant les directions préférentielles des plans de discontinuité, (iii) La projection des isodensités de stratification, de schistosité et de fracturation, (iv) L'application des données structurales a suivi une démarche précise : encodage des mesures (azimut/strike et pendage/dip), création des bases de données connexes, puis lancement des calculs pour l'interprétation structurale.

3. RESULTATS

3.1. Etude cartographique

Pour arriver à mieux effectuer cette étude, cinq profils utilisés dont les descriptions et observations de différentes formations ont permis à réaliser la carte géologique de ce site (Figure 2). La géologie de ce site est constituée de haut en bas de formations géologiques suivantes :

- (i) Ho : Les élévations holocènes de basses terrasses et des plaines alluviales ;
- (ii) Lo'3 : Les grès souvent calcaires feldspathiques ou argileux, rouges ou mauves ;

(iii) Lo'23 : Les marnes et argilites schisteuses de teintes diverses, à silex grès ou blonds, alternant avec des grès et des psammites ;
 (iv) BIle : calcaires variés, zonaires, bréchoïdes ou construits, dolomitiques en bas avec une épaisseur de 100 m; le calcaire se présentant en blocs distincts dont le premier est un calcaire ayant de petites strates de deux millimètres environ d'épaisseur et ayant une coloration grise assez foncée, il est compact, moins altéré et contient des aspérités à sa surface (très rugueux au toucher). Le second est équivalent à lui, massif, compact et dolomitique avec une teinte brunâtre et jaune ocre en certains endroits. Entre ces deux blocs, il y a intercalation d'une bande grise qui les sépare. Cette formation

présente par endroit une stratification ayant pour orientation Nord-Est –Sud –Ouest avec un pendage inférieur à 5 degré ;
 (v) BIId : dolomies grises à cherts divers passant à des schistes à la base, avec une épaisseur de 400 m. Cette roche dolomitique très fissurée, massive, contient des veinules de remplissage de la silice et ayant des nodules. Il y a également la présence du quartz faisant office de ciment des débris de la dolomie ; cette roche dolomitique est de teinte brune et avec des tâches grises, néanmoins plusieurs concrétions y ont été observées. Dans l'ensemble, cette formation présente une structure massive.

