ARTICLE

Congo Sciences
Journal en ligne de l'ACASTI et du CEDESURK
ACASTI and CEDESURK Online Journal
ISSN: 2410-4299, an International Journal

Contribution de la Pétrographie et de la Géochimie à l'Etude des Formations de Kipala (Cuvette Centrale, RDC) et leur Intérêt Pétrolier

SIMBUNGU ANGBOKO Fleury William1*, MUNENE ASIDI Djonive2, MAKUKU MBO Levesque1,3, MUKONKOLE MUKONKOLE Patrick1, KALUMA MABAYA Souhait1, TSHOMBE MBAYA Henock1

Paper History

Received : July 06, 2022
Revised : June 29, 2023
Accepted : July 02, 2023
Published : August 10, 2023

Keywords

Keyword: shales, total organic carbon, vitrinite, sandstone, pelite

ABSTRACT

The Kipala Black Shales have been extensively listed in many published reports of occurrences in this area. Geological formations of Kipala are located in the province of Kwilu, within the central Cuvette in the center of the DRC between longitudes East 16°30' to 25°15' and latitudes North 0°30' to South 4°30 '. The Congolese Central Basin covers Equateur, Ex-Bandundu, Ex-Kasaï (West and East), Maniema, part of Province Orientale and the western border extending beyond Kinshasa to Angola.

This research aims to make a contribution not only in the investigation of oil occurrences in the Kipala region and its immediate surroundings, but also to raise their oil interest. We proceeded with a geological study based on the length of the streams, paths and trails of the region, during which some samples of the said formations were taken.Samples taken from the various selected stations were subjected to petrographic and geochemical analyzes in order to assess their petroleum potential.

Considering previous research and those carried out here, we have highlighted through the petrography and geochemistry the following: the average organic carbon rate of 11%, the presence of macerals, the presence of small crystals of pyrite as well as the lithostratigraphy of these training in the locality of Kipala. All these observations led us to deduce that the bituminous formations of area studied are mother rocks.

1Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), 44 Av. De la Démocratie, Commune de la Gombe, B.P. : 898 Kinshasa I, R.D. Congo.
2Département d'Exploration, Faculté de Pétrole et Gaz, Université de Kinshasa, B.P. : 190 Kinshasa XI, Kinshasa, R.D. Congo.
3Département des Sciences de base, Faculté de Pétrole et Gaz, Université de Kinshasa, B.P. : 190 Kinshasa XI, Kinshasa, R.D. Congo.
* Corresponding author, Email: fleurysimbungu86@gmail.com, Téléphone: +243813954414

I. INTRODUCTION

La Cuvette centrale de la République démocratique du Congo est un large bassin sédimentaire intracontinental avec une superficie totale de 800.000 Km^2. Elle couvre les anciennes provinces de l'Equateur, du Bandundu, de deux Kasaï, du Maniema, une partie de la province orientale et se limite à l'ouest au-delà de Kinshasa. Elle s'étend au-delà du Congo au nord vers le Soudan du sud, et la République centrafricaine et à l'ouest avec la République du Congo [CHOROWICZ et *al.*, 1990].

En RDC, l'obstacle à l'exploration comme à l'exploitation dans cette Cuvette centrale est constitué par le couvert de la forêt équatoriale, les marécages et par la quasi-absence d'infrastructures. Son potentiel fait aujourd'hui débat chez les géologues. Immense selon les uns ; mais d'autres tempèrent, affirmant qu'il doit être encore confirmé.

Le package de données obtenues lors de recherches pétrolières antérieures sur ce bassin, n'ont pas été

© 2017 ACASTI and CEDESURK Online Journal. All rights reserved

intensifiées suite à l'insuffisance des données et à l'insuffisance d'indices de surface.

En 1988, les études réalisées par Robertson, plus particulièrement les travaux d'ordre tectonique et structural, ont sectionné ce bassin en quatre sous-bassins sédimentaires séparés par les horsts et comportant bon nombre de zones de hautes prospectivités. Les études sismiques sont résumées et les différents profils sismiques ont permis le forage de quatre puits stratigraphiques et exploratoires : Samba, Dekese, Mbandaka-1 et Gilson-1 et présentent des sections sismiques sur lesquelles sont observables les discontinuités successives du Protérozoïque, du Paléozoïque, du Permo-Carbonifère et du Jurassique. C'est grâce aussi à ces profils qu'un plissement important a été mis en évidence dans les série du Protérozoïque affectées par un réseau des failles traversant toute la colonne sédimentaire et se présentant tantôt en failles, tantôt en failles de décrochement préfigurant ainsi des horsts, des grabens et des structures en biseaux. [ROBERTSON, 1988].

En 1990, la firme CTP a mené des études sur le model structural ayant conduit à la formation de la cuvette centrale et attribué aux effets thermiques et isostatiques de la dynamique d'étirement [ROBERTSON, 1988].

En 2008, la Compagnie Minière Congolaise SPRL (COMICO) a pris la précaution de reconnaître que les réserves de pétrole et de gaz dans la Cuvette centrale ont été prédites sur base de données sismiques, géochimiques et géologiques « limitées », ajoutant que l'acquisition de données additionnelles est recommandée et que des données gravimétriques et magnétométriques à haute résolution pourraient encore accroître la certitude sur des réserves prévisibles [COMICO, 2008].

Les travaux entrepris par KADIMA et *al.* [2011] ont conduits à la corrélation lithostratigraphique régionale renforcée par des puits additionnels à travers la Cuvette Centrale.

La problématique majeure de cette étude consiste à identifier sur le plan pétrographique et géochimique les shales noirs de Kipala ; reconnaitre ces dernières en tant que roche mère étant donné que dans les nombreux travaux antérieurs entrepris dans la Cuvette centrale, ces shales de Kipala n'ont pas été reconnu comme roche mère ; savoir l'extension de ces formations géologiques de Kipala datées du Permo-carbonifère afin de contribuer à l'actualisation de la carte géologique de la Cuvette centrale élaboré par KADIMA et *al.* [2011], car dans cette carte géologique les formations du Permo-carbonifère sont représentées que dans la partie Est de la Cuvette centrale.

De ce fait, nous sommes partis de l'hypothèse selon laquelle les shales de Kipala seraient une roche mère, et que la pétrographie et la géochimie seraient des moyens efficaces dans la détermination du potentiel pétrolier (COT) de ces roches.

Dans la lumière de ce qui précède, l'objectif poursuivi par cette étude est de déterminer les caractéristiques pétrographiques et le potentiel pétrolier (COT) des shales de Kipala afin d'apporter un plus dans la reconnaissance pétrographique et géochimique des indices d'hydrocarbures du secteur de Kipala et ses environs, de contribuer à l'actualisation de la base de données géologiques et géochimiques de la Cuvette centrale congolaise.

LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

Les shales noirs de Kipala font parties de différentes roches de la Cuvette centrale, localisé dans le Kwilu. Ces dernières localisées dans le village portant le même nom, en plein Territoire de Bagata. Kipala est une des localités dans le Kwilu située à plus ou moins 25 km de la route du centre Mpo, sur l'axe routier Mpo-Bagata-Semendua-Kisesie-Tolo. La référence sûre du coin permettant de situer tous visiteurs désireux de voir ce site est la mission Catholique de Sia qui est à 30 kilomètres de Kipala ou autrement, les coordonnées géographiques prises au centre de Kipala est de 18°36'35'' de longitude Est et de 3°75'46'' de latitude Sud.

