

Etude Lithostratigraphique et Sédimentologique du Massif de Kimbundu dans la Province du Kongo-Central.

MUANZA KANT Patrick^{1*}, MPIANA KENABABU Charles², KANDA NKULA Valentin¹

Paper History

Received:

April 07, 2019

Revised:

October 10, 2019

Accepted:

November 09, 2019

Published:

November 27, 2019

Keywords:

Shale, Kimbundu,
Kongo-Central.

ABSTRACT

Lithostratigraphic and sedimentological study of the Kimbundu massive in the Kongo-Central province.

The lithostratigraphic and sedimentological survey of rocks belonging to the summit of Sansikwa subgroup at Kongo-Central allows to describe the true facies of these rocks, the sedimentary model, the intrusions found and the cartographic consequences of all observations made in the region. The sedimentary rocks of Kimbundu massive have not been an object of a thorough survey or detailed. They have been mapped on the geological map of the region as being the low diamictite. The field work shows that it is not Diamictite but rather a shale. In fact, analyzes of this rock shows that it has a fine granulometry, a dark grey color and contain a high proportion in total carbon [$> 5\%$]. It is almost composed of quartz angular to subangular forms swimming in clay or clay-micritic matrices and enclosed by pyrite. In the outcrop, some sedimentary structures of erosion and deposits are observed. This description corresponds to the one of shale. The characteristics described above and the extension of this shale suggest that it could have been deposited in a marine environment close to the coast with a possibility of enriching in carbonate and organic matter by the phenomenon of marine transgression. Doleritic intrusions were set up by tectonic activity [rifting] during the Middle Neoproterozoic causing the sea transgression as well as the cleft volcanism. The Kimbundu massive is only occupied by the rocks with pelitic facies that we have described as the "shale". This has led us to propose the modification of the geological map of Kimbundu region and its legend.

^{1*}Centre de Recherches Géologiques et Minières, B.P. 898 Kinshasa-Gombe, République Démocratique du Congo.

²Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Géosciences, B.P. 190 KINSHASA XI, République Démocratique du Congo.

* To whom correspondence should be addressed: muanzapatrik@gmail.com

INTRODUCTION

Le présent travail consiste en une étude lithostratigraphique et sédimentologique des roches du Néoprotérozoïque moyen dans le massif de Kimbundu. Cette étude se base principalement sur la pétrographie et la sédimentologie des roches du centre du massif. En effet, dans le Kongo-Central affleurent deux formations de la Diamictite : la Diamictite Supérieure et la Diamictite Inférieure. Plusieurs études ont été faites sur la Diamictite Supérieure, en revanche aucune étude approfondie n'a été menée sur la Diamictite Inférieure. A cet effet, l'objectif premier de ce travail est d'étudier la Diamictite Inférieure de la région de Kimbundu [cfr. Feuille Ngungu S6/14. LEPERSONNE, 1973], Cette région a été abandonnée du fait qu'après plusieurs missions de terrain, aucune roche à faciès conglomératique ou arénacé dans la région n'a été observé. Il s'est agi de connaître la formation qui

couvre la partie sommitale du massif en étudiant les faciès pétrographiques et en caractérisant l'environnement sédimentaire, d'autant plus que, malgré les nombreuses expéditions menées dans le massif, aucune publication n'a porté sur une reconstitution de l'environnement sédimentaire, ni sur une stratigraphie détaillée de la région.

Le massif de Kimbundu est situé à environ 90 km au nord-ouest de Kimpese dans la province du Kongo-Central en République Démocratique du Congo [Figure 1]. Il est défini comme la zone centrale du dôme anticlinal avec la Diamictite supérieure comme roche la plus jeune et que les roches les plus anciennes ont été considérées comme appartenant au Sansikwa [S] [LEPERSONNE, 1974] [Figure 2].

CONTEXTE GÉOLOGIQUE DU KONGO-CENTRAL

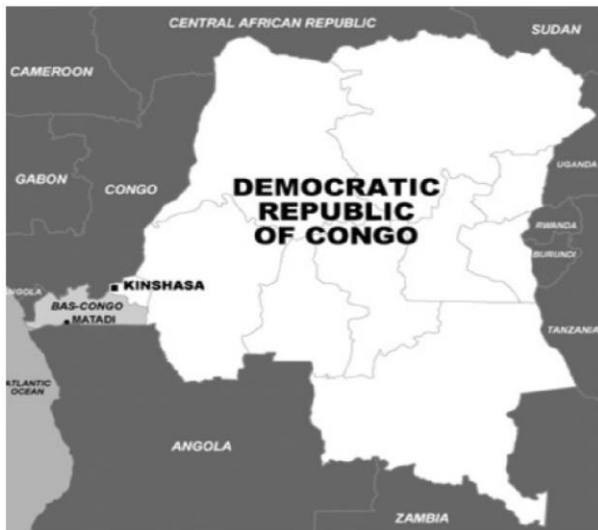


Figure 1 : Localisation de la Province du Kongo-Central [ex. Bas-Congo] sur la carte de la République Démocratique du Congo [The Civic United Front, web reference].



Figure 2 : Localisation du massif de Kimbangu. () La zone d'étude, (▲) stations d'échantillonnage se rapportant à ce travail et (▲) stations d'échantillonnage antérieures. La carte géologique de la République Démocratique du Congo, feuille Ngungu S6/14 (LEPERSONNE, 1973).

Le soubassement de la province du Kongo-Central appartient à la chaîne Panafricaine Ouest – Congo segment oriental de la grande chaîne AWCO. La chaîne Ouest – Congo se développe sur plus de 1400 km de longueur et 150 à 300 Km de largeur, du SW du Gabon en traversant l'ouest du Congo – Brazzaville et l'extrême Ouest de la République Démocratique du Congo, le NW de l'Angola jusqu'au Brésil où elle prend le nom de la chaîne Araçuaí. La chaîne a ainsi été dénommée Araçuaí-West Congo Orogen soit AWCO [Figure 3]. Son orientation est subparallèle à la côte atlantique entre 1 et 12°S. La marge Congolaise Ouest est entrée en collision avec la marge São Francisco active formant la ceinture Brésilienne « Araçuaí » aujourd'hui conservé dans le craton Sao Francisco du Brésil [ALKMIM *et al.*, 2006, 2007 ; PEDROSA *et al.*, 2007]. Le soubassement est représenté par des roches du Paléoprotérozoïque [2500 – 1600 Ma] [Kimeza] Surmontées de roches du Néoprotérozoïque [1000 – 542 Ma].

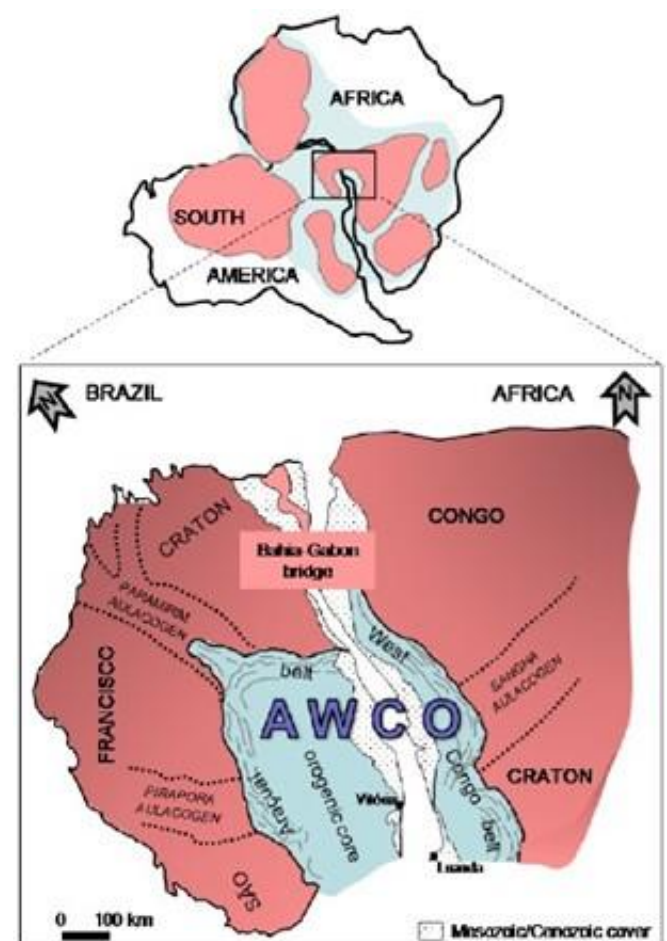


Figure 3 : Contact Amérique du Sud et Afrique avec indication du pont entre le craton de São Francisco et le craton du Congo. [ALKMIM *et al.*, 2006 ; PEDROSA *et al.*, 2007].