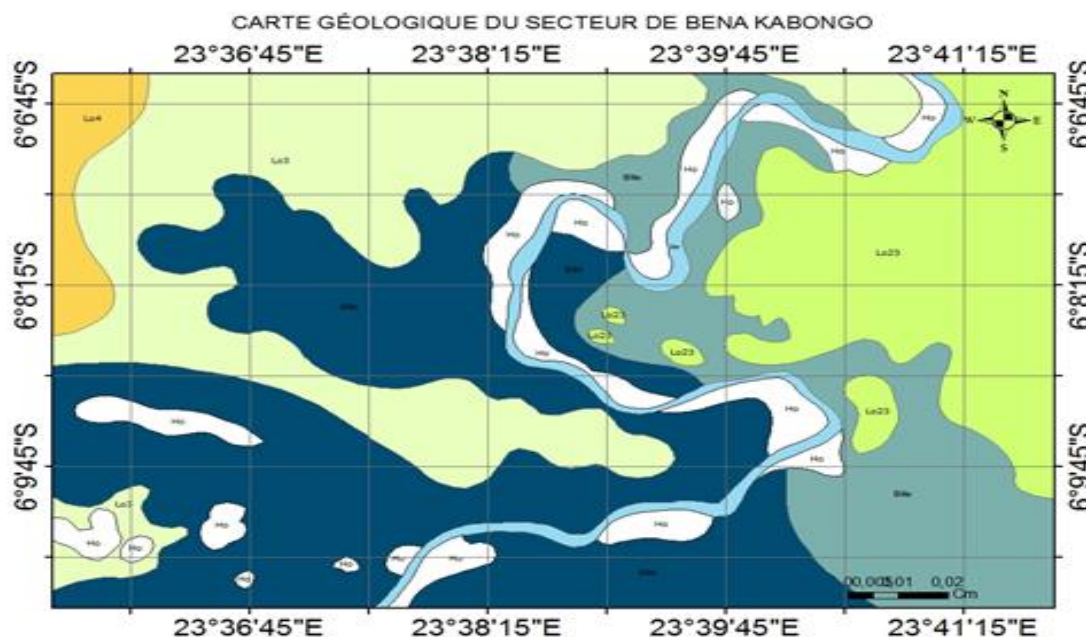
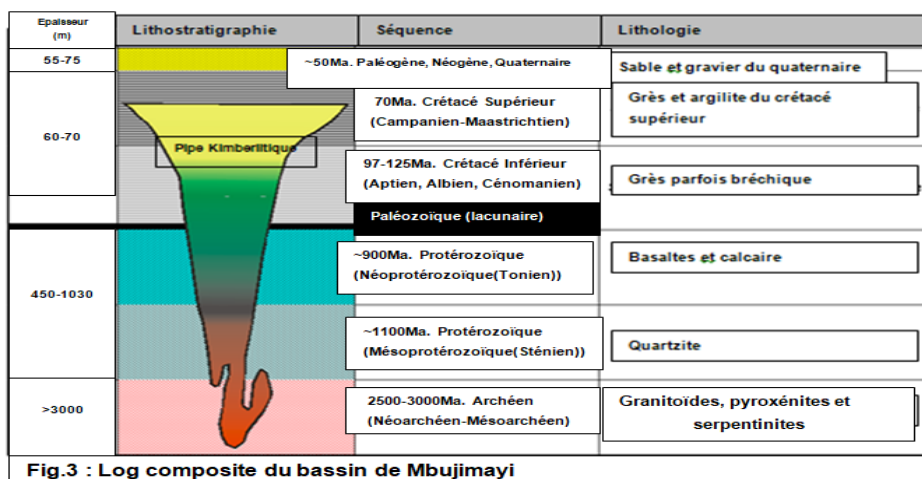


Figure 2. Carte de formations géologiques du secteur sous étude

L'ensemble des caractères stratigraphiques dans le bassin de Mbujimayi permet d'élaborer le log composite suivant (Figure 3) :



3.2. Etude structurale

Données statistiques

Mesures des plans stratification

En effet, 13 mesures des plans de stratification ont fait l'objet de ce traitement (Tableau 1).

Tableau 1. Classification des directions des plans de stratification

Classes	Effectifs	Fréquences
[0-20[	0	0
[20-40[	0	0
[40-60[	0	0
[60-80[	2	15
[80-100[	0	0
[100-120[	0	0
[120-140[	4	31
[140-160[	7	54
[160-180[	0	0
TOTAL	13	100

Ce tableau renseigne sur la classe dominante dans l'ensemble de mesures des plans de stratification prélevées sur ce terrain.

La figure 4 montre que la direction préférentielle est située entre N140-160°E.



Figure 4. Histogramme de fréquence des directions des plans de stratification

Mesures des plans de fractures (éléments planaires)

Environ 624 mesures ont été levées in situ. Les mesures des plans de fractures sont relatives à la direction et au pendage des éléments planaires (Tableau 3).

Tableau 2. Direction de joints

Classes	Effectifs	Fréquences
[0-20[	87	14
[20-40[	157	25
[40-60[	37	6
[60-80[	30	5
[80-100[	77	12
[100-120[	80	13
[120-140[	50	8
[140-160[	44	7
[160-180[	62	10

TOTAL	624	100
-------	-----	-----

Ce tableau présente les différentes classes des directions dominantes pour les joints.

La figure 5 ci-dessus, indique que la direction préférentielle de joints oscille entre N20-40°E.

