



Etudes pétrographique et minéralogique comparatives des roches phosphatées des gisements de Kanzi et de Mvuangu au Kongo Central, RD Congo

[Comparative petrographic and mineralogical studies of phosphate rocks from the Kanzi and Mvuangu deposits in Central Kongo, DR Congo]

Ndumba Don Raymond^{1,*}, Ngumba Ngumba Victoire¹, Ngimbi Ngimbi Jacques², Musianga Siyum Steeve¹, Mboyo Bokele Julien¹, Lakubu Esas Patrick¹, Ndumba Dadou Labem¹ & Nguya Mata Job¹

¹Centre National de Télédétection, Ministère de la Recherche Scientifique et Innovation Technologique, Kinshasa, République démocratique du Congo

²Groupe de recherche Géo-Hydro-Energie, Mention Géosciences, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, Kinshasa, République démocratique du Congo

Résumé

Le but du présent travail est de faire une étude comparative sur la géologie, la pétrographie, la minéralogie et la cartographie numérique des roches phosphatées de gisements de Kanzi et de Mvuangu. Le microscope pétrographique à lumière polarisée et le logiciel QGIS version 3.6 ont été utilisés. Les résultats obtenus sur base des données de terrain et les analyses de laboratoire indiquent que sur le plan pétrographique, la roche de Kanzi a une structure microgrenue (calcédoine) et grenue alors que celle de Mvuangu est essentiellement constituée par des grains et galets de quartz. Du point de vue minéralogique, ces roches sont constituées principalement de la collophanite mais aussi de l'hématite, de la Kaonite et de l'illite. La mise valeur de ces roches phosphatées à travers la création d'une industrie locale pour la production des engrais phosphatés au regard de l'importance de ces gisements permettrait de booster le développement de l'agriculture en République démocratique du Congo et dans la sous-région tout en contribuant à la création d'emplois, sachant bien que l'exploitation minière est l'une des principales sources d'emplois formel en Afrique.

Mots clés: Roches phosphatées, pétrographie, minéralogie, engrais, République démocratique du Congo

Abstract

The aim of the present work is to make a comparative study on the geology, petrography, mineralogy and digital mapping of phosphate rocks from the Kanzi and Mvuangu deposits. The polarised light petrographic microscope and QGIS version 3.6 software were used. The results obtained from the field data and laboratory analyses indicate that petrographically, the Kanzi rock has a micrograined (chalcedony) and grained structure, whereas the Mvuangu rock is essentially composed of quartz grains and pebbles. Mineralogically, these rocks consist mainly of collophanite but also hematite, kaonite and illite. The development of these phosphate rocks through the creation of a local industry for the production of phosphate fertilisers, given the importance of these deposits, would boost the development of agriculture in the Democratic Republic of Congo and the sub-region, while contributing to job creation, given that mining is one of the main sources of formal employment in Africa.

Keywords: Phosphate rocks, petrography, mineralogy, fertilizer, Democratic Republic of the Congo

*Auteur correspondant: Ndumba Don Raymond, (murraymond02@gmail.com). Tél. : (+243) 816 804 016

Reçu le 20/12/2022; Révisé le 25/02/2023 ; Accepté le 05/03/2023

<https://doi.org/10.59228/rcst.023.v2.i1.25>

Copyright: ©2023 Ndumba et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

1. Introduction

L'histoire des bassins Ouest africains remonte au début du Crétacé lorsque se format un rift qui fut à la base du continent africain et du continent américain (Beauregard, 2010). L'architecture du bassin côtier de la République Démocratique du Congo est apparentée à celle des pays voisins comme l'Angola (le Nord de l'Angola et l'enclave de Cabinda) et le Congo. Deux orogènes majeures affectent les formations du soubassement du Kongo Central : l'orogène Tadilienne qui affecte le Kimezien (2 088 Ma) et l'orogène West-Congo (1 000 à 620 Ma) (Herthart, 1937).