Ces dernières représentent le Super – Groupe de l'Ouest – Congo qui renferme le Groupe de Matadi

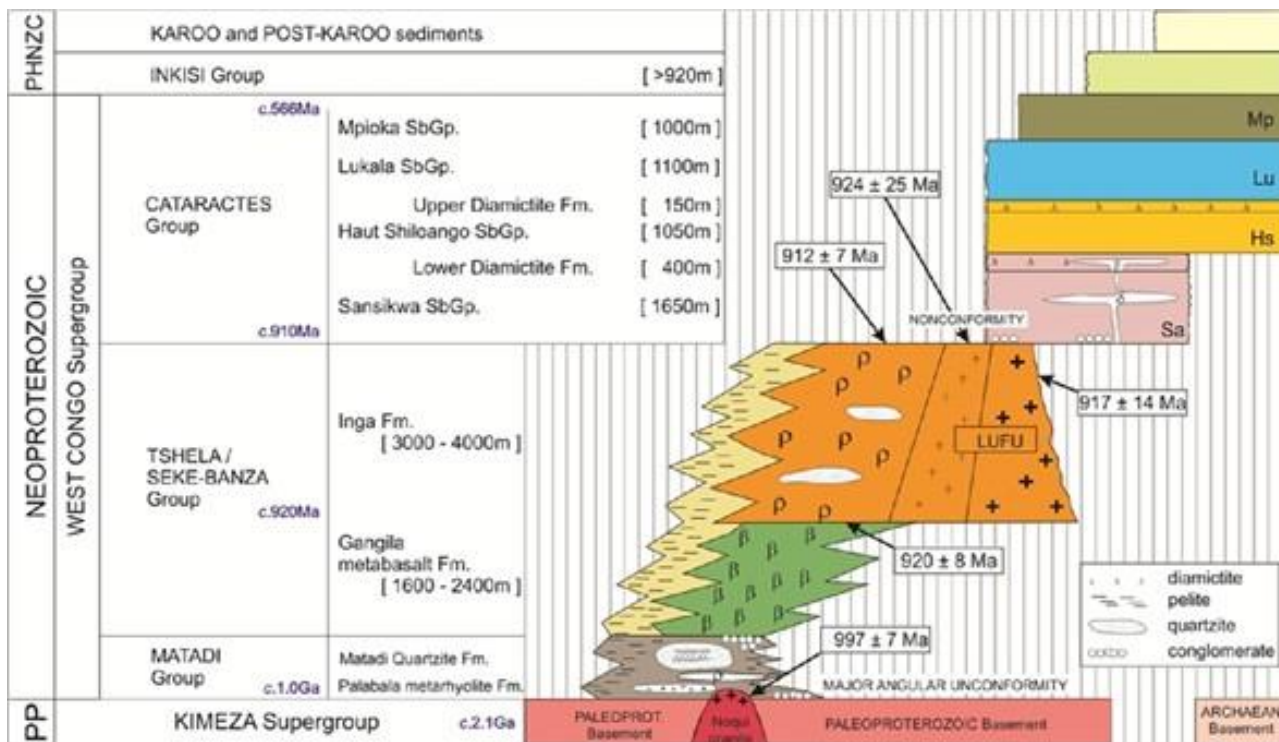


Figure 4 : Carte de la province de haut Uélé/Source : carte produite avec le logiciel QGIS à partir des shape files extraits du logiciel Healthmapper.

[ancien Zadinien], le Groupe de Seke Banza et de Tshela [ancien Mayumbien] et enfin le Groupe des Cataractes [ancien Ouest-Congolien] [CAHEN L. 1978 ; TACK *et al.* 2001 ; FRIMMEL *et al.*, 2006 ; BAUDET *et al.*, 2013] [Figure 4]. La structure globale de la chaîne Ouest – Congolienne présente une direction NW- SE, mais montre une flexion prononcée dans le Kongo-Central. Sur base des observations de terrain, des données gravimétriques, disponibles et des colonnes stratigraphiques publiées, TACK *et al.* [2001] ont schématisé la section E – W de la chaîne Ouest - Congolienne. Cette section représente en

général une quantité décroissante de déformations accompagnées de failles de l'Ouest vers l'Est et de plissement des couches [Figure 5]. Sur le plan structural, le craton du Congo [Figure 6] comprend plusieurs noyaux archéens qui ont été soudés au cours de l'orogénèse Eburnéenne approximativement entre 2.1-1.8 Ga [NOCE *et al.*, 2007 ; DE WAELE *et al.*, 2008 ; BEGG *et al.*, 2009], puis est resté stable et un bloc cohérent dans l'ensemble pendant le Paléoprotérozoïque et le Mésoprotérozoïque [TACK *et al.*, 2006]. Vers l'est, la chaîne AWCO est accolée au craton du Congo, les plateaux sont constitués de

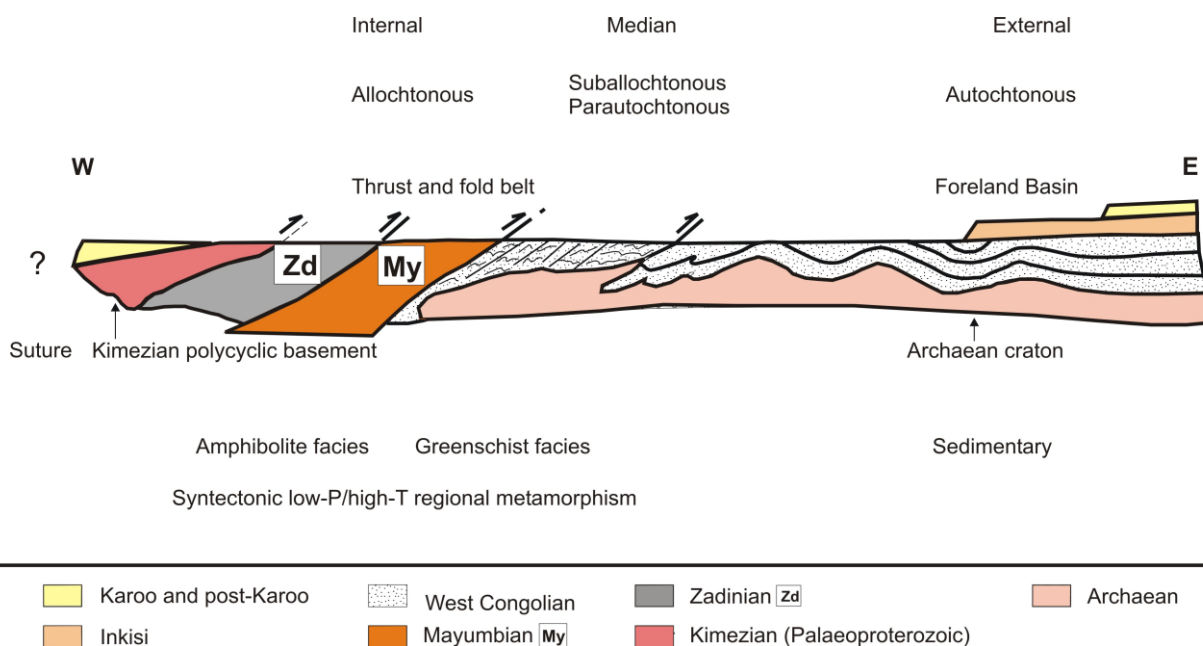


Figure 5 : Illustration schématique de la section E – W de la chaîne Ouest – Congolienne [TACK *et al.*, 2001].

couches subtabulaires du Mésozoïque et du Cénozoïque d'origine généralement continentale que l'on retrouve dans toute la cuvette centrale du bassin du Congo. À l'ouest, la chaîne est couverte par des terrains du Mésozoïque et du Cénozoïque d'origine généralement marine en formations horizontales à subhorizontales liées à l'ouverture de l'océan Atlantique [LEPERSONNE, 1974]. Vers le centre, entre Boma et Mbanza-Ngungu on trouve des roches sédimentaires, volcano-sédimentaires à métasédimentaires du Néoprotérozoïque et du Paléoprotérozoïque plissées ou non avec des granites et des sills de dolérites. Ces roches plus âgées sont désignées dans la littérature comme « les terrains du soubassement ». Une polarité se marque clairement dans la distribution de l'âge de ces terrains allant des plus vieux, paléoprotérozoïques, à l'ouest vers les plus jeunes, post-néoprotérozoïques, à l'est. De même, les formations de la région centre-occidentale [entre Boma et Songololo] sont plissées et fortement faillées [failles généralement de strain-slip] alors que les formations de la partie centre-orientale [entre Songololo et Kinshasa] sont subtabulaires avec une moindre densité de failles [failles généralement

radiales]. Certaines de ces roches du soubassement ont été affectées par plusieurs orogénèses, cependant c'est l'orogénèse pan-africaine mise en place au Néoprotérozoïque qui a laissé les principales structures de la région.