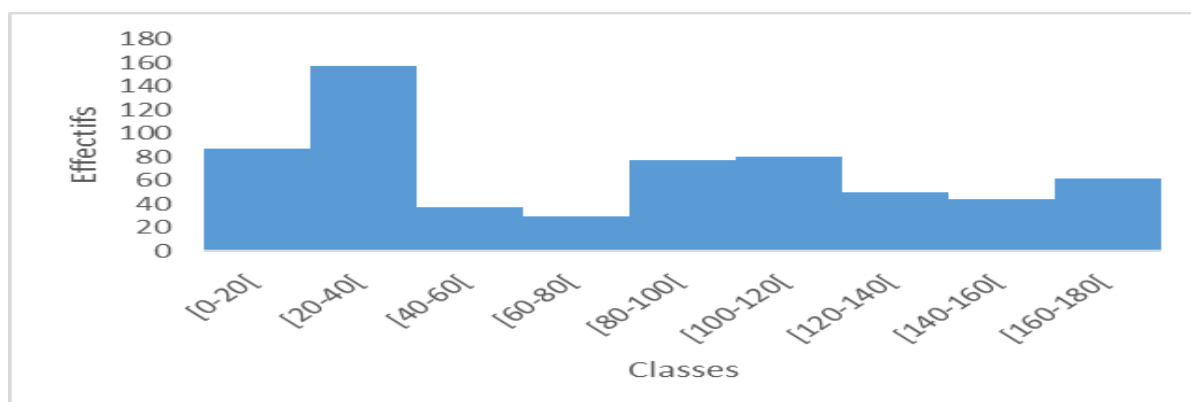


Figure 5. Histogramme de fréquence des mesures de directions

Les mesures des pendages de joints sont présentées au tableau 4.

Tableau 3. Classification mesures des pendages de joints

Classes	Effectifs	Fréquences
[0-10[	10	2
[10-20[	104	17
[20-30[	71	11
[30-40[	27	4
[40-50[	139	22
[50-60[	32	5
[60-70[	96	15
[70-80[	82	13
[80-90[	63	10
TOTAL	624	100

Dans ce tableau, la classe dominante est située dans les intervalles de 40° et 50°.

La figure 6 présente le pendage préférentiel de joints qui oscille entre 40°-50°SE.