Le bassin côtier du Kongo Central a comme soubassement le Mayumbien. Il est plissé et fortement métamorphisé. Le socle Mayumbien comprend les quartzites, gneiss et les schistes micacés. Ces formations ont été affectées par une tectonique intense accompagnée de charriage et assorti d'une néo-minéralisation. Les terrains de couverture sont habituellement visibles tout au long de la marge passive Ouest-africaine constituant le bassin côtier congolais. Le développement stratigraphique de tous les bassins de la côte Ouest africaine est caractérisé par deux ensembles majeurs séparés par d'importants dépôts de « sel » d'âge aptien correspondant à un vaste bassin fermé qui s'étend sur près de 2 000 km du Sud de l'Angola vers le Nord du Cameroun (Barry, 1981).

La dégradation des sols et particulièrement la baisse de la fertilité chimique est connue de tous les spécialistes comme étant à la base de la chute de productivité agricole en Afrique tropicale. De plus, l'acidité du sol et ses effets habituels d'accompagnement contraignent sévèrement la production agricole en région tropicale humide, à cause notamment de la toxicité aluminique et manganique, de la déficience en nutriments et de leur action nuisible sur la croissance des plantes (Kasongo et al., 2009).

Par ailleurs, les phosphates contribuent à augmenter la fertilité de sols qui ont une faible fertilité chimique. Les phosphates appliqués aux sols tropicaux acides, dont fait partie la République Démocratique du Congo, améliorent sensiblement les propriétés physico-chimiques et augmentent significativement la productivité des sols (Kasongo et al., 2012).

Ce travail vise à faire une étude comparative géologique, pétrographique, minéralogique et cartographique des roches phosphatées des gisements de Kanzi et de Mvuangu situées dans le bassin côtier et de les classer vis-à-vis de normes internationales.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Matériel

Sur terrain et au laboratoire, nous avons utilisé :

- Un GPS (Garmin 60) ;
- Une boussole de géologue avec clinomètre ;
- Un marteau de géologue ;
- Des marqueurs indélébiles ;
- Une barre des mines ;
- Un appareil photo et des téléphones/Android portables ;
- Un microscope ;
- Un modem, un ordinateur portable et le logiciel QGIS (version 3.6).

2.2. Méthodes

Les travaux de terrain ont consisté au prélèvement des échantillons qui ont servi aux études macroscopiques et microscopiques à l'aide du microscope pétrographique à lumière polarisée de marque Climarks au Centre de Recherche Géologique et Minière (au grossissement 10). Un ordinateur portable avec une très bonne connexion internet a permis d'élaborer les différentes cartes grâce au logiciel QGIS version 3.6.

3. Résultats

3.1. Contexte géologique du bassin côtier

Le bassin côtier (figure 1) est situé dans la province du Kongo Central entre 11°15' et 12°40' de Longitude Est et 05°00' et 06°05' de Latitude Sud. Sa superficie est de 5 992 km² dont 1 012 km² en offshore et 4 980 km² en Onshore avec une côte large de 42 km. Il est limité :

- au Nord par la République du Congo et la République d'Angola ;
- au Sud par le fleuve Congo ;
- à l'Est par le socle cristallin ;
- à l'Ouest par l'océan Atlantique.

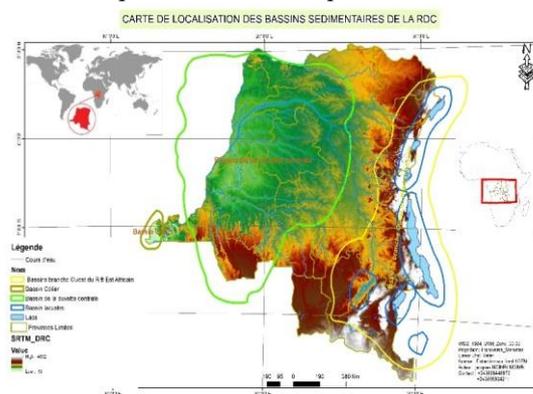


Figure 1. Localisation des différents bassins sédimentaires de la RDC (Source : Ngimbi & Ndumba, 2023)

3.2. Genèse et mode de mise en place

Les principaux gisements sont ceux du crétacé marin. Il s'agit des phosphates localisés le long d'une bande de terrains de 100 km sur 50 km, orientée NW-SE depuis l'enclave de Cabinda, à l'Ouest de Tshela, jusqu'au fleuve Congo aux environs de Boma (Mupepele et al., 2004).