CONTEXTE GEOLOGIQUE DE LA REGION DE KIMPESE

La feuille de Ngungu comprend une zone de transition entre l'avant-pays tabulaire à l'est et la zone plissée à l'ouest ainsi que des formations précambriennes du Kongo-Central. Dans cette zone, on observe quelques témoins des formations mésozoïques et cénozoïques largement développés dans la partie orientale plus à l'Est. Il en résulte des reliefs variés : plateaux de formations tabulaires schisto-gréseuses, larges dépressions dans les formations schisto-calcaires peu plissées, rares crêtes aux sommets résiduels couronnés par les formations de couverture, reliefs appalachiens dans la région occidentale plissée. La campagne de terrain s'est effectuée dans la région de Kasi. Cette région est dominée par un massif appelé Kimbundu, ou parfois Mukimbundu

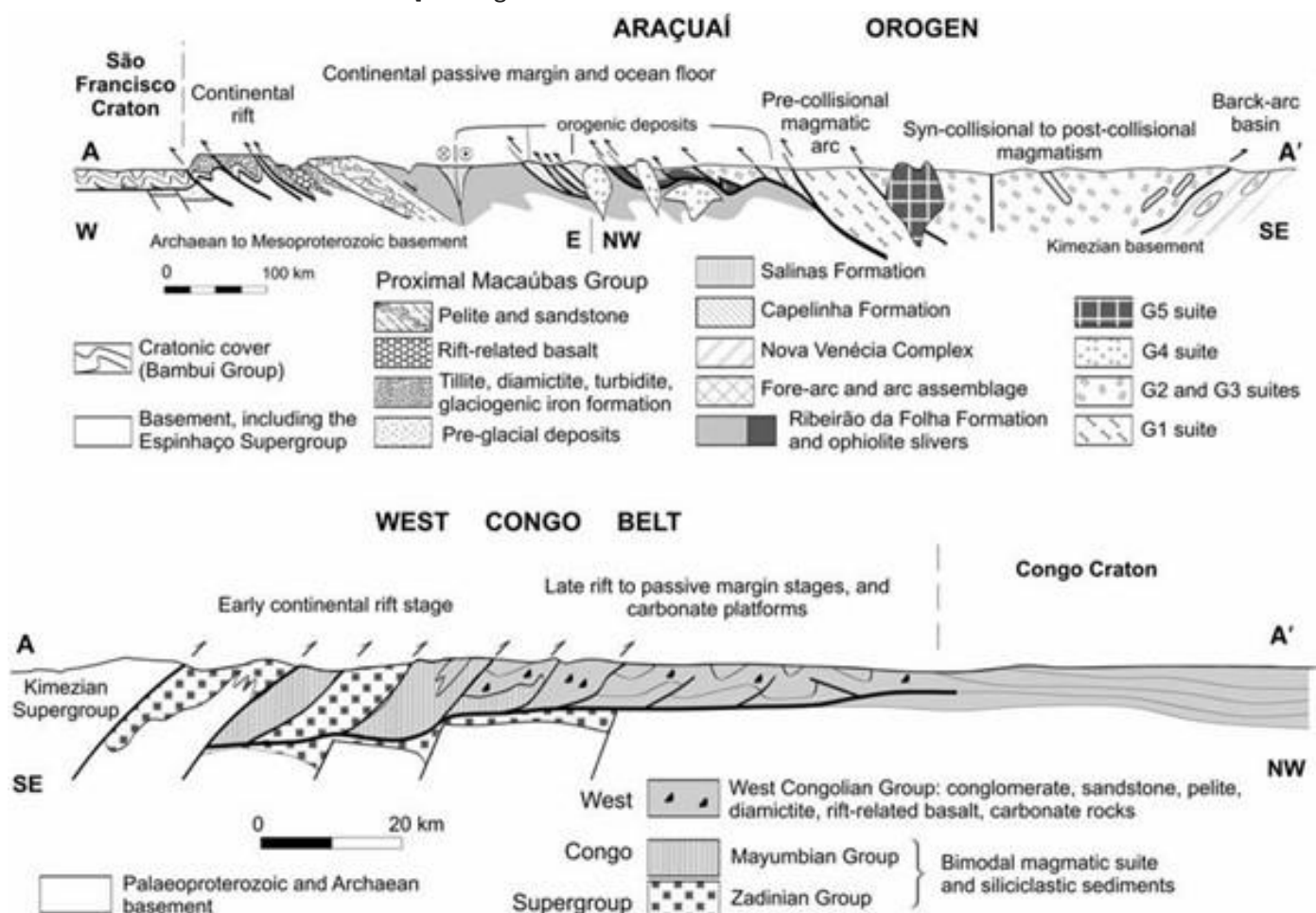


Figure 6 : Profil général de la chaîne orogénique Araçuaí / Ouest-Congo [Araçuaí West-Congo Orogeny : AWCO] et celui plus détaillé du segment congolais d'après PEDROSA et al., [2007].

qui se situe au Nord-Ouest de Kimpese. Ce massif tire son nom d'un ancien poste de mission protestante, situé au voisinage du fleuve Congo (rive gauche), près de Manianga, le long du « sentier des caravanes » et à peu près à mi – chemin entre Matadi et Kinshasa.

Du point de vue géologique, le massif est constitué d'une structure majeure anticlinale, affectant les formations sédimentaires du Groupe des Cataractes et liée au plissement de ce cycle géologique. La région est occupée par les formations de Sansikwa et de la diamictite inférieure [DE PAEPE *et al.*, 1975].

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les matériels utilisés au cours de cette étude sont : le GPS (Gamin Map 62S), la boussole, le logiciel ArcGis 10.0, le marteau de géologue, le microscope pétrographique, la loupe, le décimètre, le marqueur, les sachets en plastique pour échantillons etc.

Pour atteindre l'objectif, la première phase était de réunir les informations sur le massif par l'analyse bibliographique des anciens auteurs, l'analyse des données des archives du Centre de Recherches Géologiques et Minières « CRGM » et du Musée Royal de l'Afrique Centrale « MRAC » ainsi que l'analyse des données cartographiques et satellitaires (Image SRTM pour les altitudes). Ensuite, effectuer des nombreuses missions sur le terrain pour décrire et échantillonner les affleurements rencontrés. La région de Kasi se situe sur une pénéplaine, de ce fait, les affleurements ne sont visibles que dans des vallées à des distances très variables [de 500 m à 1 km voire plus]. Sur les affleurements, nous avons pris des mesures et prélevé les échantillons banc par banc.

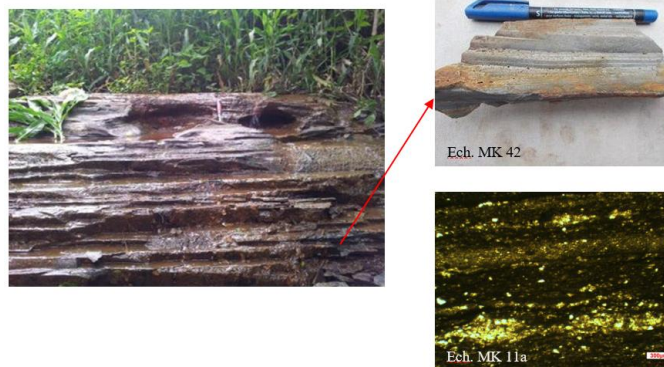


Figure 7 : Affleurement Kiombilal [Coordonnées : S 05.20262°/ E 014.13414°/ Alt. 485m] montrant le shale en bancs. L'échantillon MK 42 présente des lamines et la lame MK11a présente une alternance des lamines en boudins et lenticulaires claires et sombres

Au total, 79 échantillons ont été récoltés parmi lesquels 16 échantillons ont été triés et envoyés au laboratoire pour l'analyse microscopique.

Ce travail a été complété par diverses analyses pour caractériser les roches et les milieux de dépôt, notamment l'analyse pétrographique macroscopique et microscopique pour l'identification de la lithologie et la statistique des grains ; l'analyse sédimentologique pour déterminer les anciens milieux de dépôt ; l'analyse chimique pour améliorer l'identification lithologique et l'analyse palynologique pour rechercher de possibles traces de vie.

RÉSULTATS

Pétrographie

Les roches du massif de Kimbundu ont macroscopiquement la couleur gris-foncé. Elles sont compactes et finement grenues. Elles présentent des laminites parallèles d'ordre millimétrique à décimétrique

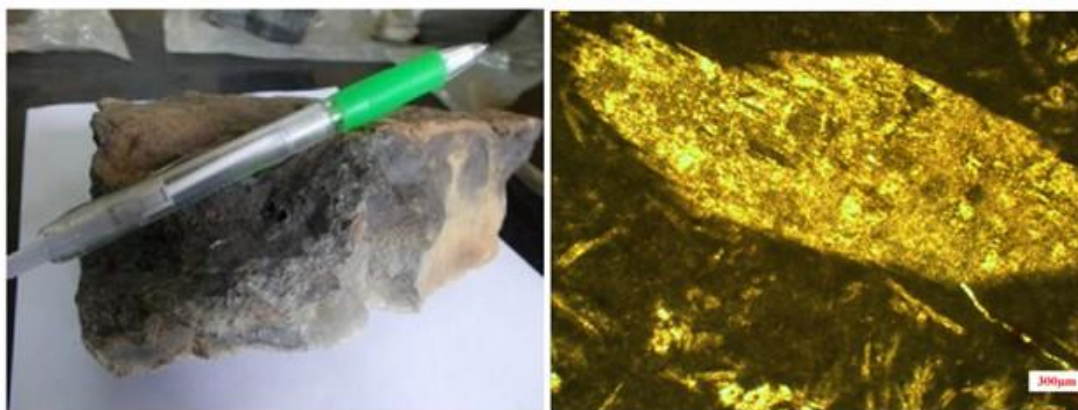


Figure 8 : Dolérite altérée présentant un phénocrystal de plagioclase baignant dans une mésostase microlitique [Ech. MK17, Coordonnées : S 05.17060°/E 014.12971°/Alt. 439m].

[Figure 7]. Elles se débitent en dalles. Elles renferment de la pyrite et la plupart réagissent à l'acide chlorhydrique [HCl] 37%.