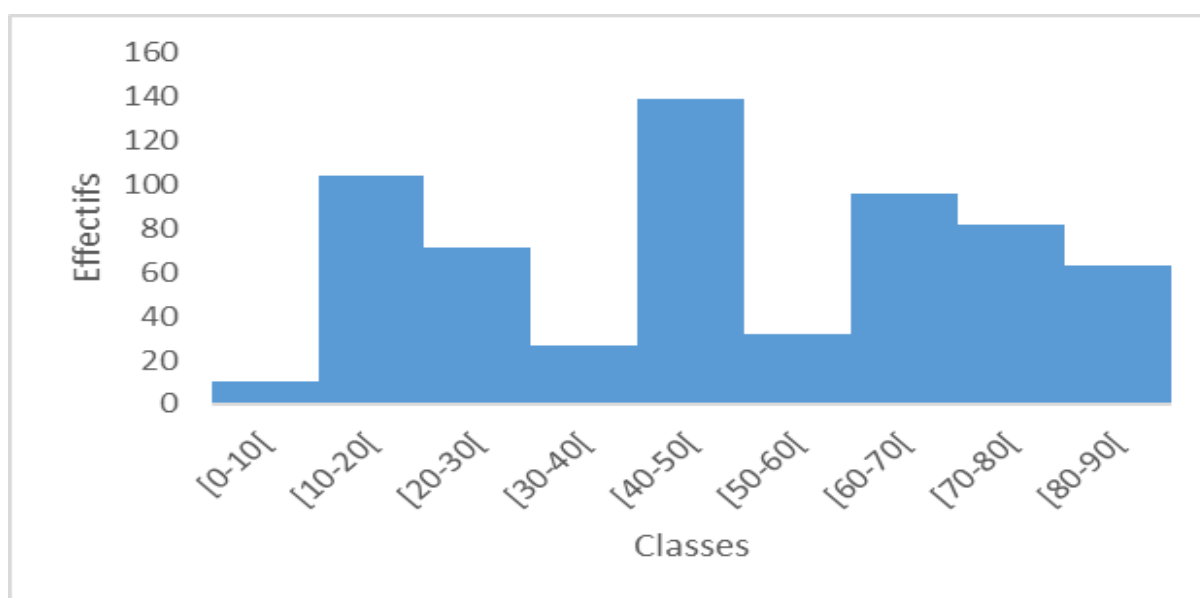


Figure 6. Pendage de joints

Données des stéréogrammes

Rosace de fréquence et stéréogramme de plan stratification

Partant du traitement des mesures prélevées, il a été observé que le plan de stratification a comme direction préférentielle qui oscille entre N140°-160°E et une classe modale préférentielle de pendage qui s'observe sur le stéréogramme d'angle variant de 0° à 10°ESE. Les pôles sont concentrés autour du centre du canevas, ce qui traduit les faibles pendages de ces plans de stratifications (Figure 7).

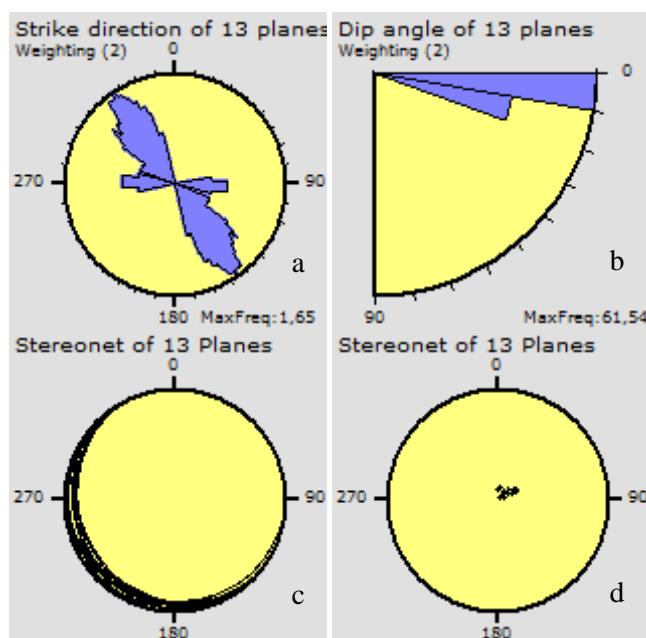


Figure 7. a : la rosace de fréquence représentant la direction préférentielle des plans de stratifications dans le stéréogramme de Lambert SCHIMDT ; b : la rosace montrant l'orientation pendage des plans de stratifications; c : présente l'orientation de cyclogramme et d : diagramme représentant les pôles

Rosace de fréquence et stéréogramme des joints

Les joints sont des cassures de roches sans déplacement relatif des parties séparées. Ces deux types de cassures sèches ont affecté presque toutes les roches du secteur sous étude ; 624 mesures de joints ont été prélevées. Ces fractures de joints présentent une direction préférentielle : N20°-40°E sur la rosace des fréquences. Leurs classes modales présentent une orientation préférentielle de pendage, celle dominante varie entre 0°-10°ESE, tandis que les pôles de plans ne sont pas concentrés autour du centre ce qui traduit la présence d'un fort plan de pendage (Figure 8).

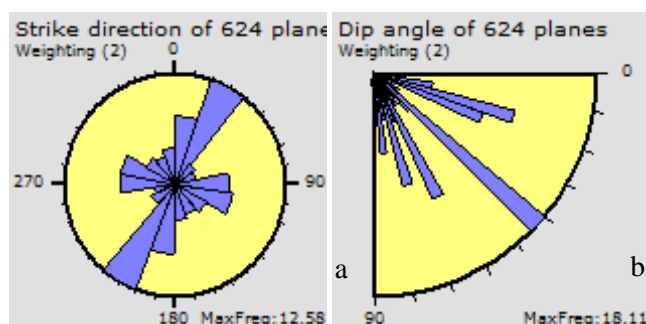


Figure 8. a : la rosace des fréquences représentant l'orientation préférentielle des joints b : la rosace montrant la classe modale préférentielle de pendage des joints

