

Analyse qualitative des calcaires de Lukunga (CII) dans le Cataract en vue de la mise en évidence d'une potentielle valorisation industrielle

[Qualitative analysis of the limestones of Lukunga (CII) in the Cataract with a view to identifying potential industrial valorization]

Phily Kangunza Mufuankol¹, Elohim Mav¹, Junior Savu Lutete¹, Mathieu Matondo Mbungu¹, Ruben Loola Loketo¹, Jonathan Musitu¹, Miche Tshunza¹, Jonathan Manduelo¹, Jeancy Kangunza¹, and Eric Kisonga Manunu¹⁻²

¹Université de Kinshasa, Faculté des Sciences et Technologies, Mention Géosciences, Géologie, Post office Box 190, Kinshasa XI, RD Congo

²Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The proposed study aims to qualitatively analyze the limestones of Lukunga, within the Lukala subgroup (Neoproterozoic) in the Mbanza-Ngungu region, to determine their potential for industrial valorization. The petrographic and geochemical characteristics, which determine the quality and are crucial factors for identifying industrial valorization potential, have shown that these limestones from Lukunga, in accordance with existing international standards, possess features suitable for valorization in various industrial sectors, such as the manufacturing of construction materials and lime production. However, they remain unsuitable for cement manufacturing and the chemical industry due to their relatively high silica content.

KEYWORDS: Standards, Cement, Lime, Industry, Economic Interest.

RESUME: L'étude proposée est d'analyser qualitativement les calcaires de Lukunga, dans le sous-groupe de Lukala (Néoprotérozoïque) de la région de Mbanza-Ngungu, afin de déterminer leur potentiel de valorisation industrielle. Les caractéristiques pétrographiques et géochimiques déterminant la qualité qui est un facteur important pour la mise en évidence du potentiel de valorisation industrielle, ont démontrées que ces calcaires de Lukunga, conformément aux normes internationales existantes présentent des caractéristiques susceptibles d'être valorisés dans plusieurs secteurs industriels en occurrence de la fabrication des matériaux de construction, la fabrication de la chaux, cependant ces derniers restent inappropriés pour la fabrication du ciment et pour l'industrie chimique en raison de leur teneur relativement élevée en silice.

MOTS-CLEFS: Normes, Ciment, Chaux, Industrie, intérêts économiques.

1 INTRODUCTION

Durant la période coloniale, de nombreuses campagnes de prospection géologique et minière ont été activement menées dans la province du Kongo-Central par des géologues de renom tels que J. Cornet, J. Lepersonne, et d'autres. Ces explorations ont permis de mettre en évidence plusieurs formations géologiques, des indices minéraux, ainsi que divers gisements et réserves.

A cet effet, les ressources minérales connues sous forme d'indices attendent encore des études approfondies en vue de leur exploitation économique. Plutôt, les ressources minérales dites « documentées et connues », ont déjà fait l'objet d'études technico-économiques approfondies et n'attendent que des capitaux frais pour leur mise en exploitation [1].

Par contre, les formations carbonatées du Sous-groupe de Lukala appartenant au Néoprotérozoïque de la Province du Kongo-Central, affleurant entre Mbanza-Ngungu et Songololo en occurrence de la formation de Lukunga qui offre de vastes possibilités d'utilisation dans divers secteurs industriels n'a pas fait l'objet d'assez d'études détaillées avec des techniques modernes lors de la dernière décennie.

De ce fait le présent travail qui porte sur l'analyse qualitative des calcaires de Lukunga de faisceau de Lukala (Shisto-Calcaire) dans la région de Mbanza-Ngungu, contribuera sur la compréhension de leur pétrographie, leurs caractéristiques géochimiques ainsi que leurs intérêts économiques dans les industries et dans la vie sociale.

La région de Mbanza-Ngungu se situe dans la province du Kongo central, Territoire de Mbanza-Ngungu, ayant pour limites géographiques 5°42'00" de latitude Sud et 15°05'30" et 15°08'00" de longitude Est. (Fig. 1)

Les calcaires étudiés dans le cadre de ce travail, appartiennent au sous-groupe de Lukala dans la formation C4 (Lukunga) de l'unité CII du groupe Cataractes (Ouest-Congolien). (Fig. 1)

Ces carbonates sont du Néoprotérozoïque et appartiennent à la chaîne West-Congo. Le Néoprotérozoïque est l'une des ères les plus importantes de l'histoire de la Terre, car elle a été caractérisée par le développement des premiers supercontinents stables à savoir Rodinia (1,1 à 0,9Ga) ensuite celui de Gondwana issu de la dislocation de Rodinia (550 – 500Ma); avec la formation de larges ceintures orogéniques et des changements climatiques forts importants (glaciations à large échelle); développement des microorganismes facilité par une atmosphère oxydante et apparition des eucaryotes à la fin du Néoprotérozoïque (ALAVAREZ et MAURIN, 1990; MAURIN, 1993; ALVAREZ, 1995; ZHAO et al., 2006; POIDEVIN, 2004; DELPOMDOR, 2013).