CONTEXTE GEOLOGIQUE, STRUCTURAL ET LITHOSTRATIGRAPHIE DE LA CUVETTE CENTRALE

La Cuvette Centrale a subi une extension au Néoprotérozoïque peut-être même plus tôt, dans le Mésoprotérozoïque tardif et elle a été réactivée au Mésozoïque (Karroo), par la dynamique d'étirement [KADIMA et *al.*, 2011, 2015]. Pendant cette période, Il s'est développé au niveau du craton du Congo des accidents tectoniques qui ont conduit aux failles avec des blocs basculés aboutissant à la présence de plusieurs horsts et grabens [CAHEN, 1954, De WAELE et *al.*, 2008 et FERNANDEZ-ALONSO et *al.*, 2015]. Un nouveau rejet s'est produit au Jurassique supérieur. C'est au cours de ce mouvement qu'est située la période de dépôt des schistes bitumineux de l'étage de Kisangani. On signale un autre rejet qui s'est effectué au Crétacé en relation avec le système des fossés entrainant la rupture du craton du Congo et l'ouverture

de l'atlantique Sud. C'est durant cette période que se sont déposées les couches bitumineuses de Kipala [KADIMA et *al.*, 2011].

Le modèle structural ayant conduit à la formation de la Cuvette centrale est attribué aux efforts thermiques et isostatiques de la dynamique d'étirement, et comprend deux cycles orogéniques importants [ROBERTSON, 1988], à savoir :

- Le cycle Panafricain (500 m.a) marqué par une discontinuité « panafricaine » représentée par des surfaces de pénéplanation [KRÖNER et ROMER, 2013] ;
- Le cycle Hercynien (300 m.a) dont les surfaces sont les produits des déformations du Paléozoïque Supérieur marqués par leur rajeunissement le long des structures en horst observées dans la cuvette centrale, dont les hosts de Kiri, Inongo, et une partie de horst de Lokonia.

La lithostratigraphie de la Cuvette centrale est connue de quelques profondeurs grâce aux puits peu profonds et aux affleurements de surface (Figures 1 et 2). D'après les récentes études de KADIMA et *al.* [2011, 2015], la lithostratigraphie de la Cuvette centrale se présente de bas en haut de la manière suivante :

- Les séquences les plus anciennes de la Cuvette centrale sont illustrées par les Supergroupes néoprotérozoïques de la Mbuji-Mayi et de la Lindi.

Les séquences Néoprotérozoïques de la Mbuji-Mayi, qui se trouve dans les deux dépressions orientées NW entre le Craton du Kasaï et la ceinture de Kibara du Katanga. Ils comprennent un groupe BI inférieur de sédiments principalement clastiques, dolomitisés et un Groupe BII supérieur de calcaires dolomitiques, surmonté de lave de dolérite [RAUCQ, 1957, 1970 ; DELPOMDOR et *al.*, 2013a, 2013b ; FRANÇOIS et *al.*, 2017 ; BALUKIDAY et *al.*, 2018].

Les séquences néoprotérozoïques du Supergroupe de la Lindi, affleurent dans la partie nord de la Cuvette Centrale (Figure. 1) et ont été intensivement étudiées par VERBEEK [1970]. Leur corrélation avec le puits et les données sismiques dans la Cuvette centrale ont été proposées par DALY et *al.* [1992].

- Les séquences du Paléozoïque Inférieur sont représentées par d'épaisses couches croisées de grès arkosiques rouges affleurant le long de la marge de la Cuvette centrale [FERNANDEZ-ALONSO et *al.*, 2017] comme le Groupe d'Inkisi [ALVAREZ et *al.*, 1995 ; AFFATON et al., 2015], Groupe Banalia [VERBEEK, 1970] et Groupe des Biano [CAILTEUX et De PUTTER, 2019] et que l'on retrouve aussi dans la Samba et les puits Dekese [CAHEN et al., 1959, 1960].
- Le Supergroupe sus-jacente du Karoo comprend de haut en bas, des grès rouges du Groupe de Lueki (ex-Haute-Lueki) (Trias), des mudstones houillers et des grès psammitiques du Haut du Groupe de la Lukuga (Carbonifère Supérieur au Permien Supérieur) et glaciaire à périglaciaire tillite et schistes noirs à varval du groupe inférieur de Lukuga (Permien Supérieur).
- Leur âge est relativement bien contraint par les spores et les pollens [BOULOUARD et CALENDRA, 1963 ; BOZE et KAR, 1976, 1978 ; CAHEN et LEPERSONNE, 1978]. Le Groupe inférieur de la Lukuga est bien connu dans les carottes de puits Dekese [CAHEN et *al.*, 1960], d'une épaisseur allant jusqu'à 1000 m de tillites glacio-lacustres et de schistes noirs varval périglaciaires (non présent dans le puits Samba).
- Les séries du Jurassique au Crétacé sont les mieux étudiées en termes de biostratigraphie, stratigraphie séquentielle et lithostratigraphie. Ils étaient datés par les ostracodes [GRECOFF, 1957, 1960], les phyllopodes [DEFRETIN-LEFRANC, 1967], les pélécypodes [COX, 1960] ; spores/pollen [MAHESHWARI et *al.*, 1977] et des poissons [De SAINTE SEINE et CASIER, 1962]. Leur biostratigraphie a été révisée par COLIN [1994] et présentée en détail par LINOL et *al.* [2015]. Leur stratigraphie séquentielle et environnement de dépôt ont été étudiés par LINOL et *al.* [2015] et ROBERTS et *al.* [2015]. Ces séries commencent par le Jurassique Supérieur (Kimméridgien) qui est représenté par le Groupe de Kisangani, bien développé le long du Fleuve Lualaba (c'est-à-dire le fleuve Congo en amont de Kisangani) où il se forme un grand bassin [PASSAU, 1923]. Dans cette région, la série commence par des siltstones et des schistes calcaires lacustres riches en matières organiques [kérogène de type I ; SACHSE et *al.*, 2012] et évolue vers des grès et siltstones plus oxydés dans un environnement plus sec [CAILLAUD et *al.*, 2017]. Ils ont trop de calcaires à stromatolithes d'âge probable Néoprotérozoïque, reposant eux-mêmes sur des quartzites et des gneiss du socle.
- Des conditions plus humides ont suivi dans l'Albien – Cénomanien en témoigne le dépôt de grès et de mudstones des Groupes de la Loia

et Bokungu [COLIN, 1994]. Le dépôt a commencé dans un environnement lacustre localement anoxique avec des schistes noirs [mélange de kérogènes de types I et II ; SACHSE et *al.*, 2012], a ensuite évolué vers une rivière fluviale moins profonde.

- Le Groupe du Kwango est surtout connu dans les parties sud et ouest de la Cuvette centrale [CAHEN et LEPERSONNE, 1954 ; LINOL et *al.*, 2015] et comme couverture du craton de Kasaï [ROBERTS et al., 2015].
- Les séquences de reprises sont regroupées dans le Supergroupe du Kalahari [FERNANDEZ-ALONSO et *al.*, 2015], avec des silcrètes, des calcrètes et des ferricrètes recouverts de grès éoliens. Ils sont qualifiés de « grès polymorphes » par LEPERSONNE [1945].