Tenseurs de contrainte

L'étude des contraintes est l'un des points les plus importants de cette étude structurale car elle détaille les différentes forces qui ont été à la base des diverses déformations sur le terrain. Les joints conjugués ont permis de mettre en évidence les contraintes ayant généré les différentes déformations observées, il s'agit de toutes les fractures sans déplacement issues d'une tectonique cassante et qui se recourent les unes les autres. Ce tenseur

montre que les contraintes σ_1 dont la direction varie autour de N69°E, a un plongement de 06°NE, σ_2 dont la direction varie autour de N 164°E, son plongement est de 41°SE et σ_3 ayant la direction vers N153°E, a un plongement de 48°SE. Au regard de la direction préférentielle des surfaces de stratification orientée N140°-160°E, la contrainte principale qui est perpendiculaire et ayant généré ces joints est la contrainte σ_1 (Figure 9).

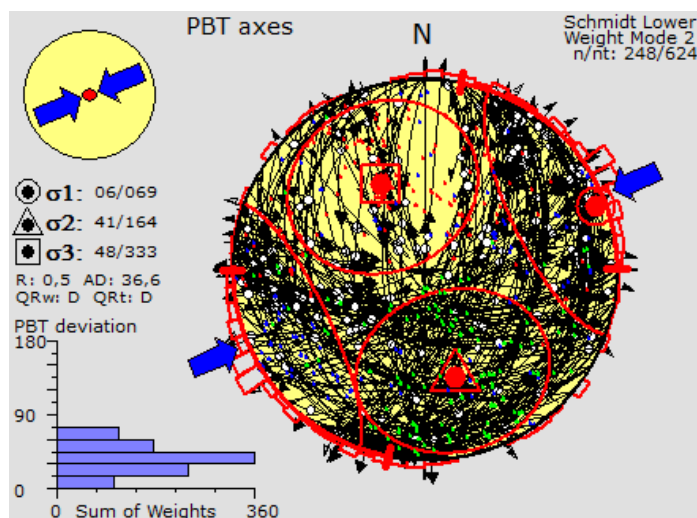


Figure 9. Tenseur de contrainte, il monte la valeur de la contrainte principale.

La figure 10 montre que les classes modales présentent deux orientations préférentielles de cyclogrammes, tandis que les pôles de plans sont concentrés autour du centre, ce qui traduit la présence d'un faible plan de pendage.

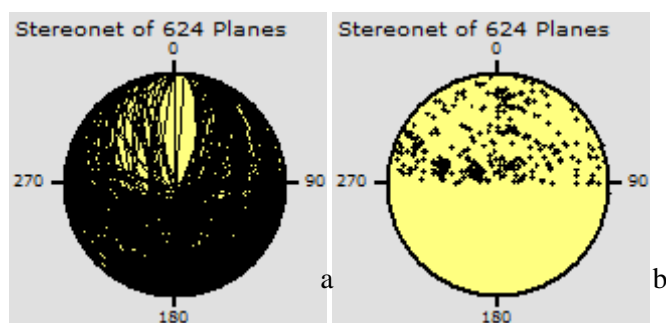


Figure 10. a : montre l'orientation des cyclogrammes ; b : diagramme représentant les pôles des plans des joints

3.3. Etude géochimique

L'étude géochimique met l'accent sur les différentes teneurs des éléments : SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MgO, MnO, CaO, K₂O, Na₂O et FeO à partir des échantillons analysés au laboratoire (Tableau 4).