Microscopiquement, ces roches renferment presque exclusivement des grains de quartz de forme anguleuse, subanguleuse et/ou subarrondie, de dimension allant de 30 μm à 80 μm , pour une moyenne de 55 μm . Elles se composent également d'argiles (en proportion importante), de silts, et de micrite. Certaines plages présentent des minéraux opaques. La roche en général est un shale. Ces shales sont intercalés des sills doléritiques microgrenus de couleur gris foncé [Figure 8].

Sédimentologie

Les roches sédimentaires renferment des structures souvent liées à la dynamique de fluide. Les agents de transport [eau et vent] et le milieu de dépôt par l'hydrodynamisme de fluide acquièrent des structures qui ne peuvent pas être trouvées dans les roches magmatiques ou métamorphiques.

Dans la région de Kimbundu, les structures sédimentaires observées sont les « sole marks », les rides, les laminations parallèles et les couches massives.

Les Sole marks :

Parmi les structures observées, on note les figures en creux remplis des sédiments grenus par rapport au faciès fin de la roche. Ces creux sont dus de toute évidence au phénomène de l'érosion qui affecte généralement la surface des bancs sous un écoulement turbulent. Il s'agit des sole marks qui font partie des figures sédimentaires d'érosion [Figure 9]. Ils correspondent à un groupe varié de structures qui sont observées à la base de couches plus grenues, interstratifiées avec des mudstones [shale]. Ces figures basales résultent de l'érosion de sédiments cohésifs finement grenus qui vont immédiatement être remobilisés en suspension. Les forces de cohésion du matériau érodé et celle du sédiment finement grenu permettent aux sole marks d'être maintenus jusqu'à l'enfouissement.

L'érosion et le dépôt peuvent être évidemment deux phases différentes d'un seul courant séparé par une période de temps relativement courte. L'évolution ultérieure de la séquence sédimentaire va normalement renforcer l'induration du sédiment grossier et sa résistance à l'altération par rapport au matériel plus fin [REINECK et SINGH, 1973 ; COJANT et RENARD, 2013].



Figure 9 : Figures sédimentaires d'érosion « Sole Mark » [Affleurement Ntavu].

Légende : 1 : Faciès gren ; 2 : Faciès fin.

Les laminations parallèles

La grande partie de roches de Kimbundu présente une alternance des lamines claires et sombres d'ordre millimétrique à pluricentimétrique. Les lamines claires sont grenues et les lamines sombres sont fines [Figure 10]. Le processus à l'origine de la sédimentation laminaire fine et parallèle indique par moment qu'il y a des fluctuations saisonnières où sédimentent les particules à



Figure 10 : Lamination parallèle : Ech. MK14 [Source Manzengela]



Figure 11 : Shale massif présentant une cassure conchoïdale [Affleurement Kiombilal].

partir du matériel en suspension dans toute la colonne d'eau ou à partir d'eau légèrement turbide située près de la surface.

Les lamines silteuses (grenues) correspondent à de faibles courants de densité [fort dilués] qui s'écoulent à proximité du fond alors que les lamines argileuses représentent la sédimentation de fond.

Ces sédiments présentent souvent un litage fin, parallèle avec des transitions graduelles. Le caractère transitionnel des contacts entre les lamines suggère plutôt des épisodes graduellement croissants ou décroissants de décharge plus élevée [REINECK et SINGH, 1973 ; DORRIK, 2009].

Les couches massives

La région de Kimbundu présente certaines roches à granulométrie fine ne renfermant pas des structures sédimentaires telles que la lamination et de manière générale la stratification, etc., elles sont complètement

massives au point de présenter des fractures ou cassures conchoïdales [Figure 11]. Ceci peut se faire soit par un dépôt rapide de particules en suspension ou par l'effacement des structures dû à des phénomènes tels que la bioturbation, l'activité des racines des plantes ou dans les processus de formation de sol.

Les rides

Certains affleurements de la région de Kimbundu présentent des ondulations dont l'espacement est inférieur à 2cm. Ces ondulations ont été observées dans des sédiments fins [Figure 12]. Généralement, les ondulations à espacement plus ou moins régulier sont observées dans des sédiments composés de grains dont la taille va des silts grossiers aux sables moyens. Elles sont plus rares dès que le matériel sableux devient plus grossier. Leur espacement [longueur d'onde] est généralement <50cm et le relief ne dépasse pas 3 cm. Les rides présentent toutes sortes de formes qui reflètent des processus sédimentaires particuliers et qui permettent d'interpréter les conditions de dépôt ainsi que l'action de vagues [COJANT et RENARD, 2013].

Données géochimiques

L'analyse géochimique effectuée sur les échantillons MK2a, MK14 et MK21 récoltés à Kimbundu est faite dans le but de connaître la composition géochimique et l'origine de la couleur foncée des échantillons.

Les différents éléments analysés sont : le fer, l'aluminium, le calcium, le phosphore, le magnésium, le silicium et le carbone total. Parmi ces éléments, l'accent est plus mis sur le carbone total qui contribue d'une manière substantielle à la coloration sombre des sédiments [Tableau 1 et Figure 13].

Tableau 1 : Composition géochimique des échantillons MK2a, MK14 et MK2

Éléments majeurs	Composition centésimale en %		
	MK2a	MK14	MK21
SiO ₂	79	62	72
Al ₂ O ₃	4,4	3,2	3,9
CaO	1,85	0,4	0,65
MgO	0,44	0,15	0,27
Fe ₂ O ₃	1,03	0,96	1,28
P ₂ O ₅	0,48	1,11	1,72
CT	12	8	12



Figure 12 : Ride de courant sur l'affleurement Kinkaka

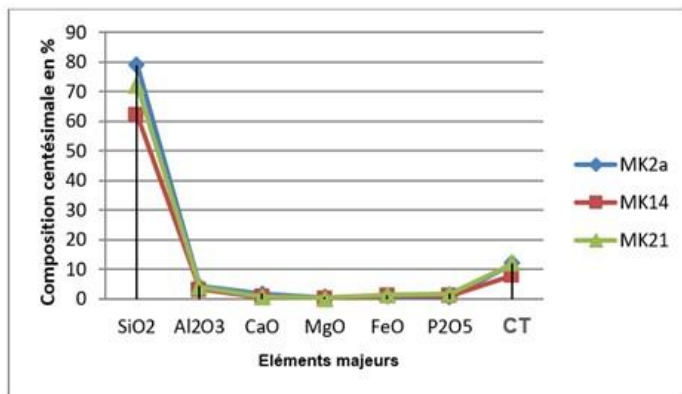


Figure 13 : Composition géochimique des échantillons MK2a, MK14 et MK21.

L'analyse géochimique des échantillons révèle que ces roches renferment un taux élevé en SiO_2 et CT [carbone total] [Tableau 1 et Figure 13]. Ceci démontre qu'il y a eu un apport important des sédiments venant du continent. Et la coloration gris-foncé serait due à la présence de la matière organique. L'analyse d'autres éléments majeurs tels que Al_2O_3 , le CaO , le MgO , le Fe_2O_3 , et le P_2O_5 montre qu'ils ont des proportions inférieures à 5%. Ce résultat correspond à celui d'un Shale [TOURTELOT, 1979].