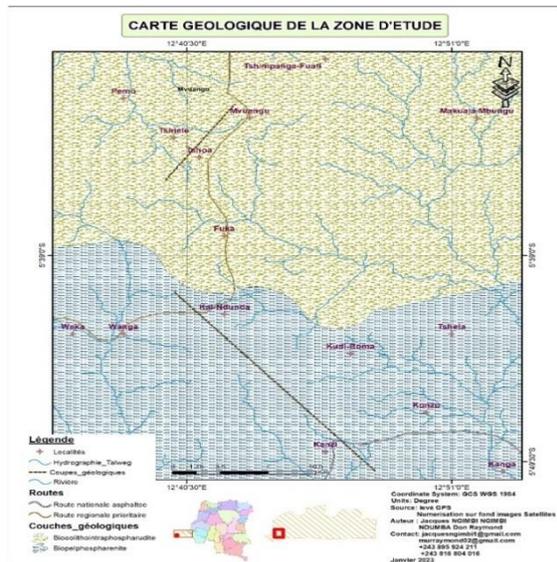


Figure 2. Carte géologique la zone d'étude
Source : Ngimbi & Ndumba, 2023

Deux coupes géologiques ont été effectuées dont l'une de direction nord Est-Sud-Ouest et l'autre de direction Nord-Ouest-Sud Est. De ces coupes, les formations géologiques ci-après ont été relevées : biolithointraphospharudite et biopelphospharenite.

3.3. Description macroscopique

3.3.1. Roche phosphatée de Kanzi

Les affleurements des roches phosphatées de Kanzi (S 05°33'01'' ; E 014°25'41.1'') visibles se trouvent à 200m derrière l'école Primaire Tuzizana près de la rivière M'fuma, sur le flanc oriental (figure 3). Elles se présentent sous forme de massif (cône), lentilles et couches irrégulières. Elles présentent une même structure cristalline (grain très fin) et compacte. On note aussi des variations des couleurs (blanchâtre en dessous du flanc et jaune-blanchâtre au-dessus du flanc).

Pour la couverture totale on y constate l'absence effective d'affleurement et d'autres types des roches aux environs (figure 4). Il n'y a donc pas moyen d'établir plusieurs coupes sur un terrain présentant une même formation et où l'on observe aucune variation de la structure des grains.

Il n'y a pas non plus moyen de prendre les mesures structurales puisque les couches sont non orientées, elles sont discontinues (dépôts ponctuels

qui se sont effectués dans tous les sens) et manque de plan préférentiels. On y note aussi la présence des traces des matières organiques et d'une friabilité mais également des grains de quartz de forme subanguleuse au subarrondie de taille moyenne et la présence des pores.

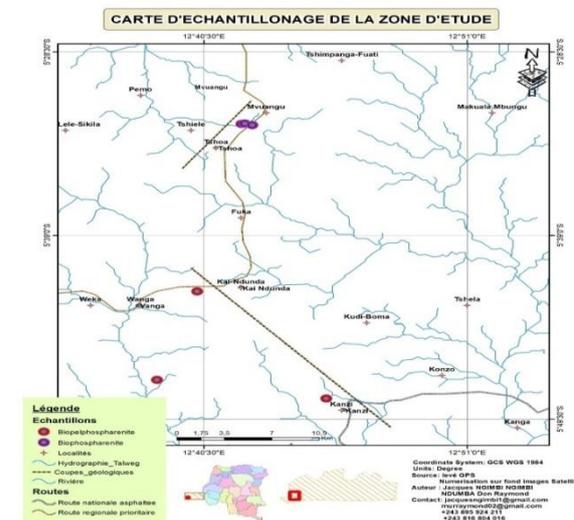


Figure 3. Carte d'échantillonnage de la zone d'étude
Source : Ngimbi et Ndumba., 2023



Figure 4. Phosphate de Kanzi vu sur terrain
Source : Descente sur terrain (juillet, 2021)

3.3.2. Roche phosphatée de Mvuangu

Les affleurements de roches rencontrées dans la localité de Mvuangu (S 05°32'37.3'' ; E 012°42'0.8'') se trouvent derrière l'école primaire catholique Saint-Joseph de Mvuangu à 100 m et près de la rivière N'buindi sur le flanc droit.