CONTEXTE GEOLOGIQUE DU MILIEU D'ETUDE

Les études stratigraphiques sur la connaissance de subsurface ont été effectuées par les sociétés Remina, ECL, grâce aux puits de Gilson I et Mbandaka I, et ont permis de comprendre ce qui suit : Les dépôts commencent au Mésoprotérozoïque avec les dépôts de Liki-bembe, Ituri, etc jusqu'au Cénozoïque (dépôts de Kwango). Il y a eu des dépôts importants qui ont des intérêts pétroliers pendant le Paléozoïque, dans le Permo-Carbonifère avec le dépôt du Karoo Inférieur (Formation de la Lukuga) et sa réactivation dans le Triasique-Jurassique du Karoo Supérieur (Formation de la Haute-Lueki) qui est la plus importante roche mère dans la région, dont les variétés shales Kipalien constituent la partie superficielle dans le Tertiaire et la partie inférieure des grès de Bokungu dans le Crétacé. Les formations rencontrées à Kipala et ses environs correspondent bel et bien au log stratigraphique du moins à sa partie superficielle. Le log se présente de haut en bas comme suit [DALY et al. ,1992] :

Les Formations du Cénozoïque

Constituées de l'ensemble des formations observées vers le Sud et l'Ouest de la Cuvette présentant des similitudes à celles de la zone de subsidence du Groupe de Kwango jusqu'au Kalahari passant par l'Angola [LEPERSONNE, 1977].

Les Formations du Mésozoïques

Représentées de bas en haut par :

- *Les Formations du groupe de la haute Lueki*

Datées du *Karoo* supérieure constituées des argiles rouges et des grès dans le *trias.* Egalement les formations du *groupe de Kisangani (Stanleyville)* datés dans la *jurassique* [CAHEN, 1983].

- *Les Formations du groupe de Loia,*

Composée essentiellement composé des grès fins et shales rouges à verts de sédimentation fluviatile en climat aride à humide. L'épaisseur de la Loia varie de 250 à 300 m, ce qui indique que le maximum de subsidence a eu lieu dans le Nord-Est du bassin.

- *Les Formations du groupe de Bokungu,* constitués des grès.
- *Les Formations du Kwango*

Les couches de la N'sele présentent une variation des fasciés très nette du sud, où prédominent des couches rouges, au Nord où dans la région de Kipala et plus au Nord, apparaissent des grès blancs, des argilites grises ou vertes et des niveaux marneux gris ou blancs. Le gisement de Kipala est constitué des shales et argilites noires, charbonneux ou légèrement bitumineux, avec intercalation des grès blancs. La faune paléochtylogique renferme les couches de Kipala confère à la formation de Kwango un âge Cénomanien.

Sur le terrain, le sol de Kipala est de coloration rougeâtre, latéritiques comprenant des ferrisols à pédogenèse active sur les roches du Karoo au niveau de grandes vallées du Kwango. Ce qui justifie la présence de petits cristaux pyrites à lamination millimétrique incrustés dans certains échantillons prélevés sur les sites visités observables à l'œil nu.

De bas en haut on a relevé la succession : des shales bitumineux, des argilites, des shales argileux, des grès et une cuirasse latéritique ; des variations de faciès argilitiques compactes rougeâtres à noires et des shales noirs constituant le lit de la majorité des rivières de ce village et ses environs.

SYSTEME PETROLIER DE LA CUVETTE CENTRALE

Le système pétrolier qui a fonctionné dans la cuvette centrale se présente de la manière suivante :

Les roches mères

Les shales d'Alolo, de Mamungi et de Kole ont été identifiés comme roches-mères potentielles d'hydrocarbures avec un TOC variant de 1,69 à 3% [ECL, 1988].

Les shales bitumineux de Kisangani et les formations de la Loia ont été eux aussi reconnus comme

roches-mères potentielles dans la cuvette centrale avec un TOC supérieur à 8% [ECL, 1988], dâtées grâce aux études paléoévironnementales démontrant les squelettes des poissons et d'ostracodes, phyllopodes et des reptiles [De SAINTE SEINE, 1955 ; GREECOFF, 1957].

Les roches réservoirs

Les grès du Jurassique, du Crétacé et du Permo-Carbonifère ont été reconnus dans la cuvette centrale et sont considérés comme réservoirs potentiels avec une bonne porosité de l'ordre de 30,5%. Les grès de Galambodge avec une porosité de l'ordre 8,1 et 19% et les arkoses de Babwamboli, avec une porosité de 13%, sont des réservoirs dans l'Aruwimi [ECL, 1988].

Les roches couvertures

Les différentes couches argileuses identifiées au-dessus de toutes ces roches réservoirs constituent les seules roches couvertures reconnues aujourd'hui dans le bassin de la cuvette centrale.

Les pièges probables

Les structures en blocs basculés, faillés, les anticlinoriums et les variations de faciès constituent d'excellents moyens de piégeage reconnus par tous les travaux géologiques effectués jusqu'à présent.

MATERIELS ET METHODES

Matériels

Le levé géologique itinérant a nécessité les matériels ci-après : la boussole à clinomètre incorporé, le marteau de géologue, un GPS, un appareil photographique, un décamètre, les emballages et sacs pour les échantillons.

Au laboratoire, l'analyse des lames minces confectionnées a été faite à l'aide d'un microscope optique à immersion. Le traitement des données de terrain a été réalisé à l'aide d'un ordinateur muni des logiciels d'application Word, Excel et ArcGis 10.5.

Méthodes

Dans l'optique des objectifs assignés à cette étude, un levé géologique a été effectué le long des rivières telles que Kitamada, Luam aval, Nfun, Kamazina, Nfun, Luam amont, des sentiers et des pistes de la région ; lequel a été évidemment accompagné de prélèvements d'échantillons. Au total, dix échantillons ont été prélevés dans les différents sites choisis, et six échantillons ont fait l'objet d'analyses pétrographiques en lames minces en lumière réfléchie avec objectif à immersion au laboratoire de pétrographie du département des Géosciences, à la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa. Quatre échantillons de shales de différents sites ont été soumis aux analyses chimiques au laboratoire de chimie et géochimie du Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM) dans le but d'en évaluer les potentialités pétrolières. Cette étude a été réalisée par la méthode de Walkley-Black. Ces analyses ont conduit à rechercher les différents constituants microscopiques de la matière organique (macéraux) contenus dans les échantillons des shales noirs de Kipala considérés comme riche en matières organiques.

RESULTATS

Observations de terrain

Les travaux de terrain ont consisté à l'observation et à la description des roches affleurantes le long des berges des rivières Kitamada, Luam et Kamazina.

Le long de la rivière Kitamada affleure une succession des argilites compactes à la base (Photo 1a), certains laminées de coloration allant du noirâtre, rougeâtre et verdâtre surmonté du shale noir à toucher gras se débitant en feuillet de dimension centimétriques (échantillon KPL01). La direction structurale de ces formations est N175° avec un pendage faible de 5° vers l'Ouest.