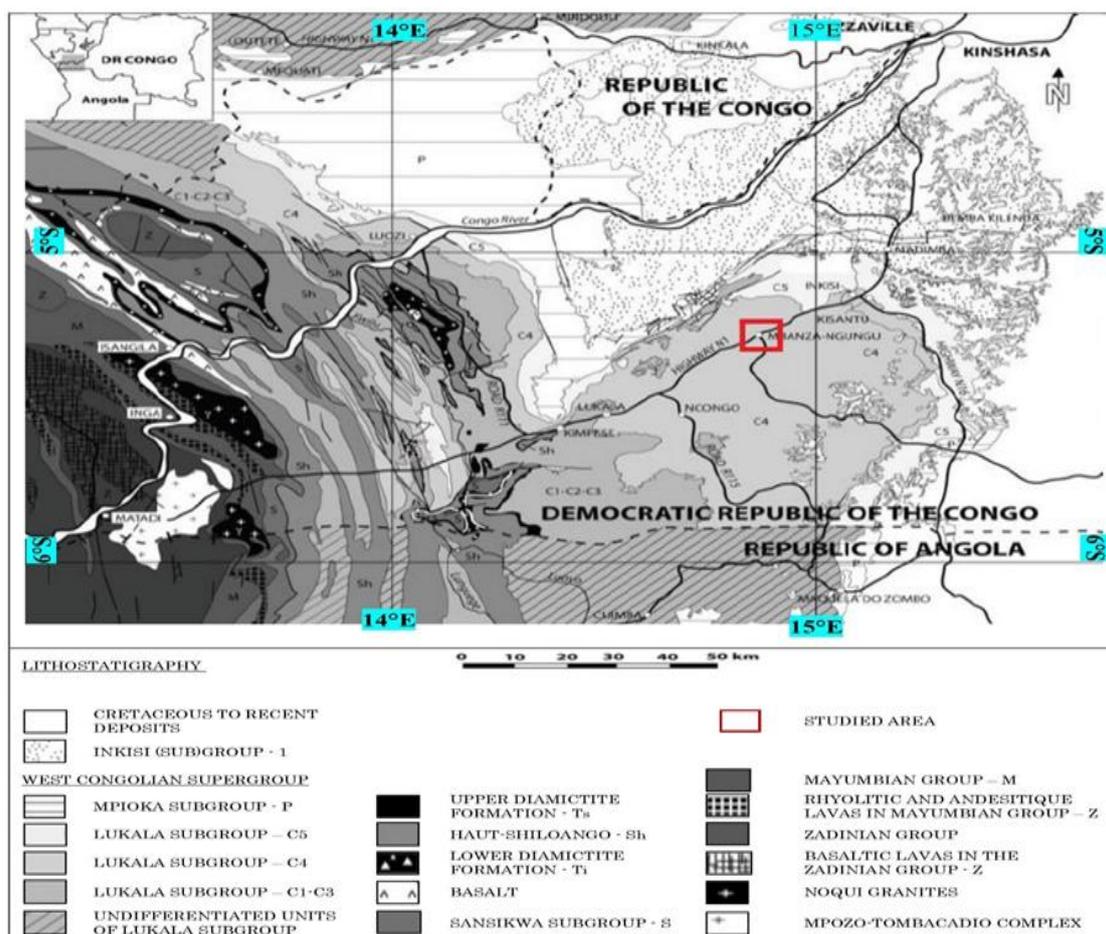


Fig. 1. Distribution géographique du groupe des Cataractes

La notion d'un ensemble ayant été contestée, notamment par le retrait de l'Inkisi du Groupe des Cataractes, les derniers travaux de mise à jour de la géologie du Bas Congo par le groupe de travail du projet "BC" a proposé une nouvelle stratigraphie en remplaçant le terme « Schisto-Calcaire » par un nom plus approprié lié à l'échelle locale. C'est ainsi que le nom de la cité de Lukala, lieu de la cimenterie, au cœur du Sous-groupe a été pris pour désigner ce Sous-groupe (BAUDET et al. 2013).

Le Sous-groupe de Lukala, ancien Schisto-Calcaire (C) a été divisé par DELHAYE et SLUYS (1923), en 4 unités, soit CI à CIV, puis en cinq formations, soit C1 à C5, par LEPERSONNE et al. (1973). (Fig. 2) Les carbonates de la partie basale du Schisto-Calcaire sont de couleur rose, constitués de dolomies avec fines laminations et apports significatifs des clastiques particulièrement dans les lamines de base où s'observe une rythmicité des sédiments, des déformations à petite échelle des sédiments mous et une stratification entrecroisée des carbonates rose et gris tandis que la partie supérieure est constituée d'interstratifications de grès argileux, calcaires oolithiques et argileux, dolomie ainsi que calcaire dolomitique.

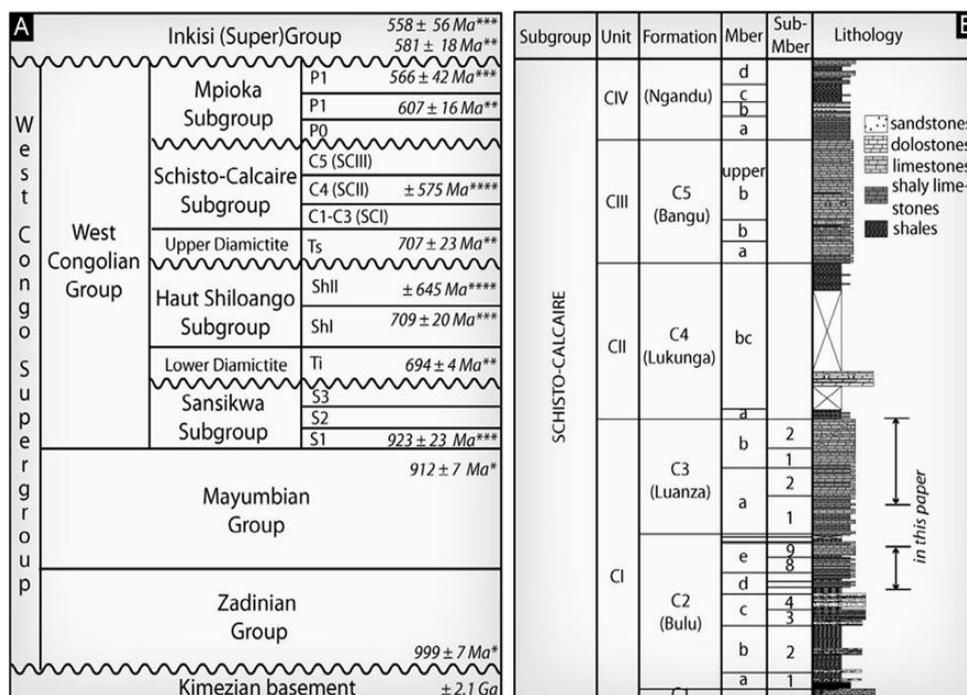


Fig. 2. Lithostratigraphie du Kongo Central (DELPOMDOR et al., 2015)

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Au cours de cette étude les matériels utilisés sont: le marteau de géologue, la boussole, le GPS (Gamin Map 64S), le carnet de terrain, des sacs d'emballage pour échantillons et feutre pour la numérotation des échantillons, l'acide chlorhydrique (HCl) dilué à 10%, les stylos et crayons, un appareil photographique, le décimètre, le microscope pétrographique, spectromètre à fluorescence de marque "SPECTRO XEPOS", les différents logiciels pour différentes tâches en occurrence de ArcGis 10.8, starter, Excel etc.