Tableau 4. Teneurs des différents éléments chimiques

N°	Perte au feu	CaO%	MgO%	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	Na ₂ O%	K ₂ O%	P ₂ O ₅ %	FeO
1	36,89	45,00	1,38	12,5	2,10	1,17	0,15	1,40	0,09	1,90
2	36,36	42,00	4,10	12,00	1,90	1,23	0,24	1,30	0,09	2,30
3	39,27	39,50	4,80	13,00	2,40	1,40	0,27	1,70	0,12	6,30
4	36,95	47,90	1,78	8,50	1,40	0,78	0,27	1,10	0,09	6,90
5	39,16	51,30	1,28	5,00	0,60	0,36	0,05	0,40	0,06	4,00
6	39,16	51,90	1,75	4,00	0,50	0,48	0,15	0,40	0,06	1,90
7	39,41	52,20	1,40	3,50	0,50	0,30	0,04	0,30	0,06	2,10
8	38,74	51,00	17,50	3,50	0,50	0,31	0,12	0,40	0,06	3,20
9	39,14	52,50	14,50	4,50	0,50	0,31	0,09	0,20	0,04	2,00
10	39,23	52,00	18,80	4,00	0,60	0,39	0,13	0,50	0,06	6,40
11	38,71	52,00	13,80	4,50	0,60	0,30	0,11	0,50	0,06	1,01

12	36,89	49,00	18,00	4,50	0,60	0,31	0,09	0,40	0,09	2,40
13	36,09	51,00	1,00	3,50	0,50	0,24	0,05	0,30	0,04	4,10
14	36,08	53,00	0,75	3,00	0,50	0,14	0,05	0,10	0,04	1,50
15	36,08	53,80	1,06	2,75	0,50	0,16	0,05	0,20	0,04	2,49
Teneur moyenne		49,61	6,79	5,92	0,91	0,51	0,12	0,61	0,07	3,23

L'analyse du tableau ci-dessus indique que ces formations carbonatées ne présentent pas un réel potentiel exploitable pour une cimenterie ; du fait que le MgO a une teneur supérieure à 5 % (d'après les normes de Portland), mais avec le procédé de dilution, l'utilisation de telles roches est toujours envisageable et elles devront être mises à profit. Les teneurs en silice, alumine et fer sont assez élevées du fait de la présence de l'argile dans les matériaux analysés vu que ceux-ci ont été échantillonnés au niveau des affleurements.

4. DISCUSSION

Les résultats obtenus confirment que les formations carbonatées du Bushimaien Supérieur (BII) présentent des caractéristiques structurales et géochimiques particulièrement marquées, révélant à la fois leur complexité tectonique et leur potentiel économique.

4.1. Caractéristiques structurales

L'analyse des contraintes réalisée avec WIN TENSOR met en évidence des structures planaires associées à des phases compressives majeures. Les plans de stratification montrent une orientation préférentielle NW-SE (N100°–120°E), tandis que les fractures conjuguées sont orientées NE-SW. Ces observations traduisent une tectonique régionale active, en accord avec les travaux historiques de Raucq (1991) et les études récentes sur le Bassin du Congo. Elles confirment que le Bushimaien est marqué par une signature structurale complexe, où les effets orogéniques ont fortement influencé l'évolution des carbonates.

4.2. Caractéristiques géochimiques

Les analyses géochimiques révèlent des teneurs significatives en CaO, Al₂O₃, SiO₂ et Fe₂O₃, ainsi que des teneurs en MgO inférieures à 5 %, seuil considéré comme favorable pour l'utilisation des carbonates en cimenterie. Ces résultats corroborent les conclusions de Xia *et al.* (2019) et Doetterl *et al.* (2015), qui soulignent l'importance de la composition chimique dans l'évaluation du potentiel industriel des carbonates.

4.3. Processus diagénétiques et métasomatiques

Les variations géochimiques observées sont attribuables à des processus de diagenèse marine précoce, responsables de la modification initiale des carbonates, ainsi qu'à une métasomatose de contact avec des basaltes, qui altère leur composition originale. Ces phénomènes ont été largement documentés par Higgins *et al.* (2017 ;2018) et Stanienda-Pilecki (2025), confirmant que les

interactions fluides-roches jouent un rôle déterminant dans l'évolution des carbonates.