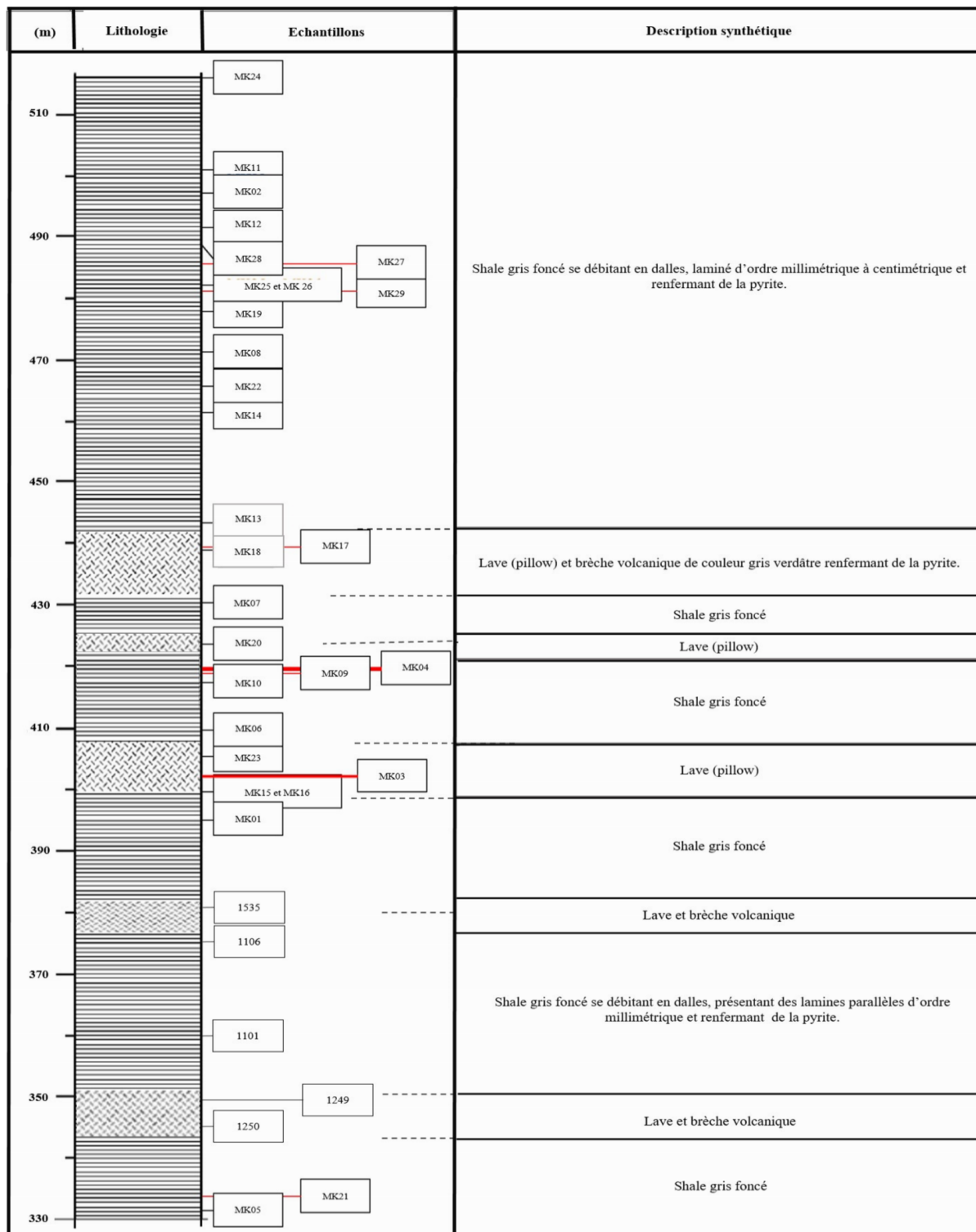


Figure 14 : Lithostratigraphie du massif de Kimbangu [330m – 515m] conçue à partir de la position altitudinale des échantillons.

SuperGroupe	Groupe	Sous-groupe	Formation		Lithologie	Age (Ma)		Observation
Karoo et Post-Karoo								
Inkisi						556 ± 29		
Ouest Congo	Ouest Congolien (Cataractes)	Mpioka	Lianzama-Kabuzi	P11	Shales, Quartzite et quartzites feldspathique	566		
			Vampa	P1	Shales, quartzites et conglomérats			
		Lukala	Ngandu	C5	Calcaires, shales, dolomie, ...	575		calcaire à algues, oolithes et cyanobactéries
			Bangu		Oolithes, calcaires, shales, dolomies, ...			calcaire à stromatolites
			Lukunga	C4	Calcaires, shales, dolomies, Stromatolithes, ...			calcaire à oolithes et pisolithes
			Kwilu	C3	Calcaire, shales, calcaire argileux, ...			Calcaire à mottes cyanobactériennes
				C2	Calcaires siliceux, shales et intercalations gréseuses.			
				C1	Dolomie			
		Haut Shiloango	Diamictite Supérieure	DS	Dimictite Marinoan	635		Cap carbonate
			Sekelolo	Sh11	calcaire, quartzite, shales, dolomie	645		
			Petite Bembezi	Sh1	shales calcareux, quartzite et conglomérats	650		
		Sansikwa	Diamictite Inférieure	DI	Diamictite sturtian	>700		N'a pas été trouvée
			Sw11	Sw11	Phyllite	923 ± 43		
			Sw1	Sw1	Arkoses, conglomérats			
		Mayumbien						

Figure 15 : Log stratigraphique de l'Ouest Congolien du Kongo-Central.

CARTE GEOLOGIQUE DE LA RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO

Feuille Banza-Ngungu (S6E14)

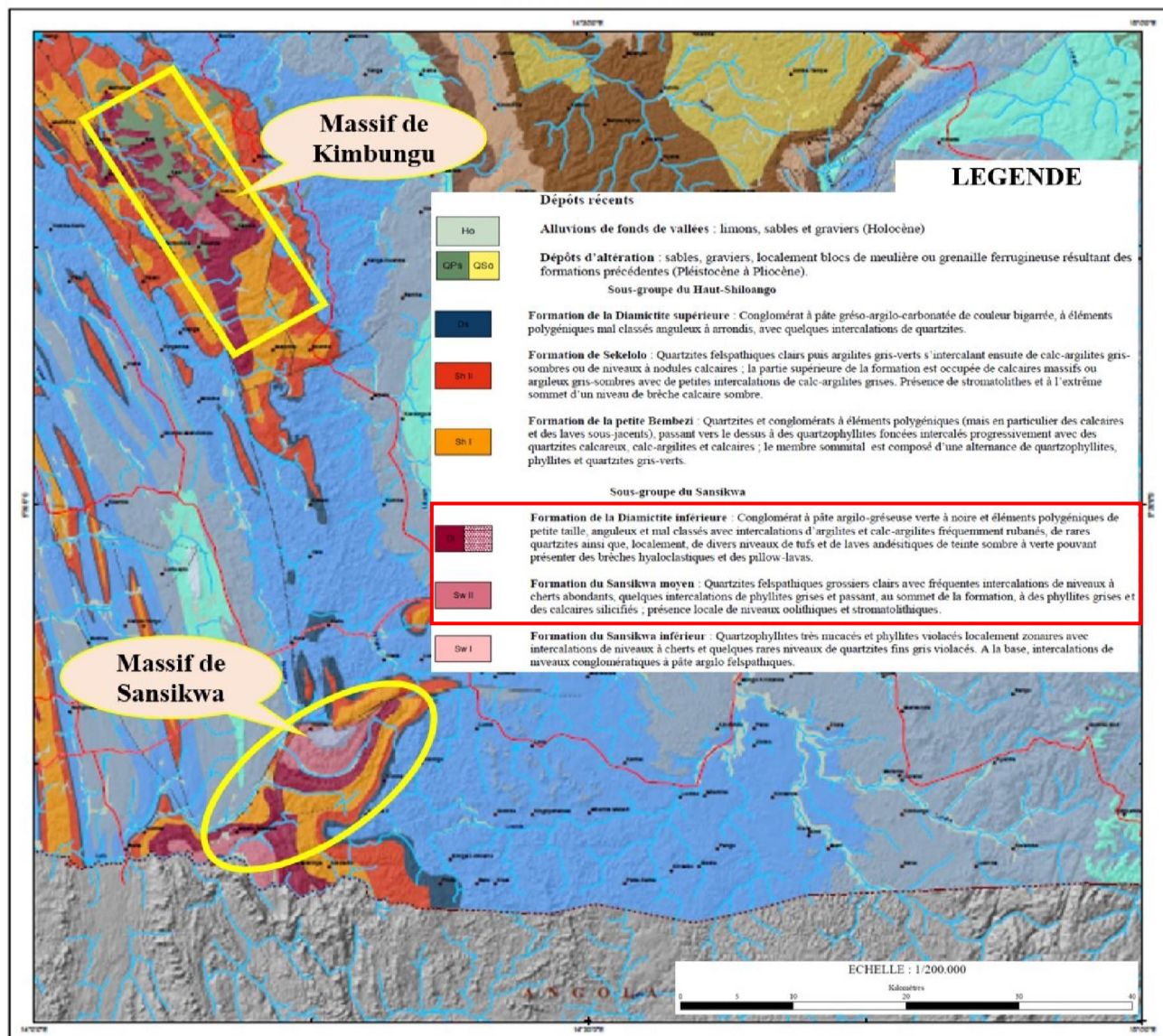


Figure 16 : Carte géologique / feuille Banza-Ngungu S6/14 [Baudet et al., 2013].

: Formations étudiées

Lithostratigraphie du massif de Kimbundu

Le shale du massif de Kimbundu étant plus ou moins tabulaire, le prélèvement des échantillons a été effectué en tenant compte de la position altitudinale des affleurements. Cette méthode réalisée à l'aide de GPS est couplée à la numérisation des points de prélèvements sur la carte géologique du Kongo-Central principalement la feuille Ngungu. Elle a ainsi permis de proposer une lithostratigraphie détaillée du massif de Kimbundu [Figure 14].

Dans cette lithostratigraphie, le shale est intercalé d'épisodes volcaniques [laves] entre 345m-350m, 375m-380m, 403m-406m, 419m-424m et 431m-440m d'altitude.

Dans la colonne stratigraphique régionale du Kongo-Central, d'après LEPERSONNE [1974], l'horizon de Shale « schiste » était classé dans le Sous-Groupe de la Diamictite inférieure du Groupe Ouest Congolien. BAUDET *et al.*, [2013] l'ont classé par la suite dans le Sous-Groupe de Sansikwa principalement dans la formation de Diamictite inférieure [Figure 15]. Dans cette partie, la Diamictite Inférieure est utilisée comme formation et non comme roche au vrai sens.

Les différentes missions de terrain effectuées dans le massif de Kimbundu ont permis d'observer les différents affleurements de la région et de faire un échantillonnage systématique. Elles ont conduit à proposer une révision de la carte géologique du Kongo-Central principalement la feuille Mbanza-Ngungu [Figure 16 et Figure 17] du fait qu'aucune roche à faciès conglomératique n'a été observée.