Afin d'atteindre l'objectif, nous avons procédé premièrement à la collecte et l'analyse de la documentation portant sur la bibliographie des anciens auteurs sur les roches carbonatées de l'Ouest-Congolien en général et celles de la formation de la Lukunga en particulier ainsi que l'analyse des données cartographiques.

Ensuite, on a effectué un levé géologique détaillé sur le terrain permettant de décrire et échantillonner les roches qui affleurent dans la région. Sur les affleurements, nous avons pris des mesures et prélevé les échantillons banc par banc. A l'issu des travaux de levé géologique (Fig. 3), il résulte que notre secteur d'étude comprendrait les principaux lithofaciès ci-après:

Lithofaciès de calcaire gris sombre à lamination constitué des grains fins et d'aspect compacte;

lithofaciès de calcaire rosâtre, constitué des grains fins et présentant un litage planaire qui se traduit par l'alternance des lits de couleurs gris clair, blanchâtre;

lithofaciès de calcaire sombre, constitué des grains fins et présentant un litage frustre et lenticulaire;

Lithofaciès de calcaire massif gris clair, constitué des grains très fins de couleur gris clair;

Lithofaciès de shales finement lités de couleur rouge qui intercalent les calcaires massifs;

Lithofaciès de calcaire gris sombre, constitué de grains très fins présentant un litage frustre;

Les images ci-dessous illustrent quelques affleurements dans la zone d'étude.



Fig. 3. a. Affleurement de calcaire gris sombre b. Affleurement de calcaire lité c. Affleurement de calcaire sombre d. Affleurement de calcaire gris clair

Le levé géologique dans cette zone d'étude a permis la description de 29 stations d'observations et le prélèvement des échantillons de roches dans certaines stations dont 15 ont fait l'objet des lames minces pour une étude microscopique. Les lames minces ont été analysées à l'aide d'un microscope polarisant où les différents microfaciès ont été analysés et classifiés suivant le modèle de FOLK (1959) et celui de DUNHAM (1962). Dix échantillons ont été sélectionnés à partir des faciès homogènes observés au microscope pour les analyses géochimiques au LCA du CRENK pour les oxydes majeurs.

Enfin nous avons procédé à l'interprétation afin de trouver des significations géologiques cohérentes concernant l'ensemble des données éparses obtenues sur le terrain ainsi qu'à celle récoltées des analyses aux laboratoires en vue de définir le potentiel industriel de ces calcaires.

3 RESULTATS

3.1 ANALYSE PETROGRAPHIQUE

Au total 15 lames minces ont été confectionnées sur les roches, dont quelques-unes sont reprises ci-dessous:

Dans les descriptions microscopiques ci-dessous, les Figures A correspondent à la Lumière Polarisée Analysée (LPA) et les Figures B correspondent à la Lumière Polarisée Non Analysée (LPNA).

❖ Echantillon MB02

• Macroscopie

Roche rosâtre constituée des grains très fins et présente un litage frustre et planaire qui se traduit par une alternance des gris clair et des lits rosâtres; l'épaisseur des lits est inférieure à 1mm. Elle réagit avec le HCL dilué à 10%. (Fig. 4)



Fig. 4. Photo de l'échantillon MB02

• Microscopie

Au microscope, la roche MB02 (Fig. 5) présente une matrice micritique englobant des cristaux allongés de sparite. Cette matrice micritique est recoupée par des veines sparitiques parallèles les unes des autres. D'après la classification de Folk (1959) et celle de Dunham (1962), il s'agit d'une dismicrite de type mudstone. Roche: calcaire rosâtre

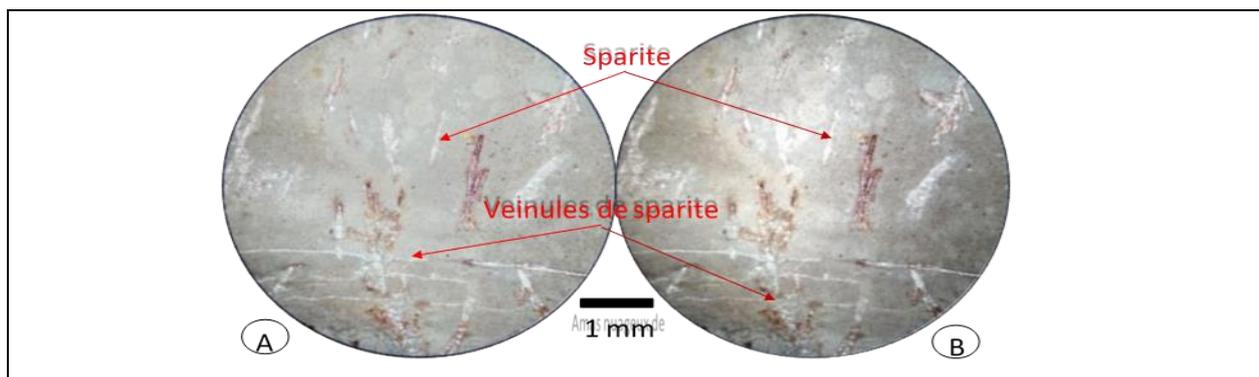


Fig. 5. Lame mince de l'échantillon MB02

❖ Echantillon MB06

• Macroscopie

Roche massive de couleur sombre, constituée des grains très fins de couleur gris sombre. Elle réagit avec le HCL dilué à 10%. (Fig. 6)