Le long de la rivière Luam en aval, se superpose en affleurement des shales laminés en dessous duquel se trouve une formation de grès tendres à granulométrie fine affecté par une famille des diaclases orientées N70/60SE (Photo 2a). L'épaisseur visible de ce shale est environ 5 mètres et 3 mètres pour le grès tendre en aval de la rivière Luam. La direction structurale de ce shale est N178°/7°W.

Dans la partie en amont de la rivière Luam, affleure le shale noir à litage centimétrique à côté duquel un affleurement d'une argilite massive, gris-verdâtre, d'épaisseur d'environ 2,5 mètres dont le contact avec le shale n'a pas été bien défini et sur laquelle coule la rivière Luam (Photo 3a).

Le long de la rivière Kamazina s'observe du shale noir de même caractéristique lithologique que pour le premier site parcouru (Photo 4a).

Analyse pétrographique

L'analyse pétrographique ne concerne que les échantillons des shales noirs récoltés sur le terrain dans le but d'atteindre les objectifs assignés.

Échantillon KPL01

Caractère macroscopique

A l'échelle macroscopique, la roche est noirâtre, à toucher gras, à litage millimétrique à centimétrique, se débitant en feuillets, et friable à la main par suite d'hydratation. Ses constituants sont invisibles à l'œil nu, seul la pyrite est distinguable à l'œil nu là où elle atteint une dimension centimétrique (Photo 1b).

Caractère microscopique

En lumière naturel et réfléchie, la lame mince KPL01 présente des gros amas sub-sphériques de pyrite de teinte de jaune terne (en LRA) et jaune laiton (en LRNA). Entre et parfois autour de ces amas, s'observent des petits amas de pyrite et des amas informes de goethite de teinte brunâtre (en LRA et LRNA, Photo 5a).

Échantillon KPL02

Caractère macroscopique

Cet échantillon est similaire à KPL01, constitué des laminations millimétriques à centimétriques, se débitant en feuillets, mais très compact et dure. Les cristaux de pyrite sont distinguables à l'œil nu (Photo 2b).

Caractère microscopique

La section KPL02, révèle dans le shale noir de rares gros amas informes de la vitrinite de teinte grisâtre à réflectance très élevée (en LRA et LRNA) noyés dans une gangue renfermant des petites concrétions concentriques à cortex de pyrite autour d'un nucleus constitué des minéraux de gangue (Photo 5b).

Échantillon KPL03

Caractère macroscopique

KPL03, présente les mêmes caractéristiques lithologiques que KPL 01, mais est très altéré par le fait qu'il se trouve dans un milieu aquatique (rivière) où il constitue le plancher de la rivière (Photo 3b).

Caractère microscopique

Au microscope, la lame mince KPL03 de shale noir présente des gros amas sub-sphériques de pyrite de teinte jaune terne (en LRA) et jaune laiton (en LRNA). Entre et parfois autour de ces amas s'observent des petits amas de pyrite et des amas informes de goethite de teinte brunâtre (en LRA et LRNA).

Échantillon KPL04

Caractère macroscopique

KPL04, a une coloration noirâtre, laminée à texture compacte, parsemée de la silice amorphe dans les espaces interfolliales (Photo 4b). La coloration noirâtre sur toutes ces roches est révélatrice d'un enrichissement en matière organique qui a été soumis aux analyses géochimiques pour prédire une génération d'hydrocarbures dont le TOC se situe autour de 11%, bon pour être une roche mère qui est un shale bitumineux.

Caractère microscopique

La lame mince KPL04 de shale noir présente une texture disséminée mise en évidence par des amas allongés et des cristaux sub-automorphes de pyrite de teinte jaune laiton (en LRA et LRNA) dispersée dans une gangue. Localement, on observe des concrétions concentriques à nucleus de pyrite recouverte successivement des lamines à minéraux de gangue de teinte jaune et des lamines à pyrite de teinte jaune laiton (Photo 5c).

En lumière transmise

Cette étude a permis d'observer la présence des grains de pollen, spores et cuticules de feuilles contenus dans la roche après leur transformation pendant la diagenèse en milieu réducteur (Photo 5d).

Analyses géochimiques

Quatre échantillons de shales de différents sites ont été soumis aux analyses chimiques au Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM) dans la perspective de recherche pétrolière. Cette étude a été réalisée par la méthode de Walkley-Black dont les résultats sont consignés dans le Tableau 1.

DISCUSSION

Les descriptions macroscopiques et microscopiques effectuées sur les échantillons des shales, argilite et siltite de Kipala ont conduit aux interprétations ci-après :

Du point de vue de l'origine des matières organiques, le fond homogène de composition de la vitrinite proviendraient de la transformation diagénétique des tissus ligno-cellulosiques et vraisemblablement des particules amorphes terrestres tel que l'ont déjà démontré DALY et al. [1992]. La présence des macrospores et des grains de pollen

(exinites) indique qu'ils dérivent vraisemblablement de la diagenèse d'algues aquatiques, des bactéries et des spores comme l'ont indiqué les auteurs cités ci-hauts dans les formations similaires. L'évolution de cette matière organique en l'absence des agents bactériennes et de l'oxygène a conduit à la formation de la pyrite.

Du point de vue milieu de sédimentation, la présence de la pyrite dans ces échantillons suggère un milieu réducteur propice à la conservation des matières organiques tel que suggéré par BOULVIN [2010]. La présence d'un fond homogène montre que la sédimentation a eu lieu dans un bassin calme du type euxinique (cas de la mer noire) dans lequel l'absence du renouvellement des eaux profondes lui confère un caractère réducteur favorable à la conservation des matières organiques s'accumulant sur le fond.

Les résultats des analyses chimiques (voir le Tableau 1) montrent que la teneur en carbone organique total (COT) des shales de Kipala varie entre 7,01 et 15,76 % et qui est largement supérieure à la teneur moyenne de 0,5 % de COT reconnue pour une roche sédimentaire. Ces résultats poussent à dire que les sédiments qui ont conduits à la consolidation de ces formations renfermaient une quantité importante de la matière organique tout au long de leur histoire diagénétique et confèrent aux formations géologiques du milieu d'étude le caractère d'une roche mère pouvant générer des quantités appréciables d'huiles et/ou de gaz (hydrocarbures).

La présence exclusive des matières volatiles dans l'échantillon des shales de Kipala démontre la dégradation thermique de la matière organique représentée ici par les gaz non hydrocarbures tels que le gaz carbonique(CO_2), le sulfure d'hydrogène(H_2S) et l'azote(N_2) provenant respectivement de l'enfouissement des carbonates dans la zone de diagenèse, des réactions d'oxydo-réduction des matières organiques à haute température, réactions par lesquelles les ions sulfates sont réduits en sulfures d'hydrogène, et la décomposition des protéines fixées sur les argiles au cours de la diagenèse.

La teneur en silice (SiO_2) est élevée (59,6 à 65,76 %). Cela prouve à suffisance le caractère détritique des formations de Kipala. Par contre, les analyses chimiques indiquent des teneurs faibles en Al_2O_3, CaO, MgO et alcalins (K_2O et Na_2O). La teneur en fer sous la forme stable Fe^{3+} est légèrement faible (0,44 à 1,12%) comparativement à la teneur moyenne de Fe^{3+} connue pour une roche sédimentaire.