Sur l'échantillon de roche prélevé (figure 5) près de la rivière N'buindi sur le flanc droit, on observe :

- la présence d'une faible porosité ;
- une coloration jaunâtre et/ou blanchâtre ;
- dure et compacte plus que celle de Kanzi ;
- présence des granules et galets de quartz prédominant et un peu de calcite à certains endroits de taille moyenne de forme subanguleuse au subarrondie.



Figure 5. Phosphate de Mvuangu vu sur terrain
Source : *Descente sur terrain (juillet, 2021)*

3.4. Description microscopique

3.4.1. Roche phosphatée de Kanzi

Pour le phosphate de Kanzi au microscope en Lumière Naturelle (LN) (figure 6), on observe des très petites péloles fécales de forme arrondies dans une matrice argilo-phosphatée qui par endroit n'individualise en masses de forme sub-anguleuse à sub-arrondie. On observe aussi des grains isolés de calcédoine (sardoine) de taille peu moyenne et la collophanite (qui est la forme cryptocristalline de l'apatite).

Tandis que en Lumière Polarisée (LP), l'étude minéralogique de la poudre (des fractions fines inférieure à 100 Micromètres de la roche phosphatée de Kanzi par diffraction aux rayons X montre qu'elle est constituée pour sa fraction cristallisée principalement de la fluorapatite et wavellite comme sources potentielles de phosphore. On y trouve également du quartz, des feldspaths et des faibles teneurs des carbonates libres et des phyllosilicates (micas, smictites). La présence de wavellite indique une transformation *in situ* des phosphates initiaux de calcium (Kasongo, 2009).

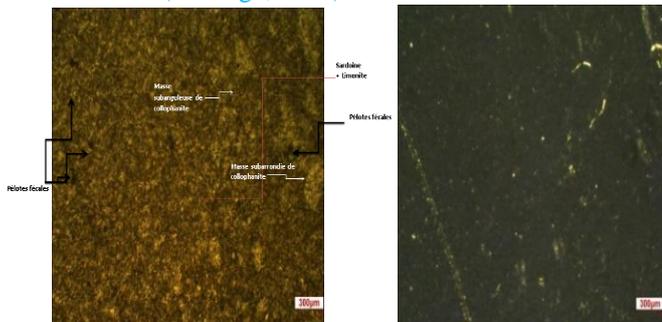


Figure 6. Phosphate de Kanzi au microscope (à gauche avec la lumière naturelle et à droite avec la lumière polarisée)

Source : *Descente sur terrain (juillet, 2021)*

3.4.2. Roche phosphatée de Mvuangu

Le Phosphate de Mvuangu en Lumière Naturelle (figure 7): on observe dans une matrice argilo-phosphatée de couleur brune des grains très fins de forme arrondie de couleur jaunâtre de collophane regroupés parfois disséminés, soit formant des linéations rectilignes et courbées

orientées diversement. Des galets de quartz de taille moyenne de forme sub-arrondie à allongée de couleur blanche laiteux affectés dans les micro-fentes internes emballés dans un ciment argilo-ferrugineux brunâtre en Lumière Naturelle (LN) et sombre en Lumière Polarisée. La roche est affectée des canaux de forme onduluse remplie d'oxyde de Fer rouge sombre, ces derniers encroûtent aussi les bordures des grains allongés de quartz.

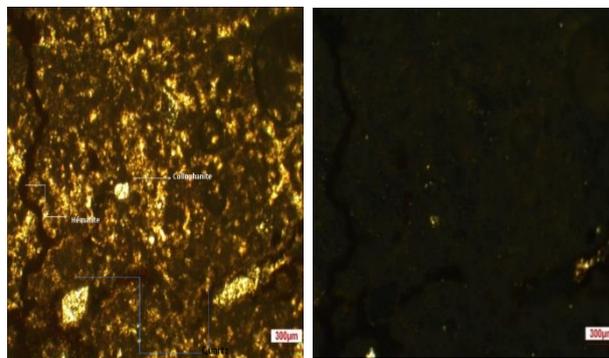


Figure 7. Phosphate de Mvuangu au microscope (à gauche avec la lumière naturelle et à droite avec la lumière polarisée)