Dans l'ancienne version proposée de la carte, la portion de terrain attribuée à la formation de Sansikwa [Swi] apparaît au centre du massif de Kimbundu. En revanche, la plage correspondante ne figure pas dans la nouvelle version proposée de la carte. Ceci, parce que dans la région de Kimbundu, au centre, il n'y a que le shale qui affleure [Figure 17].

5. Discussion

L'objectif premier de ce travail qui était d'étudier la diamictite du massif de Kimbundu [cfr. Feuille Ngungu S6/14 d'après LEPERSONNE, 1973], a été modifié du fait que sur le terrain aucune formation observée ne correspond à cette roche. En effet nos travaux de terrain qui ont couvert la région de Kimbundu n'ont rencontré

aucune roche sédimentaire à faciès conglomératique. Il a paru nécessaire de définir le véritable faciès de ces roches, le modèle sédimentaire, les intrusions y rencontrées et la conséquence cartographique de ces observations.

Les roches de Kimbundu n'ont pas fait l'objet d'une étude particulière dans le passé. Dans le cadre de quelques missions effectuées dans la région, CAHEN et LEPERSONNE [1976] ont pu décrire macroscopiquement ces roches comme étant des roches de couleur gris-forcé ou noire, à granulométrie fine, de taille d'argile. TACK [1975] et CAHEN et LEPERSONNE [1976] ont soutenu l'idée que ces roches seraient du type « pebbly mudstone » qui contiendraient des petits galets anguleux du groupe de la Sansikwa et qui peuvent passer par diminution du volume et du nombre de galets à des shales « schistes ».

Ceci pour ces auteurs, signifierait que les roches de Kimbundu constitueraient la partie distale de la Diamictite inférieure du Bas-Congo [cfr. Feuille Banza-Ngungu S6/14, BAUDET *et al.*, 2013].

Pour pouvoir se prononcer sur la nature supposée des roches de Kimbundu, un aperçu sur la diamictite s'avère nécessaire.

Aperçu sur la diamictite

Selon l'hypothèse non génétique, BATES et JACKSON [1987] définissent la diamictite comme une roche sédimentaire terrigène, non carbonatée, contenant une grande variété de fragments [clastes] faiblement ou mal classés. La taille des fragments varie d'argile au gravier. Ces fragments anguleux à arrondis, nagent généralement dans une matrice argileuse dont la taille du grain est inférieure à 2 µm [FAUCAULT et RAOULT, 2008].

Selon l'hypothèse génétique, la diamictite est définie comme une roche sédimentaire contenant des clastes dont l'origine n'est pas connue. Sur le plan descriptif, la diamictite est décrite comme étant une succession de dépôts glaciers continentaux indiquant un refroidissement global entre 750 à 610 Ma [EYLES et JANUSZCZAK, 2004]. Les dépôts présentent d'intenses déformations et, surtout, un mélange entre différents sédiments provenant du substrat [BOULTON *et al.*, 1996 ; BOULTON et DOBBIE, 1998]. Ce mélange induré de clastes dans une matrice a également été appelé « Mixtite » [SCHERMERHORN, 1974], terme plus approprié à ce type de sédiment.

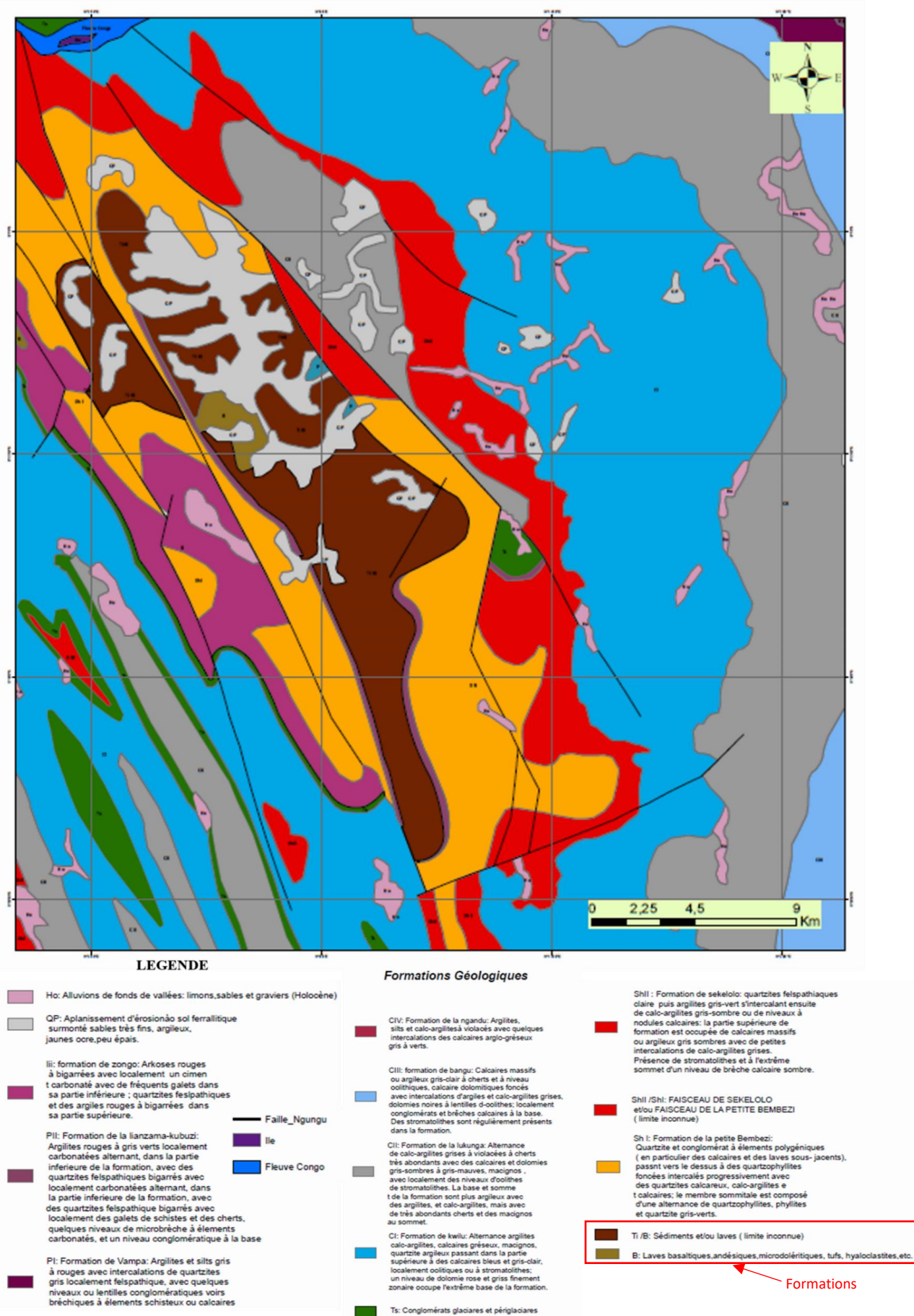


Figure 17 : Extrait de la carte géologique/feuille Banza - Ngungu SG/14 [BAUDET et al., 2013 modifiée].

Dans le Kongo- Central, la diamictite a été appelée pour la première fois tillite par LEPERSONNE [1951], mixtite par CAHEN et LEPERSONNE [1976] et enfin diamictite par FRIMMEL et al., [2006]. Ce terme diamictite a été appliqué en se basant exclusivement sur les éléments descriptifs [TACK et al., 2006]. La Figure 18

montre un échantillon type de la diamictite inférieure du Kongo Central prélevé dans le massif de Sansikwa.

Macroscopiquement, la diamictite inférieure du Kongo- Central, (l'échantillon MK03/16) est décrite comme une roche compacte et massive. Elle présente des éléments subarrondis à subanguleux dans une matrice gris-foncé. La microscopie montre que c'est une roche qui renferme des grains de quartz et de galets anguleux. La taille des grains de quartz est voisine de 400 μm correspondant à des sables moyens selon l'échelle granulométrique d'Udden-Wentworth. La forme des grains de quartz est subarrondie. La matrice est constituée d'argile et de silt. La roche est une diamictite.

La diamictite résulte de flux de débris terrestres « debris flow » [EYLES et JANUSZCZAK, 2004] ou subaqueux provenant directement de la base d'un glacier « basal till » [NICOLAJ et *al.*, 2006]. D'autres origines sont envisagées comme des sédiments simplement soumis à l'influence glaciaire, ou même à une origine non glaciaire et alors tectonique comme l'indiquent les travaux de EYLES et JANUSZCZAK [2004]. L'influence glaciaire permet le dépôt en milieu aqueux de débris solides pris dans la glace flottante et progressivement fondante [dropstones] [EYLES et EYLES, 1983 ; DOWDESWELL et *al.*, 1994] et de débris provenant de flux de gravité à proximité d'une

pente continentale associée à la marge glaciaire [EYLES et JANUSZCZAK, 2004].