Avec une teneur en cuivre largement faible comme le montre le Tableau 1, les Shales noir de Kipala n'offrent aucune relation entre l'évolution de la matière organique et le piégeage des métaux. L'oxyde du cuivre proviendrait de la roche elle-même.

CONCLUSION

Il sied de souligner les grandes lignes qui ont fait l'objet de cette étude :

Sur le plan pétrographique, les observations ont permis d'établir la lithostratigraphie ci-après : à la base on a des shales bitumineux surmontés par des argiles sur lesquelles reposent des grés ; ceux-ci sont à leur tour surmontés par des argilites faiblement latérisées, puis viennent les shales argileux et la cuirasse latéritique sur lesquels repose le niveau humifère. Ainsi donc, sur le plan pétrolier, seuls les shales de Kipala-Ngini et N'saba-Nkaka ont retenu notre attention particulière et ont été l'objet des analyses pétrographiques et géochimiques.

Sur le plan géochimique, ces shales montrent une teneur élevée en carbone organique (TOC) de l'ordre de 11,5% en moyenne les classant parmi les très bonnes-roches mères connues potentielles d'hydrocarbures à côté d'autres roches-mères connues dans la cuvette centrale (schistes d'Alolo, Mamungi et de Kole du Lindien avec un TOC variant entre 1,69 et 3% ; et les schistes bitumineux de Kisangani et les formations de la Loia avec un TOC supérieur à 8%). Cet enrichissement en carbone organique dans ces shales est confirmé par les données pétrographiques qui indiquent la présence des macéraux (vitrinite) issus de la gélification des tissus ligno-cellulosiques des végétaux supérieurs au cours de la fossilisation pendant la diagénèse.

En nous référant aux caractéristiques des matières organiques d'une roche-mère, les macéraux identifiés dans les shales de Kipala et de N'saba n'kaka classent les matières organiques aux types II et III qui montrent un bon potentiel pétrolier et correspondent respectivement à 50% et 15% de transformation du kérogène en hydrocarbure.

La teneur en soufre de ces shales traduit un milieu réducteur (anaérobie) du type euxinique, riche en sulfates et en fer, comme l'atteste la présence de la pyrite en grande proportion relevée par les observations microscopiques en lumières réfléchie avec objectif à immersion ; lequel milieu est conservateur des matières organiques.

RÉFÉRENCES

AFFATON P., KALSBEEK F., BOUDZOUMOU F., TROMPETTE R., THRANE K., FREI R.[2015]. The Pan-African West Congo belt in the Republic of Congo (Congo Brazzaville) : stratigraphy of the Mayombe and West Congo Supergroups studied by detrital zircon geochronology. *Precambrian Res*. 272, 185–202.

ALVAREZ P., MAURIN J.-C., VICAT J.-P. [1995]. La Formation de l'Inkisi (Supergroupe Ouest-Congolien) en Afrique Centrale (Congo et Bas-Zaïre) : un delta d'âge Paléozoïque comblant un bassin en extension. *J. Afr. Earth Sci.* 20 ,2, 119–131.

BALUKIDAY B.K., FRANÇOIS C., SFORNA M.C., BEGHIN J., CORNET Y., STORME J.-Y., FAGEL N., FONTAINE F., LITTKE R., BAUDER D., DELVAUX D., JAVAUX E. [2018]. Raman microspectroscopy, bitumen reflectance and illite crystallinity scale : comparison of different geothermometry methods on fossiliferous Proterozoic sedimentary basins (DR Congo, Mauritania and Australia). *Int. J. Coal Geol*. 191, 80–94. https://doi.

BOULOUARD C., CALENDRA F. [1963]. Etude palynologique de quelques sondages de la République du Congo (Congo ex-belge). Unpublished report R/ST-no7376. SNPA Direction Exploration et Production Pau, France.

BOULVAIN F. [2010]. Géologie, Pétrologie sédimentaire, des roches aux processus. Ed. - ellispes, Paris, 251pp.

BOZE M.N., KAR R.K. [1976]. Paleozoic sporae dispersae from Zaïre (Congo). XI : Assises glaciaires et periglaciaires from the Lukuga Valley. *Ann. Mus. Roy. Congo belge, Tervuren (Belgique), série in-8. Sci. Geol*. 77, 1–19.

BOZE M.N., KAR R.K. [1978]. Biostratigraphy of the Lukuga Group in Zaïre. *Ann. Mus. Roy. Congo belge, Tervuren (Belgique), série in-8. Sci. Geol*. 82, 97–114.

CAHEN L. [1954]. Géologie du Congo Belge. Vaillant-Caramane, Liège (577 pp.).

CAHEN L., LEPERSONNE J. [1954]. Etat actuel des connaissances relatives aux séries mésozoïques de l'intérieur du Congo. *Bull. Soc. Belge de Géol*. 63 ,1, 20–35.

CAHEN L., FERRAND J.J., HAARSMA M.J.F., LEPERSONNE J., VERBEEK TH. [1959]. Description du sondage de Samba. *Ann. Mus. Royal Congo Belge, Tervuren (Belgique), Série in-8◦.Sci.Geol*. 29, 210 pp.

CAHEN L., FERRAND J.J., HAARSMA M.J.F., LEPERSONNE J., VERBEEK TH. [1960]. Description du sondage de Dekese. *Ann. Mus. Royal Congo Belge, Tervuren* (Belgique), *Série in- 8◦. Sci. Geol*. 34, 115 pp.

CAHEN L., LEPERSONNE J. [1978]. Synthèse des connaissances relatives au Groupe (anciennement Série) de la Lukuga (Permien du Zaïre). *Ann. Mus. Roy. Congo belge, Tervuren (Belgique), série in-8*. Sci. Geol. 82, 115–152.

CAHEN L. [1983]. Le Groupe de Stanleyville (Jurassic supérieur et Wealdien de l'intérieur de la République du Zaïre) : Révision des connaissances. In : *Rapport annuel du Musée Royal de l'Afrique centrale, Tervuren (Belgique), Département de Géologie et de Minéralogie*, pp. 73–91.

CAILLAUD A., BLANPIED C., GUILLOCHEAU F., DELVAUX D. [2017]. The Jurassic Stanleyville formation in the eastern margin of the Congo basin : an example of a shallow balanced-fill lake basin. *J. Afr. Earth Sci*. 132, 80–98.

CAILTEUX J.L.H., DE PUTTER T. [2019]. The Neoproterozoic Katanga Supergroup (D. R. Congo) : State-of-the-art and revisions of the lithostratigraphy, sedimentary basin and geodynamic evolution. *J. Afr. Earth Sci*. 150, 522–531

CHOROWICZ J., LE FOURNIER J., MVUMBI M.M. [1990]. La Cuvette Centrale du Zaïre: un bassin initié au Proterozoïque supérieur. Contribution de l'analyse du réseau hydrographique. *C. R. Acad. Sci. Paris* 349–356 t. 311, Série II.

COLIN J.P. [1994]. Mesozoic-Cenozoic lacustrine sediments of the Zaïre Interior Basin. In: Gierlowski-Kordesch, E., Kelts, K. (Eds.), Global Geological Record of Lake Basins, 1. Cambridge University Press, UK, pp. 31–36.