Source : *Descente sur terrain (juillet, 2021)*

4. Discussion

4.1. Sur le plan géologique

4.1.1. Stratigraphie

On note la présence d'une discordance entre les dépôts phosphatés et le terrain sous-jacents sur lesquels ils se reposent. Les roches phosphatées se reposent sur les formations du Satonien à Kanzi, alors qu'à Mvuangu elles se reposent sur les dépôts carbonatés de la série de Mavuma. Cette discordance se confirme par le fait que partout les phosphates sont accompagnés de conglomérats de base (très visible). La position des couches phosphates par rapport aux conglomérats est très différente. Elles reposent au-dessus des conglomérats (gisement de Kanzi) et fréquemment, elles servent de roches encaissantes pour des galets de conglomérats (gisement de Mvuangu).

4.1.2. Tectonique

Les roches phosphatées des gisements de Kanzi et de Mvuangu font part partie des formations de couverture du bassin côtier qui n'ont subi aucune tectonique majeure.

La présence par contre de la discordance observée au niveau de Mvuangu laisse suggérer une microtectonique ayant agi dans la région accompagnée de l'action de l'érosion qui a érodée toutes les formations du Cénomaniens et du Turonien qui y sont absentes et remplacées par une importante couche de dépôts phosphatés.

Cette suggestion pourrait bien se confirmer le fait que les travaux effectués par les géologues de SOCOREP ont eu pour résultat la découverte d'un anticlinal dénommé « l'Anticlinal Vonzo » (Bentor, 1953).

4.2. Sur le plan pétrographique

La roche de la partie Sud du gisement de Kanzi est plus friable qu'à celle du Nord du même gisement et celle de Mvuangu. Macro et macroscopiquement, on observe dans le gisement de Kanzi la présence d'éléments constituant la roche phosphatée (endogangue et exogangue) de taille plus fine qu'à celle de Mvuangu. Observée au microscope, la roche phosphatée du gisement de Kanzi montre la présence des pélotes ou pellets qui sont des petites masses de 40 à 80 micron mettre en moyenne, formées de boue microcristalline souvent riche en matière organique et considérées comme d'origine fécale (biochimique) ; ce qui n'est pas visible dans la roche phosphatée de gisement de Mvuangu.

4.3. Sur le plan minéralogique

Dans les deux gisements, on note l'abondance de Fluorapatite cryptocristalline dénommée « Collophanite » comme minéral principal, on observe également la présence du quartz bien visible dans le gisement de Mvuangu et des oxydes de fer (hématite). D'autres minéraux n'ayant pas été signalés visibles au microscope peuvent être détectés par d'autres méthodes (Pouthier, 1996).

4.3.1. Mode de genèse

En ce qui concerne le mode de genèse de la minéralisation des roches phosphatées de gisement de Kanzi et de Mvuangu, voici ce que nous pouvons retenir à l'issue de ce travail :

- la roche phosphatée de Kanzi, formée sur une plate-forme continentale est issue de l'altération d'un grès silteux de couleur verte (glaucanie) d'origine marine d'âge Santonien riche en minéraux argileux (smectite, kaolinite, illite). Cette altération a eu pour résultat le dépôt des particules essentiellement constitués de la silice sans grains détritiques (calcédoine ou quartz cryptocristalline), des petits débris d'organismes (foraminifères et diatomées) dans un milieu oxydant (oxydes de fer) qui se sont consolidés peu à peu avec un dépôt plus important des excréments fossiles (coprolithes) d'origine continentale (excréments de chauves-souris et autres transportés par le fleuve Congo) et marine (coccolithophoracés, diatomées, etc. issues de la mer) riche en phosphate en solution et ont mis en place les roches phosphatées au maestrichtien. L'altération de ce grès silteux a offert à ce dépôt phosphaté sous climat chaud, une coloration jaune claire ou brune dû au mélange des oxydes de fer aux argiles (Limonite) renforcé par la transformation de la silice (sardoine). La transformation de ces

particules en roche suite à une diagenèse précoce s'est effectuée « in situ » et les grains de silice sont reliés par une matrice argilo phosphatée ;