4.4. Interactions fluides-roches et implications industrielles

Les travaux de Seyyedi *et al.* (2020) sur l'injection de CO₂ dans des réservoirs carbonatés montrent que la dissolution et la précipitation minérale influencent directement la porosité et la perméabilité. Ces mécanismes, observés dans le cas de Bena Kabongo, ont des implications majeures pour la gestion durable des ressources naturelles et leur valorisation industrielle, notamment dans le domaine de la production de ciment et de la séquestration géologique du CO₂.

4.5. Potentiel économique et multidisciplinarité

Au-delà de leur intérêt pour l'industrie cimentière, les formations carbonatées du Bushimaien sont également reconnues comme des roches sources potentielles d'hydrocarbures, en raison de leur géochimie reflétant des environnements marins à salinité élevée et des processus complexes de génération d'hydrocarbures (Xia *et al.*, 2019 ; Swart, 2015). Cette double valorisation – industrielle et énergétique, souligne la nécessité d'approches multidisciplinaires intégrant la géologie, la géochimie isotopique, la pétrographie et la modélisation numérique pour optimiser leur exploitation et assurer une gestion durable des ressources.

5. CONCLUSION

Du point de vue structural, les observations de terrain ont permis d'identifier et de relever les éléments planaires définis par les joints. Ces données ont fait l'objet d'une analyse statistique et d'une projection stéréographique sur différents diagrammes. Les résultats montrent que les roches étudiées sont affectées par une déformation cassante liée à une contrainte de compression, caractérisée par les axes principaux $\sigma_1 = N69^\circ E/06^\circ NE$, $\sigma_2 = N164^\circ E/41^\circ SE$ et $\sigma_3 = N153^\circ E/48^\circ SE$. L'orientation préférentielle des surfaces de stratification (N140°–160°E) et

l'analyse des fractures conjuguées confirment que ces structures résultent essentiellement de la contrainte σ_1 , traduisant une tectonique compressive régionale active.

Du point de vue géochimique, les teneurs moyennes en éléments majeurs se présentent ainsi : CaO = 49,61 %, MgO = 6,793 %, SiO₂ = 5,917 %, Al₂O₃ = 0,9133 %, Fe₂O₃ = 0,5071 %, Na₂O = 0,1293 %, K₂O = 0,605 %, P₂O₅ = 0,0667 % et FeO = 3,23 %. Selon les normes de Portland, ce calcaire ne présente pas les qualités supérieures requises pour la fabrication du ciment, en raison de la présence d'impuretés en magnésie et en silice dépassant parfois 3 %. Il peut néanmoins être classé dans la catégorie des calcaires dolomitiques de qualité moyenne.

Toutefois, certains sondages révèlent des faciès de calcaire d'excellente qualité, caractérisés par une teneur en CaO supérieure à 53 %, un MgO inférieur à 1 %, une silice (SiO₂) inférieure à 2,5 %, un Fe₂O₃ limité à moins de 0,3 %, une alumine inférieure à 0,5 % et une perte au feu maximale de 43 %. Ces valeurs confirment l'existence de horizons carbonatés répondant aux normes de la cimenterie, bien que leur extension reste limitée.

En effet, les formations carbonatées du Bushimayien Supérieur BII de Bena Kabongo présentent un double intérêt : (i) Scientifique, en tant que témoins d'une tectonique compressive régionale et de processus diagénétiques complexes ; (ii) Industriel, par leur potentiel d'utilisation dans la production de ciment, sous réserve d'une exploration plus approfondie pour quantifier les volumes exploitables.

Ces résultats constituent une base solide pour des recherches futures intégrant des approches multidisciplinaires (géologie, géochimie isotopique et modélisation numérique) afin d'optimiser la valorisation des ressources carbonatées dans la région de Mbujimayi.