Fig. 6. Photo de l'échantillon MB06

- Microscopie

Au microscope, la roche MB06 (Fig. 7) présente deux zones. La première zone est constituée de la micrite renfermant des petits pellets micritiques. La deuxième zone est constituée de la microsparite. D'après la classification de Folk (1959) et celle de Dunham (1962), il s'agit d'un doublet micrite-microsparite. Roche: calcaire sombre

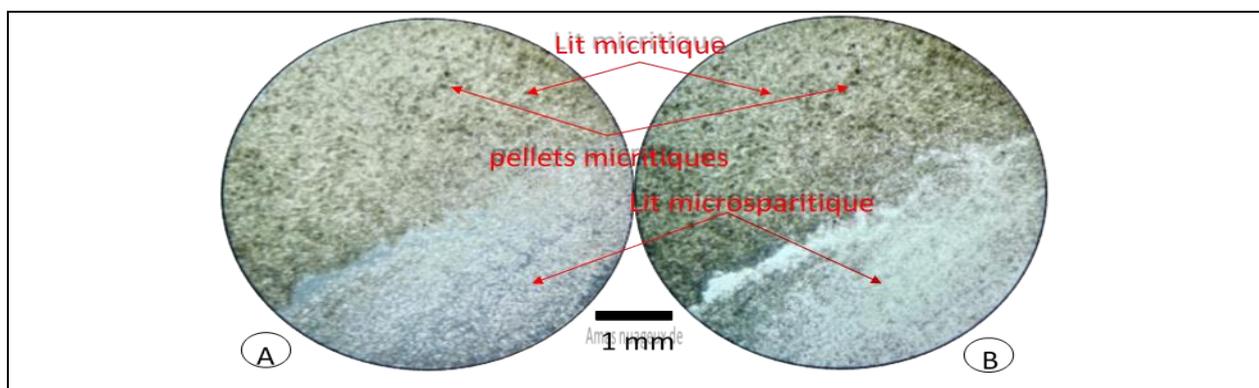


Fig. 7. Lame mince de l'échantillon MB06

- ❖ Echantillon MB08

- Macroscopie

Roche gris sombre à lamination, elle est constituée des grains très fins et présente une lamination stromatolithique traduisant une alternance des lamines gris clair et gris sombre (Fig. 8); l'épaisseur des lamines varie de quelques millimètres. Elle réagit avec le HCL dilué à 10%.



Fig. 8. Photo de l'échantillon échantillon MB01

- Microscopie

Au microscope, la roche MB01 (Fig. 9) est essentiellement constituée par un ciment microsparitique renfermant des petits amas nuageux de matière et quelques amas nuageux et allongés de sparite. D'après la classification de Folk (1959) et celle de Dunham (1962), il s'agit d'une microsparite de type mudstone. Roche: calcaire gris.

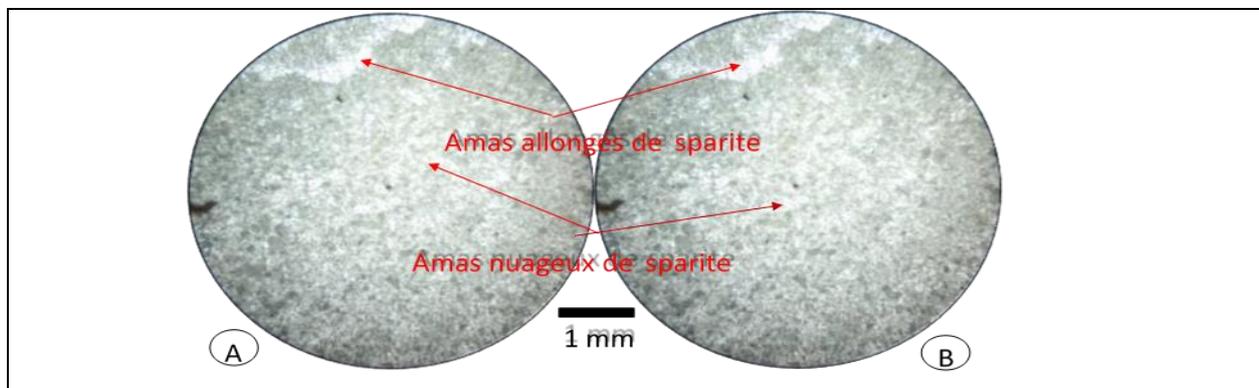


Fig. 9. Lame mince de l'échantillon MB01

- ❖ Echantillon MB08

- Macroscopie

Roche massive gris clair, constituée des grains très fins de couleur gris clair et présentant un remplissage millimétrique par une veine de quartz, un litage frustre et planaire qui se traduit par une alternance des lits de couleur gris clair et brun clair; l'épaisseur des lits gris varie de 4 à 6mm. Elle réagit avec le HCL dilué à 10%. (Fig. 10)



Fig. 10. Photo de l'échantillon MB08

- Microscopie

Au microscope, la roche MB08 (Fig. 11) est essentiellement constituée d'un ciment microsparitique renfermant des amas nuageux subcirculaires de matière organique. Ces derniers sont parfois alignés. D'après la classification de Folk (1959) et celle de Dunham (1962), il s'agit d'un microsparite de types mudstone. Roche: calcaire gris clair