COMICO [2008]. « Cuvette centrale COMICO Slide Show ». Présentation Powerpoint. Cros, M.-F. & Misser, F. 2010. Le Congo de A à Z. Bruxelles : Éditions André Versaille.

COX L.H. [1960]. Further Mollusca from the Lualaba Beds of the Belgian Congo. *Ann. Mus. Roy. Afr. Cent., Tervuren (Belgique), série in-8. Sci. Geol*. 37, 15 pp.

ECL. [1988]. Hydrocarbon Potential of Cuvette Centrale (Republic of Zaire). Exploration Consultants Limited, Cellule Technique Pétrolière, Pétrozaïre,

unpublished report, 41pp.+figures, tables, appendices and enclosures.

DALY M.C., LAWRENCE S.R., DIEMU-TSHIBAND K., MATOUANA B. [1992]. Tectonic evolution of the Cuvette Centrale, Zaïre. *J. Geol. Soc. Lond*. 149, 539–546. https://doi.org/ 10.1144/gsjgs.149.4.0539.

De WAELE B., JOHNSON S.P., PISAREVSKY S.A. [2008]. Palaeoproterozoic to Neoproterozoic growth and evolution of the eastern Congo Craton : its role in the Rodinia puzzle. *Precambrian Res*. 160, 127–141.

De SAINTE SEINE P. [1995]. Poissons fossiles de l'étage de Stanleyville (Congo belge). 1ère partie : la faune des argilites et schistes bitumineux. *Ann. Mus. royal Afrique centrale, Tervuren (Belgique), série in-8. Sci. Geol*. 14, 125 pp.

De SAINTE SEINE P., CASIER E. [1962]. Poissons fossiles de l'étage de Stanleyville (Congo belge). 2ème partie : la faune marine des calcaires de Songa. *Ann. Mus. royal Afrique centrale, Tervuren (Belgique), série in-8. Sci. Geol*. 44, 52 pp.

DELPOMDOR F., BLANPIED C., VIRGONE A., PREAT A. [2013a]. Paleoenvironments in Meso-Neoproterozoic carbonates of the Mbuji-Mayi Supergroup (Democratic Republic of Congo) - Microfacies analysis combined with C-O-Sr isotopes, major-trace elements and REE+Y distributions. *J. Afr. Earth Sci*. 88, 72–100.

DELPOMDOR F., LINNEMANN U., BOVEN A., GÄRTNER A., TRAVIN A., BLANPIED C., VIRGONE A., JELSMA H., PREAT A. [2013b]. 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, 35–47.

DEFRETIN-LEFRANC S. [1967]. Etude sur les Phyllopodes du Bassin du Congo. *Ann. Mus. Roy. Afr. Cent., Tervuren (Belgique), série in-8. Sci. Geol*. 56, 122 pp.

DELVAUX D, MADDALONI F., TESAURO M., BRAITENBERG C. [2021]. The Congo Basin: Stratigraphy and subsurface structure defined by regional seismic reflection, refraction and well data. Elsevier, *Global and Planetary Change*, 198, 1 – 32.

FERNANDEZ-ALONSO M., KAMPATA D., MUPANDE J.-F., DEWAELE S., LAGHMOUCH M., BAUDET D., LAHOGUE P., BADOSA T., KALENGA H., ONYA F., MAWAYA P., MWANZA B., MASHAGIRO H., KANDA-NKULA V., LUAMBA M., MPOYI J., DECREE S., LAMBERT A. [2015]. Notice explicative de la carte géologique de la République Démocratique du Congo au 1 / 2.500.000. Ministère des Mines, République Démocratique du Congo, Kinshasa. ISBN : 978-9-4922-4481-9.

FERNANDEZ-ALONSO M., KAMPATA D., MUPANDE J.-F., DEWAELE S., LAGHMOUCH M., BAUDET D., LAHOGUE P., BADOSA T., KALENGA H., ONYA F., MAWAYA P., MWANZA B., MASHAGIRO H., KANDA-NKULA V., LUAMBA M., MPOYI J., DECREE S., LAMBERT A. [2017]. Carte Géologique de la République Démocratique du Congo au 1 / 2.500.000 -. Ministère des Mines, République Démocratique du Congo, Kinshasa. ISBN :978-9-4922-4480-2.

FRANÇOIS C., BALUDIKAY B.K., STORME J.Y., BAUDET D., PAQUETTE J.L., FIALIN M., JAVAUX E.J. [2017]. Contributions of U-Th-Pb dating on the diagenesis and sediment sources of the lower group (BI) of the Mbuji-Mayi Supergroup (Democratic Republic of Congo). *Precambrian Res*. 298, 202–219.

GRECOFF N. [1957]. Ostracodes du bassin du Congo. I. Jurassique supérieur et Crétacé inférieur du Nord du bassin. *Ann. Mus. Roy. Afr. Cent., Tervuren (Belgique), série in*-8. *Sci. Geol*. 19, 97 pp.

GRECOFF N. [1960]. Ostracodes du bassin du Congo. I. Crétacé. *Ann. Mus. Roy. Afr. Cent., Tervuren (Belgique), série in-8. Sci. Geol*. 22, 36 pp.

KADIMA E., DELVAUX D., SEBAGENZI S.N., TACK L, KABEYA S.M. [2011]. Structure and geological history of the Congo Basin : an integrated interpretation of gravity, magnetic and reflection seismic data. *Bassin Research*, . 23, 5, 499–527.

KADIMA K.E., DELVAUX D., EVERAERTS M., SEBAGENZI S.M.N., LUCAZEAU F. [2015]. Neoproterozoic to Early Paleozoic sequences of Congo Shield: comparison of Congo Basin with the surrounding marginal basins. In: de Wit, M., Guillocheau, F., de Wit, M.C.J. (Eds.), The Geology and Resource Potential of the Congo Basin. Springer, Berlin, pp. 97–109. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29482-26.

KRÖNER U., RÖMER R.L. [2013]. Two plates - many subduction zones : the Variscan orogeny reconsidered. *Gondwana Res*. 24, 298–329.

LEPERSONNE J. [1945]. La stratigraphie du Système du Kalahari et du Système du Karoo au Congo occidental. In : *Bulletin du Service géologique du Congo belge et du Rwanda-Urundi*, 1, 27–50.

LEPERSONNE J. [1977]. Structure géologique du bassin intérieur du Zaïre. In: *Bulletin de l'Académie royale de Belgique, Classe des Sciences, 5e série*, 63,12, . 941–965.

LINOL B., DE WIT M.J., BARTON E., GUILLOCHEAU F., DE WIT M.C.J., COLIN J.P. [2015]. Facies analyses, chronostratigraphy and Paleo-environmental reconstructions of Jurassic to Cretaceous sequences of the Congo Basin. In: de Wit, M., Guillocheau, F., de Wit, M.C.J. (Eds.), The Geology and Resource Potential of the Congo Basin. Springer, Berlin, pp. 135–162. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29482-2_8.