Références

Cahen L., 1951. Données nouvelles concernant la géologie et la géomorphologie du Kasai-Oriental. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 74, 122 p.

Cahen L., 1954. *Géologie du Congo belge*. Vaillant-Carmanne, Liège, 580 p.

Cahen L., 1994. *Géologie du Congo – Belge*. Vaillant-Carmanne, Liège, Belgique, 577 p.

Cahen L., Leden D. & Snelling N.-J., 1974. *Données géochronologiques dans le Katanguien inférieur du Kasai-Oriental et du Shaba du Nord-est (République Démocratique du Congo)*. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique, Département Géologie Minérale, Rapport 1974, 74 p.

Choi S. *et al.*, 2020. Review on geotechnical engineering properties of sands treated by microbially induced

calcium carbonate precipitation (MICP) and biopolymers. *Construction and Building Materials*, 246, 118415. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118415>

Delvaux D., 2010. *Tectonic stress inversion (Win-Tensor user guide) (unpublished)*, 10 p.

Delvaux D. & Sperner B., 2003. The TENSOR program for paleostress reconstruction: examples from the East African and Baikal rift zones. *Terra Nova*, 15(3), 216.

Diabat A., 2015. Structural and stress analysis of the area between Al-Akeider and Mughayer As-Sirhan, Northwestern Badia-Jordan. *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(1), 37–48.

Doetterl S. *et al.*, 2015. Soil carbon storage controlled by interactions between geochemistry and climate. *Nature Geoscience*, 8, 780–783.

Higgins J. *et al.*, 2018. Mineralogy, early marine diagenesis, and the chemistry of shallow-water carbonate sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 220, 512–534.

Hussain J. *et al.*, 2024. *Petrological controls on the engineering properties of carbonate aggregates through a machine learning approach*. Scientific Reports, 14 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83476-3>

Kambi D., 1987. Sur l'érosion à Mbujimayi. *Annales de l'ISP Mbujimayi*, 3, 14–19.

Lebrec U. *et al.*, 2024. *A study of the effects of early diagenesis on the geotechnical properties of carbonate sediments (North West Shelf, Australia)*. Scientific Reports, 14 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67207-2>

Lepersonne J., 1979. *Carte géologique du Congo au 1/200 000 et notice explicative de Mbujimayi*. INB, 32 p.

Raucq P., 1957. Contribution à la connaissance du système de la Bushimay. *Annales du Musée Royal du Congo Belge, Tervuren*, Vol. 18, 427 p.

Raucq P., 1970. Nouvelles acquisitions sur le système de la Bushimay. *Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique*, n° 69, 156 p.

Raucq P., 1975. *Succession des événements géologiques du système de Bushimay*. Géologie du Congo, 214 p.

Raucq P. & Baudet D., 1991. Le super groupe du Bushimay au Kasai. *I.G.C.P. N°273, Newsletter Bulletin*, 1, 77-88.

Seyyedi M. *et al.*, 2020. *Pore structure changes occur during CO₂ injection into carbonate reservoirs*. Scientific Reports, 10 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60247-4>

Shivaprakash S. *et al.*, 2025. Effect of natural carbonates on microbially induced calcite precipitation process. Scientific Reports, 15 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97737-2>

Stanienda-Pilecki K., 2025. *Metasomatism of the carbonate rocks of the contact zone with the basalt*. Scientific Reports, 15 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-99145-y>

Swart P., 2015. *The geochemistry of carbonate diagenesis: The past, present and future*. *Sedimentology*, 62 p. <https://doi.org/10.1111/sed.12205>

Ungu R.D. & Malu Wa Kasanda G., 2020. Étude pétrographique des roches basiques de la partie supérieure du super groupe de Mbuji-Mayi. *International*

Journal of Innovation and Scientific Research, 46(2), 153–164.

Xia L. *et al.*, 2019. A review of carbonates as hydrocarbon source rocks: basic geochemistry and oil–gas generation. *Petroleum Science*, 16, 713–72.