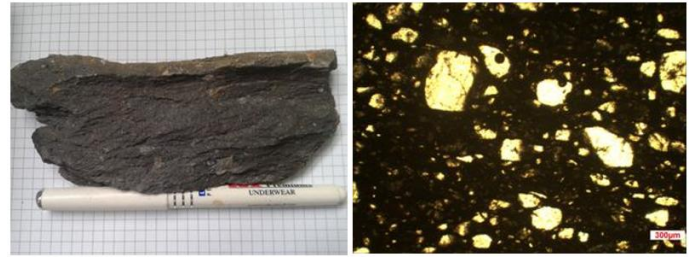


Figure 18 : Un échantillon de la diamictite inférieure montrant des éléments grossiers dans une matrice argilo-silteuse (a : vue macroscopique ; b : vue microscopique). (Ech.MK03/16_Source Nzundu/ massif de Sansikwa). Coordonnées : S

En définitive, le mode de formation des diamictites est encore aujourd'hui sujet à discussion, car leur origine n'est pas identifiée de façon précise dans tous les cas.

Certains auteurs la considèrent comme le produit d'une glaciation globale, hypothèse du « Snowball Earth » [KIRSCHVINK, 1992 ; HOFFMAN et al., 1998 ; HOFFMAN et SCHRAG, 2002] ; d'autres y voient plutôt le produit de mécanismes tectoniques lors de la fragmentation et du rifting progressif du supercontinent Rodinia pendant le Néoprotérozoïque [EYLES et JANUSZCZAK, 2004].

A l'issue de ces descriptions et définitions, il y a lieu de donner en résumé quelques critères d'identification de la diamictite.

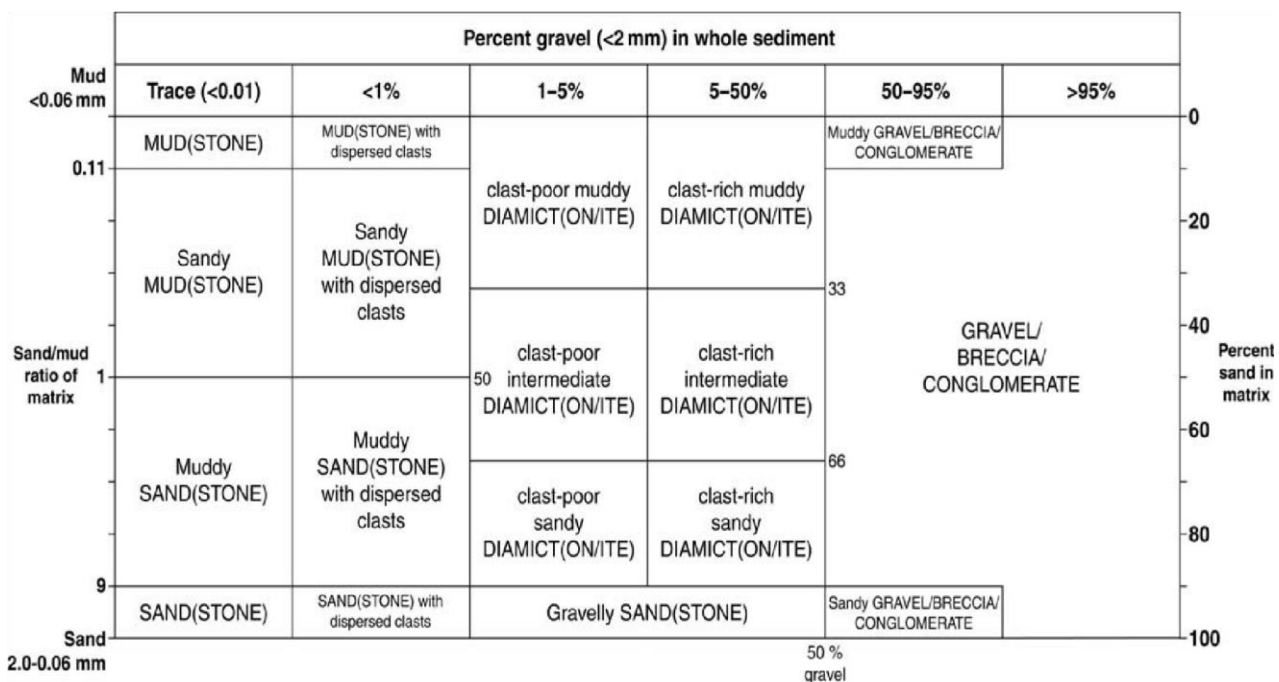


Figure 19 : Classification des sédiments détritiques [HAMBREY et GLASSER, 2003].

Selon RICHARD [2000], ces critères se présentent comme suit :

- La diamictite n'est pas lithifiée ;

- La diamictite contient des clastes mal ou non triés de tailles variées baignant dans une matrice boueuse ;
- A la différence de la Diamictite d'origine turbiditique qui montre des structures sédimentaires d'écoulement, celle d'origine glaciaire n'en renferme pas ;
- La diamictite ne montre pratiquement pas une orientation systématique de grands axes des clastes ;
- La diamictite d'origine glaciaire présente des stries ;
- La diamictite d'origine turbiditique peut avoir une extension latérale et une épaisseur considérable ;
- La diamictite renferme pétrographiquement une variété d'éléments, etc.

HAMBREY et GLASSER [2003] ont finalement défini les différentes diamictites en relation avec la taille des clastes et la proportion de sable et d'argile dans la matrice [Figure 19].

Les roches de Kimbundu

Dans cette étude il est apparu sur le plan macroscopique que les roches du massif de Kimbundu ont la couleur gris-foncé. Ce sont des roches compactes et finement grenues. Elles présentent des laminations parallèles d'ordre millimétrique à décimétrique. Elles se

débitent en dalles et renferment de la pyrite. Sur le plan microscopique, ces roches sont composées dans leur quasi-totalité de grains de quartz de forme anguleuse, subanguleuse et/ou subarrondie, de dimension allant de plus ou moins 30 μm à 80 μm baignant dans une matrice argileuse ou argilo-micritique. Certaines plages présentent des minéraux opaques. Cette description pétrographique ne fait état d'aucune présence des clastes [grands ou petits] et de ce fait, elle ne répond à aucun des critères définis par RICHARD [2000]. Il s'agit plutôt d'un shale.

En effet, le « shale » se définit dans la littérature comme étant une roche de couleur gris sombre, laminée, à grains fins de taille du limon et de l'argile qui se sont accumulés ensemble. Il renferme une proportion de la matière organique supérieure à 1% [WIGNALL, 1994 ; TRABUCHO-ALEXANDRE et al., 2012] et peut contenir de petites quantités de minéraux carbonatés diagénétiques [TOURTELOT, 1979 ; DORRIK, 2009] ainsi que de la pyrite [LOVE, 1967 ; RICHARD, 1970].

Les données pétrographiques et sédimentologiques récoltées tant sur le terrain qu'au laboratoire ont permis de proposer un modèle sédimentaire faisant appel à un environnement marin proche du littoral [Figure 20].

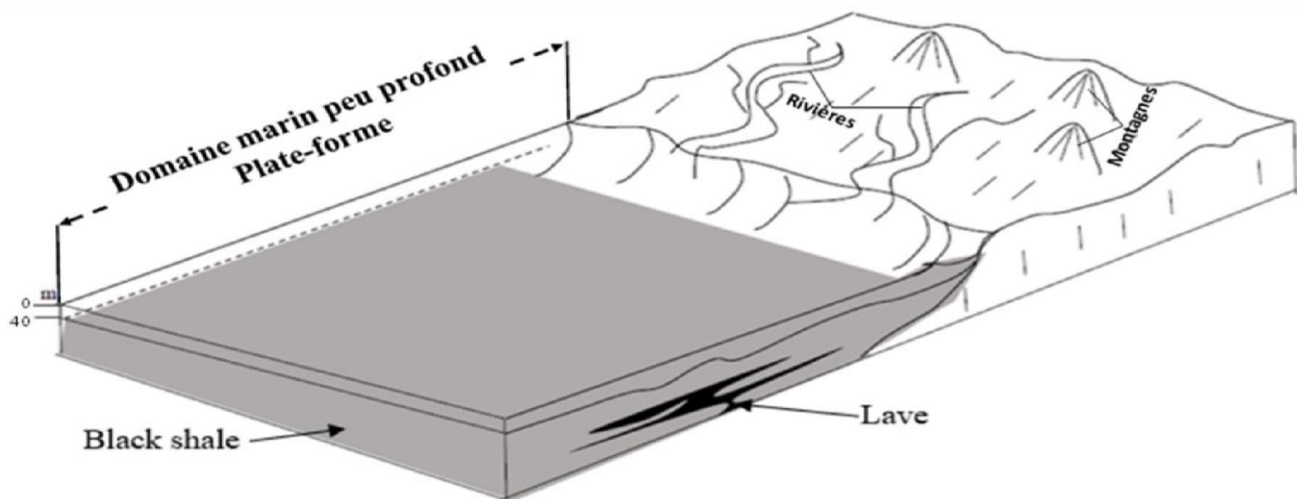


Figure 20 : Modèle sédimentaire de shale du massif de Kimbundu au Kongo-Central.

En effet, les roches de Kimbundu ont une extension importante et contiennent des grains de quartz détritiques de granulométrie fine [30 μm à 80 μm], de forme anguleuse, subanguleuse et/ou subarrondie, baignant dans une matrice argileuse ou argilo-micritique. Ces roches renferment de la pyrite, et chimiquement elles présentent une teneur élevée en carbone total. La structure laminaire, la couleur gris-foncé et la matrice

argilo-micritique qui les caractérisent, nous poussent à conclure qu'il s'agit d'un shale.