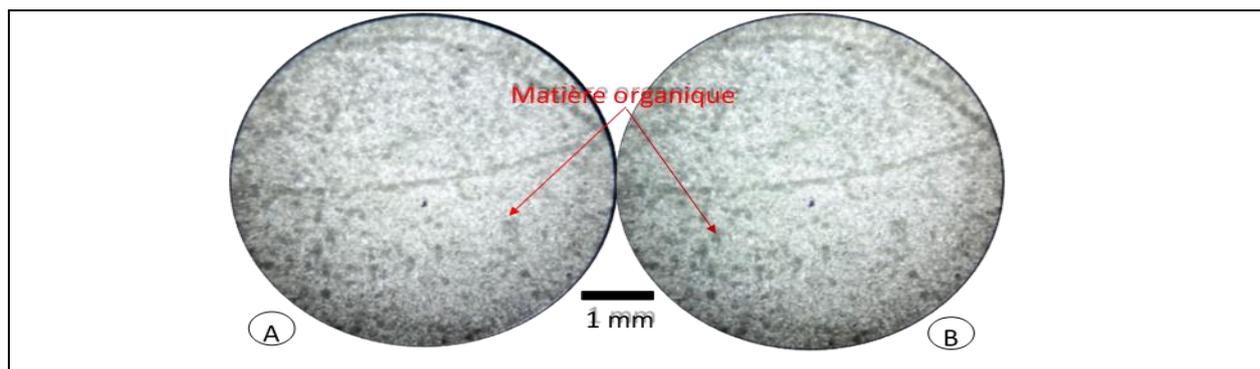


Fig. 11. Lame mince de l'échantillon MB08

Tableau 1. Récapitulatif des toutes les observations microscopiques des lames minces

Echantillons	Textures et liants	Structures sédimentaires et diagenétiques	Constituants biologiques et non biologiques	Lithofacies
MB01	Calcaire de type mudstone Liant : microsparite	-	Pas de reste biologique, présence de quartz	Calcaire gris clair
MB03	Calcaire de type wackstone Liant : matrice et microsparite	-	Pas de reste biologique, calcite	Calcaire sombre
MB02	Calcaire de type mudstone Liant : micrite et sparite (discrimite)	Veine de calcite	Pas de reste biologique	Calcaire rosâtre
MB06	Calcaire de type mudstone Liant : il s'agit d'un doublet micrite-microsparite	-	Pas de reste biologique	Calcaire gris sombre
MB08	Calcaire de type mudstone Liant : microsparite	-	Pas de reste biologique, minéraux argileux et quartz	Calcaire gris clair
MB08'	Calcaire de type mudstone Liant : microsparite	Stylolite	Pas de reste biologique, minéraux détritiques	Calcaire gris clair
MB10	Calcaire de type mudstone Liant : micrite et sparite (discrimite)	-	Présence de veine de calcite	Calcaire rosâtre
MB14	Clastique de l'aspect compact avec litage frustré	-	Abondance des clastes de quartz	Shale rouge
MB16	Calcaire de type mudstone Liant : microsparite	-	Présence de restes biologiques abondants, minéraux détritiques et oxydes de fer	Calcaire gris sombre

MB17	Calcaire de type mudstone Liant : microsparite	-	Pas de reste biologique, abondants minéraux détritiques	Calcaire sombre
MB18	Calcaire de type Wackstone Liant : dismicrite	Veines de calcite	Pas de reste biologique abondant, lithoclaste et oxydes de fer	Calcaire gris clair
MB19	Calcaire de type Mudstone Liant : micrite et microsparite	-	Pas de reste biologique	Calcaire sombre
MB20	Calcaire de type Packstone Liant : micrite et microsparite	-	Pas de reste biologique	Calcaire gris sombre
MB21	Calcaire de type Mudstone Liant : micrite et microsparite	-	Présence de restes biologiques abondants et oxydes de fer	Calcaire gris sombre
MB22	Calcaire de type Mudstone Liant : micrite et microsparite	-	Présence de restes biologiques abondants et des clastes calcitiques	Calcaire gris sombre

3.2 ANALYSE GEOCHIMIQUES

Les résultats géochimiques obtenus à l'aide de la fluorescence X, sont représentés sous forme du Tableau (Tab. 2). Nous avons fait l'analyse de 10 échantillons de divers niveaux géologiques pour avoir une idée globale sur la composition chimique des matériaux.

La distribution dans les éléments (Figures 12 et 13) nous donne la possibilité d'apprendre les relations qui existent entre les éléments.

Tableau 2. Composition chimique (% en oxydes) des différents matériaux

Echantillons	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Na ₂ O	SO ₃	K ₂ O
MB01	55,56	0,9237	0,2241	1,99	0,3463	0,327	0,0253	0,444	0,05211	0,0012
MB09	55,95	0,5	0,222	4,206	0,8404	0,14	0,03	0,14	0,17	0,063
MB013	52,8	1	0,86	3,55	1,3	0,45	0,07	0,22	0,23	0,48
MB06	42,9	0,8175	2,36	11,67	0,13	0,4284	0,0529	0,426	0,02965	0,0294
MB03	43,44	14,88	2,05	8,95	0,114	0,23	0,054	0,26	0,034	0,045
MB02	55,01	0,1	0,9502	9,646	0,5441	0,35	0,076	0,21	0,26	0,3
MB08	47,62	1,3	1,38	9,66	2,05	0,24	0,057	0,25	0,56	0,45
MB019	44,72	0,7	1,56	14,24	0,83	0,37	0,062	0,27	0,048	0,31
MB017	46,38	0,25	1,25	12,38	1,33	0,29	0,19	0,2	0,039	0,06
MB022	53,82	0,9	0,96	8,46	0,35	0,43	0,032	0,25	0,12	0,054