MAHESHWARI H., BOSE M.N., KUMARAN K.P. [1977]. Mesozoic sporae dispersae from Zaire : II. The Loia and Bokungu Groups in the Samba borehole. III. Some miospores from the Stanleyville Group. *Ann. Mus. royal Afrique centrale, Tervuren (Belgique), série in-8. Sci. Geol*. 80, 60 pp.

PASSAU G. [1923]. La géologie du bassin des schistes bitumineux de Stanleyville (Congo belge). *Ann. Soc. Geol. Belg. Publ. Rel. Congo Belge* 45, 91–243.

RAUCQ P. [1957]. Contribution à la connaissance du Système de la Bushimay. *Ann. Mus. Royal Congo Belge, Tervuren (Belgique), Série in-8◦. Sci. Geol*. 18, 427 pp.

RAUCQ P. [1970]. Nouvelles acquisitions sur le système de la Bushimay. *Ann. Mus. Royal Congo Belge, Tervuren (Belgique), Série in-8◦. Sci. Geol*. 69, 156 pp.

ROBERTS E.M., JELSMA R.E., HEGNA, T.A. [2015]. Mesozoic sedimentary cover sequences of the Congo Basin in the Kasaï Region, Democratic Republic of Congo. In: de Wit, M., Guillocheau, F., de Wit, M.C.J. (Eds.), The Geology and Resource Potential of the Congo Basin. Springer, Berlin, pp. 163–191. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29482-2_9.

ROBERTSON: RESEARCH INTERNAL INVESTIGATION LIMITED [1988]: A Géochimical Investigation of the cuvette central of Zaire-prepared for CTP/petro Zaire, March 1988.

SACHSE V.F., DELVAUX D., LITTKE R. [2012]. Petrological and geochemical investigations of potential source rocks of the Central Congo Basin, DRC. *AAPG Bull*. 96 ,2, 277–300.

VERBEEK T. [1970]. Géologie et lithologie du Lindien (Précambrien Supérieur du nord de la République Démocratique du Congo). *Ann. Mus. Roy. Afr. Cent., Tervuren (Belgique), série in-8. Sci. Geol*. 66, 311 pp.

ILLUSTRATIONS

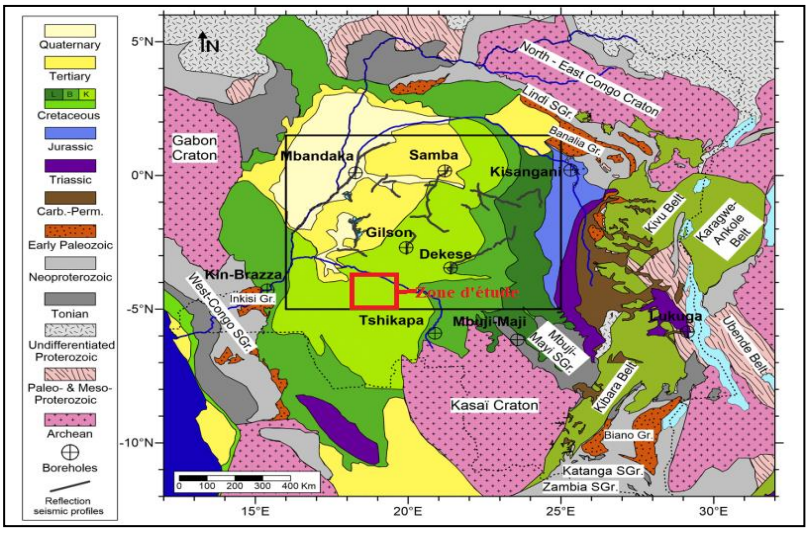


Figure 1 : *Géologie de surface de la Cuvette Centrale adapté de KADIMA et al. [2015]. Cercles noirs : puits profonds (Dekese, Gilson, Mbandaka, Samba) et zones de puits en périphérie (Kisangani, Mbuji-Mayi, Tshikapa, Lukuga et Kinshasa-Brazzaville). Les lignes noires brisées identifient les lignes sismiques de réflexion.*

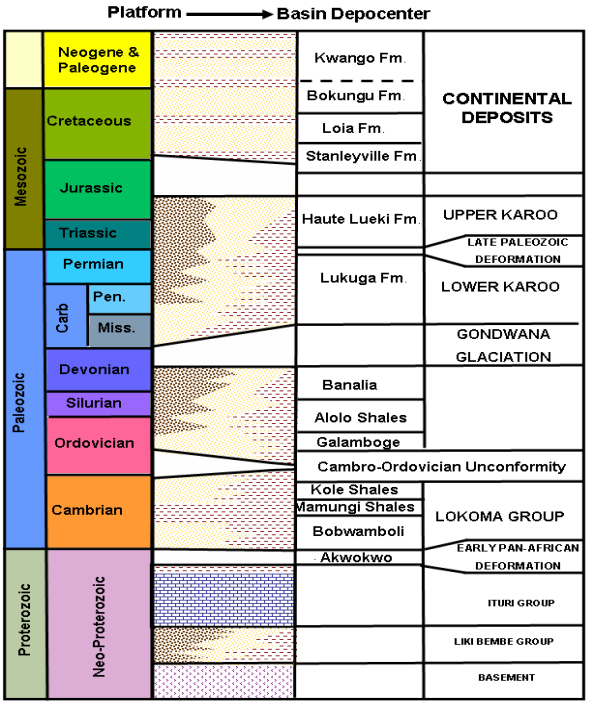


Figure 2 : Echelle lithostratigraphique stratigraphique de la Cuvette centrale.

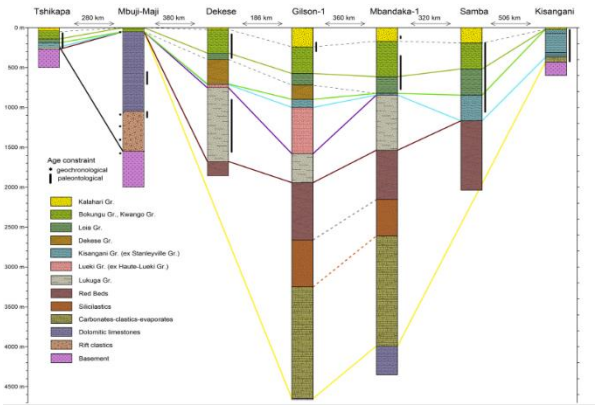
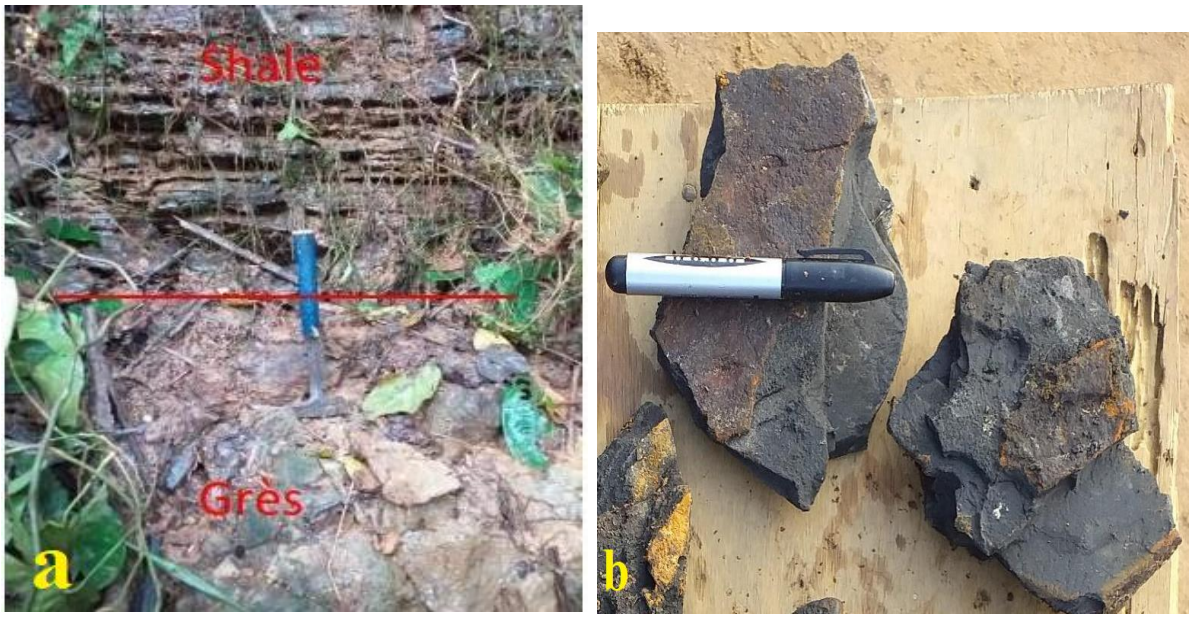