- la roche phosphatée de Mvuangu, formée sur une plate-forme continentale, est issue de l'altération d'un grès « rouge » d'âge Albien (Vermelha, signifiant « rouge en français ») ou Pinda inférieure riche en oxyde de fer (hématite), silice et en argile d'origine continentale. Les particules de ce grès vont se déposer peu à peu sur une plate-forme continentale et se mélange avec un important dépôt d'excrément fossiles riche en phosphate en solution suite à l'érosion marine sur laquelle ils vont se mélanger avec des débris terrigènes de calcaires issues de l'altération du calcaire Oolitho-intraclastique d'âge Pinda supérieur (marin) et des débris polygéniques de formations du Cénomaniens du Turonien et où ils seront piégés, enclavés et consolidés pour donner naissance à la roche phosphatée d'âge Campanien-Maestrichtien. Les particules sont liées par un ciment argilo-ferrugineux.

Toutes ces considérations laissent supposer que lors de la formation de ces roches phosphatées, la profondeur de la mer avait considérablement diminué, voir même régressée. Ce qui devait marquer le commencement d'une nouvelle époque géologique de la région.

4.3.2. Aspects pétrographique et minéralogique

L'étude pétrographique, Minéralogique a permis de mettre en évidence les hypothèses suivantes :

- pour la roche phosphatée de Kanzi : cette roche est constituée essentiellement d'un faciès et est formée principalement de la collophanite à éclat vitreux à résineux (apatite cryptocristalline) ainsi que du quartz et des argiles. Elles sont d'origine sédimentaire et comprennent des traces des matières organiques laissant penser la présence des coprolithes. La roche apparaît très dure au Nord qu'au Sud du gisement et les grains constitutifs sont très fins et compacts. La roche couvre les formations du Santonien principalement du conglomérat. Elle est constituée en majeure partie des fins cristaux d'apatite et des traces des matières organiques encastrées dans les pélotes peut, selon la classification des phosphates de Mouflih (1991), être qualifiée de Biopelphospharénite à ciment argileux, selon la classification des phosphates de Jourani (1988), de Phosphate Sablo-argileux,

selon qu'elle est d'origine marine, qu'elle est riche en Ca, et que sa teneur en P_2O_5 est supérieure à 18% de phosphorite ;

- pour la roche phosphatée de Mvuangu: elle affleure au-dessus des formations de la série de Mavuma (dolomies et calcaires dolomitiques). Elle sert de la roche encaissante des galets de conglomérat. Ces galets de quartz ont une forme subanguleuse au subarrondie, sont visible à l'œil nu. On assiste, dans la région, à l'absence des formations du Cénomaniens et du Turonien dû à la discordance qui laisse penser à la présence d'une microtectonique ayant affectée la région et qui a principalement touchée les roches de couverture. Plus compacte que celle de Kanzi, la roche phosphatée de Mvuangu a une structure microgrenue. Elle est constituée également en majeure partie des granules et galets de quartz et calcite et des traces des matières organiques. Selon la classification des phosphates de Mouflih (1991), elle est qualifiée de biointrapospharudite à ciment argileux, selon la classification des phosphates de Jourani (1988), elle est considérée comme phosphate calcaro-gréseux, selon qu'elle est d'origine marine, qu'elle est riche en Ca et que sa teneur en P_2O_5 est supérieure à 18% de phosphorite.

Il est important de rappeler que l'utilisation des ressources géologiques locales, communément appelées agro-minéraux ou roches fertilisantes est une alternative de gestion intégrée et adaptée de la fertilité des sols susceptible d'améliorer leur productivité en intensifiant la production agricole (van Straaten, 2007). Les phosphates naturels peuvent ainsi apporter du phosphore (P), des nutriments secondaires (Ca, Mg) et éventuellement certains oligo-éléments (Zn, Mo) (Sinclair et al., 1990 ; Hu et al., 1997 ; van Straaten, 2007). Cependant, leur efficacité agronomique dépend en partie de l'élément phosphore et de sa réactivité chimique (FAO, 2004 ; van Straaten, 2007 ; Chien et Hammond, 1978). En vue d'une meilleure valorisation, ces minerais doivent être au préalable traités pour produire des concentrés utilisables dans l'industrie des engrais phosphatés tout en éliminant les éléments traces métalliques (Tournis & Rabinovitch, 2010). La seule difficulté à l'exploitation de ces gisements pourrait être la présence de l'Uranium radioactif. Il est ainsi recommandé au Gouvernement congolais de mettre en valeur ces deux gisements de phosphate non seulement pour leur intérêt à la fabrication des engrais mais aussi pour la création d'emplois, sachant

bien que l'exploitation minière est l'une des principales sources d'emplois formel.