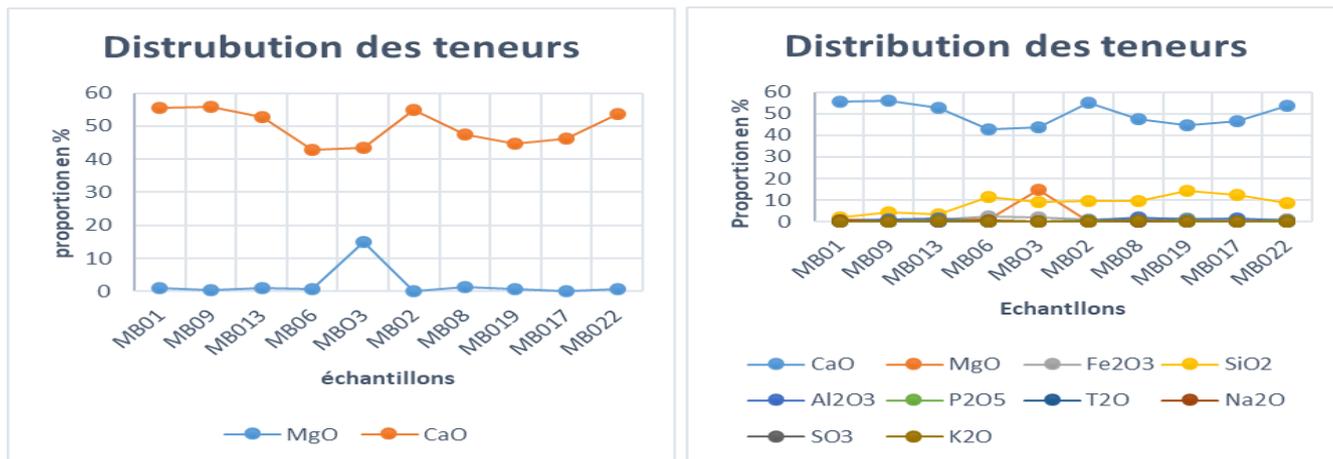


Fig. 12. Distribution des teneurs en oxydes

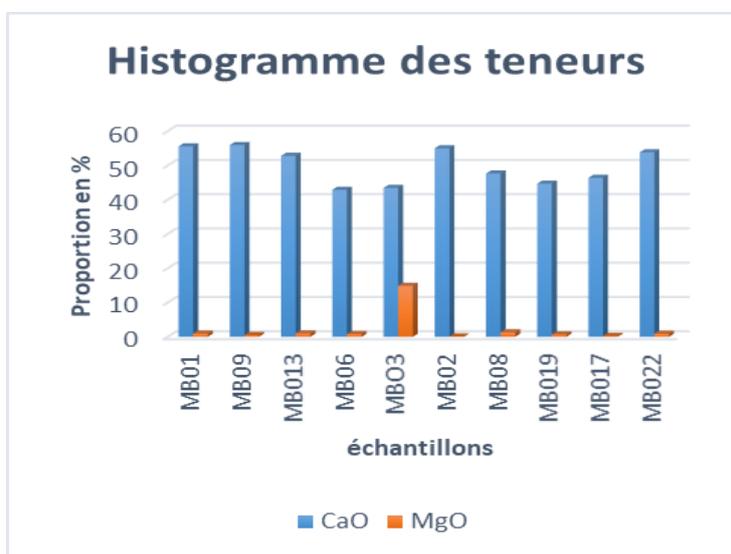


Fig. 13. Distribution des teneurs en CaO et MgO

4 INTERPRETATION ET DISCUSSION

❖ Du point de vue pétrographique

L'étude analytique de terrain et la pétrographie réalisées dans le cadre de ce travail ont permis de mettre en évidence les caractéristiques et propriétés des formations géologiques de la région étudiée. La pétrographie des échantillons a révélé une variété de lithofaciès de calcaires avec des textures diversifiées, notamment de type mudstone, packstone et wackstone, présentant des liants micritiques et spathiques. Ces formations se distinguent par un aspect globalement massif et compact, accompagné de shales apparaissant sous forme de minces couches, de lentilles et d'intercalations.

Dans l'ensemble, la zone d'étude est dominée par les roches sédimentaires de type carbonatés très homogènes et bien stratifié: elles sont gris clair à gris sombre, et contiennent très peu ou pas de lits de shale voir l'esquisse géologique ci-dessous:

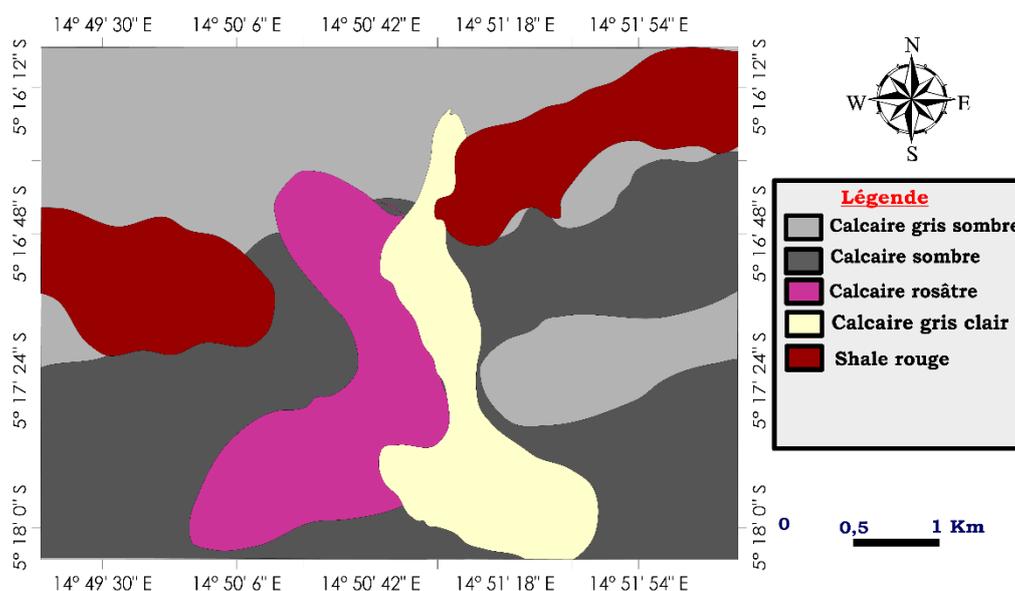


Fig. 14. Esquisse géologique de la cité de Mbanza-Ngungu et ses environs

❖ Du point de vue géochimique

L'histogramme (Fig. 13) et les courbes des distributions (Fig. 12) montrent les variations dans la composition chimique de chaque échantillon analysé.