Figure 3 : Corrélations lithostratigraphiques régionales des puits à travers la Cuvette Centrale d'après DELVAUX et al. [2021].

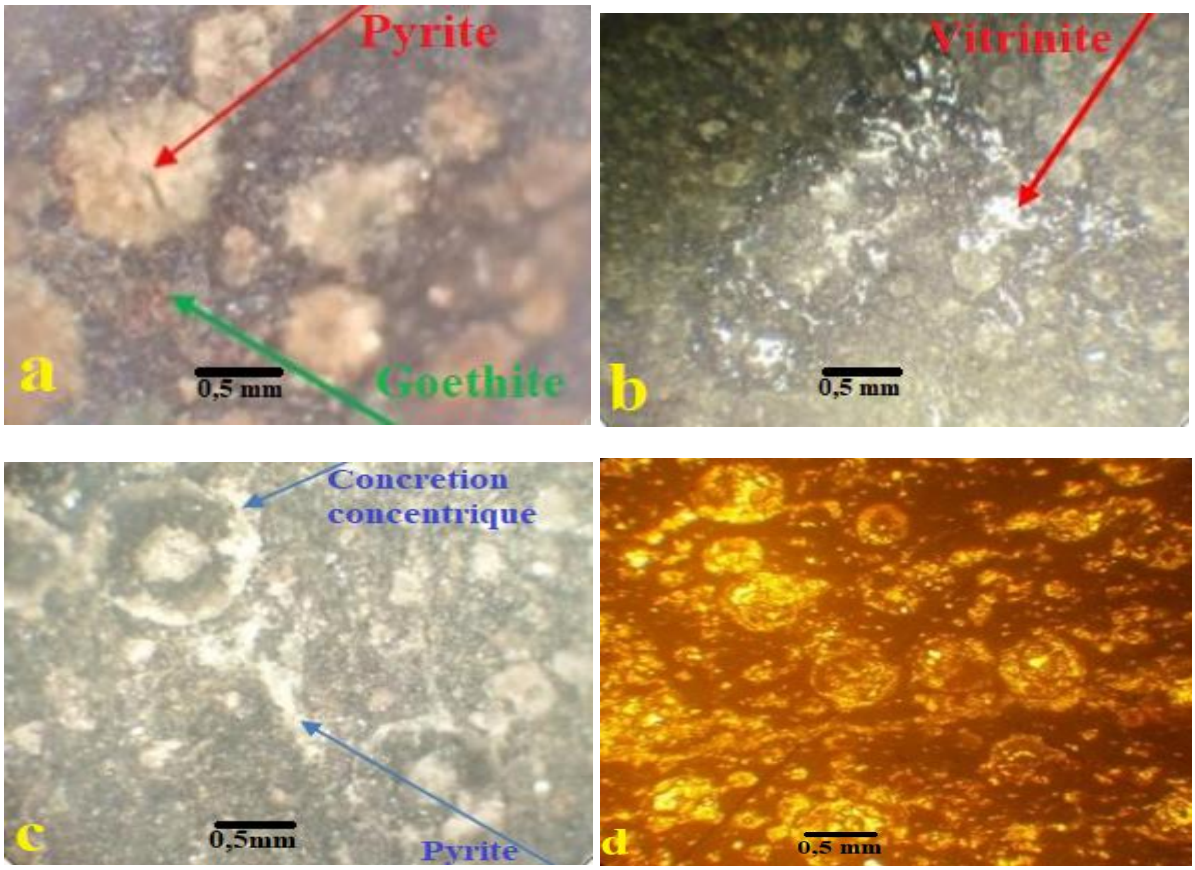
Photos 1 : Affleurement (a) et échantillon (b) des shales le long de la rivière Kiatamada.



Photos 2 : Affleurement (a) et échantillon KPL02 (b) de shale le long de la rivière Luam aval.

Photos 3 : Affleurement (a) et échantillon (b) de shale le long de la rivière Luam amont.

Photos 4 : Affleurement (a) et échantillon (b) de shale le long de la rivière Kamazina.



Photos 5 : (a) Amas de pyrite et amas de goethite de teinte brunâtre (KPL01 et KPL03) ; (b) amas de vitrinite et de pyrites (KPL02) ; (c) Concrétion concentriques et amas allongés de pyrite (KPL04) ; (d) Grains de spores et pollens.

TABLEAU

Tableau 1 : Résultats des analyses chimiques exprimées en pourcentage (%) du shale de Kipala

Paramètres	**Echantillon KPL01**	**Echantillon KPL02**	**Echantillon KPL03**	**Echantillon KPL04**
Carbone Organique Total (COT)	7,01	10,28	15,76	12,95
Oxyde de silicium (SiO_2)	65,76	59,64	61,67	59,60
Oxyde d'Aluminium (Al_2O_3)	0,18	0,22	0,46	0,74
Oxyde de Fer (Fe_2O_3)	1,12	0,44	1,07	0,76
Oxyde de Titane (TiO_2)	0,01	0,02	0,03	0,01

Oxyde de Calcium (CaO)	2,15	2,20	0,76	1,20
Oxyde de Magnésium (MgO)	0,78	0,97	0,30	0,44
Oxyde de Sodium (Na_2O)	1,04	0,76	0,44	0,26
Oxyde de Potassium (K_2O)	0,71	0,24	0,21	0,18
Humidité à 110°C (H_2O)	19,83	15,00	13,66	20,17
Oxyde de Cuivre (CuO)	0,44	0,01	0,03	0,04
N_2	0,2	0,36	0,21	0,17
S_2	0,2	0,96	5,21	3,17
Matières volatiles (CO_2)	2,05	2,02	1,47	1,39
Matières solubles dans le CS_2	16	23,01	17,04	11,01

(cc) BY-SA This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0/