5. Conclusion et Suggestions

La présente étude a permis de connaître désormais avec certitude l'origine des roches des gisements naturels des phosphates de Kanzi et de Mvuangu, leur contexte stratigraphique, leurs minéraux constitutifs et leurs classifications vis-à-vis des normes internationales.

Il est donc souhaitable que ces phosphates soient mis en valeur à travers la création d'une industrie locale pour production des engrais phosphatés vue l'importance de ces gisements en vue du développement de l'agriculture en République démocratique du Congo et dans la sous-région tout en contribuant à la création d'emplois, sachant bien que l'exploitation minière est l'une des principales sources d'emplois formels en Afrique.

Références bibliographiques

- Barry, G.S. (1981). *Evaluation des gisements de phosphates du Bas-Zaïre, République du Zaïre*. Projet ZAI/75-009. Report to DTCD, United Nation, New York.
- Beauregard, M.S. (2010). *Impacts de la fertilisation phosphatée sur la biodiversité microbienne de sols agricoles* [Thèse de Doctorat, Université de Montréal].
- Bentor, Y.K. (1953). Relations entre la tectonique et les dépôts de phosphates dans le Neguev Israélien. *Internat. Geol. Gong*, 11, 93-101.
- Chien, S.H, Hammond, L.L. (1978). A comparaison of various laboratory methods for predicting the agronomic potential of phosphate rock for direct application. *Soil Sa. Soc. Am. J.*, 42, PP.1758-1760.
- Erthart, H. (1937). *La genèse des sols en tant que phénomène géologique*. Masson, Paris.
- FAO (2004). *Utilisation des phosphates Naturels pour une agriculture durable* division mixte FAO/AIEA, Rome.
- Jourani, E. (1988). *Anatomie séquentielle et géochimique des phosphates de Bouabout (Gisement de Meskala, Maroc) : Eléments pour un modèle génétique* [Thèse de Doctorat Académie de Bordeaux].
- Kasongo R.K., Van Ranst E., Verdoot, Kanyakogote P et Baert G. (2012). Réponse du Soja (Glycine max) à l'application de phosphate de Kanzi et de dolomie rose de Kimpese sur sol sableux en R.D. Congo. *Can. J. Soil*, 92 :905-916.

- Kasongo, R.K., Van Ranst, E., Verdoot, Kanyakogote, P. & Baert, G. (2009). Roche phosphatée de Kanzi comme engrais à propriété amandante pour les sols sableux de l'hinterland de Kinshasa. *Etude et Gestion des sols*, 17,47-58.
- Mouflih, M. (1991). *La série phosphatée du gisement de Benguerir séquences de facies, évolution séquentielle, minéralogique et géochimie (Mastrichtien-Lutetien)* [These de 3^{em} cycle, Université Cadi Ayyad]. <http://toubkal.imist.ma/handle/123456789/1632>
- Mupepele, L., Intiomale, J.P & Kabonwa J. (2004). *The phosphate deposits of Bas-Congo in Democratic Republic of Congo*. Inédit.
- Ngimbi, C. & Ndumba, R. (2023). *Carte d'échantillonnage de la zone d'étude* [Carte]. Inédit.
- Ngimbi, C. & Ndumba, R. (2023). *Carte de localisation des bassins sédimentaires de le RDC* [Carte]. Inédit.
- Ngimbi, C. & Ndumba, R. (2023). *Carte géologique de la zone d'étude* [Carte]. Inédit.
- Pouthier, G. (1996). La minéralogie des minerais de phosphates, Sofremines. Inédit.
- Tournis, V., Rabinovitch, M. (2010). Les ressources naturelles pour la fabrication des engrains : USGS 2010 Minerais yearbock phosphate Rock (Advance Reases).
- van Staaten, P. (2007). *Agrogeology: The USE of rocks for crops*. Enviroquest limited. Cambridge, Ontario, Canada.