La distribution des teneurs en CaO et MgO (Fig. 13) montre que plus les teneurs en CaO augmentent plus celles en MgO diminuent. Ce qui vient tout simplement rappeler que les phénomènes de calcification et de dolomitisation évoluent dans le sens inverse et témoignant ainsi que le phénomène de calcification domine sur celui de la dolomitisation dans tous les échantillons.

L'histogramme de Figure 15 montre que les calcaires étudiés ont globalement de bonnes teneurs en CaO (42,9 à 55,9 %). Et il ressort donc que les échantillons MB01, MB09 et M13 du Tableau 2 correspondants respectivement aux lithofaciès de calcaire gris clair sont relativement plus enrichis avec une moyenne de CaO de 54,7 % et MB22, MB17 et MB19 du Tableau 2 correspondant à celui de calcaire sombre sont relativement pauvre avec une moyenne de CaO de 43,17 %.

Il ressort également de ces résultats (Tab. 2) que la proportion de MgO est généralement modérée dans les différents lithofaciès analysés avec une moyenne de 2,13 %, cependant la hausse relative de teneurs (échantillons MB03 et MB08) s'expliquerai par l'abondance en minéraux magnésiens en occurrence de la dolomite et la magnésite.

Les teneurs de SiO₂ variables (1,99 à 14,24 %) caractérisent alors tous les échantillons analysés (Tab. 2), cependant les échantillons MB09, MB06, MB03, MB02, MB08, MB019, MB017 et MB022 présentent des teneurs de SiO₂ relativement élevées, laquelle hausse de teneur s'expliquerai par la présence de nodules de chert ou des amas quartzeux ou encore des veines et veinules des quartz dans les roches indiquant alors une silicification importante dans ces roches.

La teneur en Al₂O₃ reste relativement faible dans la majorité des échantillons analysés, cependant les teneurs relativement fortes observées (échantillons MB013, MB08 et MB017 du Tableau 2) seraient dues à la présence de minéraux argileux dans ces roches.

Les teneurs en FeO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ et SO₃ sont relativement minimales (Tab. 2). La présence de minéraux opaques et les oxydes de fer explique les variations dans les teneurs en Fe dans ces calcaires.

❖ Classification des roches

Dans le cadre de ce travail seul la classification des roches carbonatées en fonction du rapport Ca sur Mg proposée par Graf (1961) est utilisée.

En effet, en faisant un calcul analytique par la méthode de rapport moléculaire (entre Ca, CaO et Mg, MgO) correspondant au titre en place à l'aide d'un classeur Excel, nous avons calculés les titres des ions Ca et Mg partant des résultats des analyses géochimiques (Tab. 3).

Tableau 3. Classification suivant le rapport Ca sur Mg de Graf (1961)

Echantillons	CaO	MgO	Ca	Mg	Rapports Ca sur Mg	Groupes
MB01	55,56	0,9237	39,4476	0,55422	71,176789	Calcaire
MB09	55,95	0,5	39,7245	0,3	132,415	Calcaire
MB013	52,8	1	37,488	0,6	62,48	Calcaire
MB06	42,9	0,8175	30,459	0,4905	62,09785933	Calcaire
MB03	43,44	14,88	30,8424	8,928	3,454569892	Calcaire fortement dolomitique
MB02	55,01	0,1	39,0571	0,06	650,9516667	Calcaire
MB08	47,62	1,3	33,8102	0,78	43,34641026	Calcaire
MB019	44,72	0,7	31,7512	0,42	75,59809524	Calcaire
MB017	46,38	0,25	32,9298	0,15	219,532	Calcaire
MB022	53,82	0,9	38,2122	0,54	70,76333333	Calcaire

Il ressort des résultats de ce Tableau que d'après la classification suivant le rapport Ca sur Mg de Graf (1961), toutes les roches analysées sont des calcaires excepté l'échantillon MB03 qui est un calcaire fortement dolomitique.

❖ Mise en évidence du potentielle de valorisation industrielle de ces calcaires de LUKUNGA

La qualité de calcaire qui est tributaire aux caractéristiques chimiques et physiques, la pureté, la texture et la composition minéralogique de ce dernier et cependant un facteur déterminant pour son potentiel de valorisation industrielle.

En effet, conformément aux certaines normes utilisées dans divers domaines industriels, il ressort du potentiel de valorisation industrielle de calcaires de Lukunga relativement à sa qualité analysée ce qui suit:

Les observations macroscopiques et microscopiques ont donc révélé que ces roches carbonatées sont essentiellement des calcaires homogènes et compactes, composés en prédominance par la calcite et la dolomite. Une deuxième phase minéralogique comprend le quartz, les oxydes de fer et les minéraux opaques.

Cette analyse dénote l'intérêt que revêtent ces matériaux rocheux comme matériaux de construction faisant référence aux normes européennes EN 12620 et Américain Society for Testing and Matériels C33.

La teneur élevée de la silice dans la majorité des faciès de ces calcaires soit supérieure à 5 % en moyenne compromet alors la qualité de ces calcaires du point de vue valorisation dans la fabrication du ciment ordinaire considérant les effets négatifs pouvant en résulter tels que la réactivité excessive, la formation de phases indésirables ou gonflement du clinker.

Il s'avère donc utile de relever cependant que cette hausse de teneur de silice dans ces calcaires peut constituer un facteur positif dans l'industrie cimentière pour certains types de ciment se référant aux normes de l'Américain Society for Testing and Matériels.

Avec une teneur élevée en CaO, moins d'impureté et une texture uniforme et fine, ces calcaires conformément aux normes EN 459 et Américain Society for Testing and Matériels C206 présentent un grand intérêt dans la fabrication industrielle de la chaux.

L'industrie chimique exigeant un calcaire plus pur avec moins de silice en référence aux normes ASTM C25 et ASTM C1109, les calcaires de Lukunga analysés s'avèrent être inappropriés relativement à leurs qualités qui montrent une teneur en silice importante dans la majorité d'échantillons.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de déterminer les caractéristiques pétrographique et géochimiques des calcaires de Lukunga ainsi que leurs intérêts économiques dans les industries et dans la vie sociale.

Sur le plan pétrographique, il est révélé que la zone étude est composée d'une variété de lithofaciès de calcaires avec des textures diversifiées, notamment de type mudstone, packstone et wackstone, présentant des liants micritiques et spathiques. Ces formations se distinguent par un aspect globalement massif et compact, accompagné de shales apparaissant sous forme de minces couches, de lentilles et d'intercalations.

Sur le plan géochimique, l'histogramme et les courbes des distributions qui montrent les variations dans la composition chimique de chaque échantillon analysé ont révélés que ces calcaires de Lukunga ont globalement de bonnes teneurs en CaO (42,9 à 55,9 %), des teneurs relativement modérées en MgO, des teneurs de SiO₂ variables (1,99 à 14,24 %), des teneurs relativement faibles en Al₂O₃ et des teneurs très minimes pour le reste des éléments.

La classification des roches carbonatées en fonction du rapport Ca sur Mg proposée par Graf (1961) a montré que toutes les roches analysées sont des calcaires excepté l'échantillon MB03 qui est un calcaire fortement dolomitique.

Les caractéristiques pétrographiques et géochimiques déterminant la qualité qui est un facteur important pour la mise en évidence du potentiel de valorisation industrielle, ont démontrées que ces calcaires de Lukunga, conformément aux normes internationales existantes présentent des caractéristiques susceptibles d'être valorisés dans plusieurs secteurs industriels en occurrence de la fabrication des matériaux de construction, la fabrication de la chaux, cependant ces derniers restent inappropriés pour la fabrication du ciment et pour l'industrie chimique en raison de leur teneur relativement élevée en silice.

REFERENCES

- [1] ALVAREZ P. et MAURIN J.-C., Evolution sédimentaire et tectonique du bassin protérozoïque supérieur de Comba (Congo): stratigraphie séquentielle du Supergroupe Ouest-Congolien et modèle d'amortissement sur décrochements dans le contexte de la tectogénèse panafricaine, *Precambrian Res.*, 50, pp. 137-171, 1991.
- [2] American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM C1109: Standard Guide for Quality Assurance of Lime and Limestone Products. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2010.
- [3] American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM C206: Standard Specification for Finishing Hydrated Lime. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2013.
- [4] American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM C25: Standard Test Methods for Chemical Analysis of Limestone, Quicklime, and Hydrated Lime. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2019.
- [5] American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM C33: Standard Specification for Concrete Aggregates. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2003.
- [6] BAUDET, D. FERNANDEZ-ALONSO M., KANT KABALU F., TACK L., THEUNISSEN K., DEWAELE S., EEKELERS K., KADJA G., MUJINGA E., NSEKA P., PHAMBU J., KITAMBALA N., KONGOTA E., MATUNGILA J., MUANZA P., TSHIBWABWA A.M., 2013. Notice explicative de la carte géologique de la Province du Bas-Congo et Carte géologique à l'échelle du 1/500.000, version 1.0, MRAC–CRGM, 50p.
- [7] DELHAYE F. ET SLUYS M., 1923. Esquisse géologique du Congo occidentale. Etude du système Schistocalcaire; missions géologiques de 1914 et 1918-19. Bruxelles-Uccle. Etabl. Cartograph.E. Patesson, 1923-1924.
- [8] DELPOMDOR F. et PRÉAT A., Early and late Neoproterozoic C, O and Sr isotope chemostratigraphy in the carbonates of West Congo and Mbuji Mayi supergroups: A preserved marine signature ? *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 389, pp. 35-47, 2013.
- [9] DELPOMDOR F., TACK L., CAILTEUX J., PREAT A., The C2 and C3 formations of the Schisto-Calcaire Subgroup (West Congo Supergroup) in the Democratic Republic of the Congo: An example of post-Marinoan Sea-level fluctuation as a result of extensional tectonisms, *Journal of African Earth Sciences* 110, pp. 14-33, 2015.
- [10] DUNHAM., Classification of carbon at rocks éd. Men. Amer. ass. Petrol. 1, pp. 108-121, 1962.
- [11] European Committee for Standardization (CEN). EN 12620: Aggregates for concrete. Brussels: European Committee for Standardization, 2002.
- [12] European Committee for Standardization (CEN). EN 459: Building lime – Definitions, specifications, and conformity criteria. Brussels: European Committee for Standardization, 2010.
- [13] FOLK., Practical classification of limestone. *AAPG Bull*, 43, pp. 1-38, 1959.

- [14] GRAF, D.L., Chemical and mineralogical relationships in carbonates of the calcite and aragonite groups, *Journal of Geology*, 69 (1), pp. 45–74, 1961.
- [15] LEPERSONNE J., 1973. Carte géologique à l'échelle 1/200.000, Notice explicative de la feuille Ngungu (degré carré S6/14 = SB 33.9), République Démocratique du Congo, Département des Mines, Direction du Service Géologique.
- [16] MAURIN J.-C., La chaîne panafricaine ouest-congolienne: corrélation avec le domaine Est-Brésilien et hypothèse géodynamique, *Bulletin de la société Géologique de France* 764, pp. 51-60, 1993.
- [17] POIDEVIN J.-L., 2004. Chimiostratigraphie des unités carbonatées de la bordure nord du craton du Congo. Résultats Préliminaires. 20ème Coll. Géol. Afr, Orléans-France.
- [18] ZHAO G., SUN M., WILDE S.A., LI S. and ZGANG J., Some key issues in reconstructions of Proterozoic supercontinents. *Journal of Asian Earth Sciences* 28, pp. 3-19, 2006.