L'extension importante, la couleur et la composition chimique d'une part, la taille et la forme des grains de cette roche d'autre part ainsi que les figures sédimentaires trouvées dans la région correspondent à une sédimentation mise en place dans cet environnement. Dans ce bassin se déposent des

matériaux détritiques continentaux avec possibilité d'enrichissement en carbonate et matière organique apportés par la transgression marine. Pendant la sédimentation du shale, une activité tectonique [rifting] se serait produite et aurait occasionné des fractures, le volcanisme ainsi que la transgression marine [par le soulèvement de la plaque dû à la séparation des plaques].

Dans la littérature, les « shales » formés dans un environnement marin proche du littoral, ont des caractéristiques suivantes : une extension remarquable [REINECK et SINGH, 1973] et une épaisseur importante [COJAN et RENARD, 2013]. Ils ont une couleur gris foncé, composés généralement des matériaux détritiques continentaux de dimension fine, riches en métaux. Ils sont généralement mis en place dans un contexte transgressif permettant l'apport important des sédiments de fond tels que le carbonate et la matière organique [TOURTELOT, 1979]. La séparation des plaques [rifting] est l'un des facteurs causals de la transgression marine lorsque l'activité géodynamique s'accélère [REINECK et SINGH, 1973].

Dans le massif de Kimbundu, la présence des sills de dolérite pénétrant les shales « schistes » a été signalée par GROSEMANS [1951] ; et DELHAL [1973] montre le caractère spilitique de ces laves basaltiques. Ces laves sont généralement interstratifiées dans les « schistes » et peuvent ou non comporter de petits galets anguleux [CAHEN et LEPERSONNE, 1976]. DE PAEPE et al., [1975], KAMPUNZU et al., [1991] et TACK et al., [2001] ont poursuivi l'étude chimique et pétrographique de ces laves et ont observé des structures en coussins. Ils ont conclu qu'il s'agit de basaltes tholéitiques.

Dans ce travail, nous confirmons la présence de laves. L'analyse microscopique de ces laves montre qu'elles ont une structure microlitique dans laquelle on observe les phénocristaux de plagioclase nageant dans une mésostase faite des petites baguettes de plagioclase. Il s'agit de dolérite.

Dans la littérature, les laves doléritiques sont décrites comme des roches à composition de basalte qui se sont refroidies dans des gîtes souterrains de faible profondeur [JUNG, 1969]. Ce sont des roches typiques de la croûte océanique mais aussi des grands épanchements continentaux issus d'un volcanisme fissural causé par le rifting [ROSSIER, 2012]. Dans ces roches, les plagioclases forment de grands cristaux rectangulaires, visibles à l'œil

nu ou à la loupe et dont les sections se présentent à la manière de lattes, appuyées les unes contre les autres. Les intervalles sont remplis par une mésostase quelconque [JUNG, 1969].

Pour ce qui concerne la mise en place des laves dans la région de Kimbundu, le modèle sédimentaire [Figure 13] proposé dans ce travail montre que le shale a été mis en place dans un contexte tectonique de divergence des plaques [rifting]. Les mouvements créés par ce rifting ont occasionné les fractures et le volcanisme. Ce volcanisme contemporain de la sédimentation est responsable de l'interstratification des laves sous forme de sills doléritiques dans le shale.

DE WAELE et al., [2008] et BEGG et al., [2009] confirment le contexte tectonique de divergence des plaques [rifting] conduisant à la mise en place de lave dans le supergroupe Ouest-Congo précisément dans le Néoprotérozoïque moyen et PEDROSA et al., [2011] confirment le même contexte dans l'Araçuaí au Brésil. Dans le massif de Kimbundu, ces laves démontrent le caractère extensif de la région, voire la première étape de l'ouverture océanique [KAMPUNZU et al., 1991] dans un contexte tectonique intraplaque [ensialique] [FRANSSEN et ANDRE 1988 ; DE PAEPE et al., 1975]. Il s'agit bien de laves subaquatiques [CAHEN et LEPERSONNE, 1976].

Le massif de Kimbundu est constitué par une structure majeure en anticlinal [DE PAEPE et al., 1975]. Il est situé au nord-ouest du massif de Sansikwa. D'après la légende et la notice de la carte géologique de la RDC, feuille Banza - Ngungu [BAUDET et al., 2013], le massif de Kimbundu montre la composition lithologique suivante :

- Au centre, des quartzophyllites très micacées et phyllites violacées localement zonaires avec intercalations de niveaux à cherts et quelques rares niveaux de quartzites fins gris violacés [Sh1] ;
- Autour de toutes ces roches affleure la formation de la diamictite inférieure composée de conglomérat à pâte argilo-gréseuse verte à noire et éléments polygéniques de petite taille, anguleux et mal classés avec intercalations d'argiles et calc-argilites fréquemment rubanés, de rares quartzites ainsi que, localement, de divers niveaux de tufs et de laves de teinte sombre à verte pouvant présenter des brèches hyaloclastiques et des pillow-lavas.

Comme montré dans cette étude, le massif de Kimbundu ne montre pas la présence d'aucune roche sédimentaire à faciès conglomératique ou arénacé [quartzophyllite ou quartzite]. Il est uniquement occupé par des roches à faciès pélitique décrits dans cette étude comme étant le « shale ».

Ceci a conduit à proposer une révision concernant la légende cartographique du massif de Kimbundu telle que présentée dans la carte proposée [Fig.16].

CONCLUSION

L'étude lithostratigraphique et sédimentologique menée sur les roches du massif de Kimbundu a permis de déterminer les faciès pétrographiques de ces roches, l'environnement sédimentaire dans lequel elles se sont déposées et enfin de proposer une nouvelle cartographie géologique de la région.

Après plusieurs observations faites dans la région, aucune formation sédimentaire à faciès conglomératique telle que définie ci-haut n'a été trouvée sur le terrain.

Les éléments tirés de ces observations et analyses permettent d'avancer les conclusions suivantes :

- En ce qui concerne le faciès pétrographique, il s'agit d'un shale. La roche a une couleur gris foncé. Elle se débite en dalles et renferme de la pyrite. Elle est finement grenue et présente des laminations parallèles. Au microscope, la plage n'est composée que de grains de quartz de forme anguleuse, subanguleuse et/ou subarrondie baignant dans une matrice argileuse ou argilo-micritique. L'analyse géochimique montre que ce shale renferme un taux élevé en carbone total;
- Quant à l'environnement sédimentaire, la taille et la forme des grains ainsi que l'extension remarquable, la couleur et la composition chimique de cette roche montrent qu'elle se serait déposée dans un environnement sédimentaire proche du littoral sous des eaux anoxiques avec une possibilité d'enrichissement en carbonate et matière organique apportés du fond par la transgression marine. La présence des laves dans le shale prouve que ce dernier a été mis en place dans un contexte tectonique de divergence des plaques [rifting] liée à la

dislocation de Rodinia. Les mouvements créés par ce rifting ont occasionné la transgression marine, les fractures et le volcanisme. Ce volcanisme contemporain de la sédimentation est responsable de l'interstratification des laves sous forme de sills doléritiques dans le shale; laves rencontrées entre les cotes 345m et 350m, 375m et 380m, 403m et 406m, 419m et 424m, 431m et 440m;

- Concernant la stratigraphie et la cartographie géologique de la région de Kimbundu, la nouvelle carte proposée ne montre ni la formation de la Diamictite inférieure ni celle de Sansikwa [Swl] au centre du massif comme dans les cartes précédentes étant donné que celles-ci n'ont pas été observées sur le terrain.

RESUME

L'étude lithostratigraphique et sédimentologique des roches appartenant au sommet du Sous-Groupe de Sansikwa au Kongo-Central a permis de définir le faciès de ces roches, le modèle sédimentaire, les intrusions y rencontrées et la conséquence cartographique de toutes les observations faites dans la région. Les roches sédimentaires du massif de Kimbundu ont été cartographiées comme étant la diamictite inférieure. Les observations de terrain montrent qu'il ne s'agit pas de la Diamictite, mais plutôt d'une roche pélitique. En effet, les analyses faites montrent que la roche est de couleur gris foncé, a une granulométrie fine et contient une proportion élevée en Carbone Total [$> 5\%$]. Elle est constituée dans sa quasi-totalité de quartz des formes anguleuses à subanguleuses ou subarrondies nageant dans une matrice argileuse ou argilo-micritique et renferme de la pyrite. Dans les affleurements, quelques structures sédimentaires d'érosion et de dépôts sont observées. Cette description correspond à celle d'un shale. Les caractéristiques citées ci-haut et l'extension de ce shale suggèrent qu'il se serait déposé dans un environnement marin proche du littoral avec une possibilité d'enrichissement en carbonate et matière organique par le phénomène de transgression marine. La présence des intrusions doléritiques est due à l'activité tectonique [rifting] provoquant le volcanisme fissural et la transgression marine au cours du Néoprotérozoïque moyen. Le massif de Kimbundu est constitué uniquement des roches à faciès pélitique décrites ici comme étant le «

shale ». Ceci, a conduit à proposer la révision de la carte géologique de la région de Kimbundu.

Mots Clés

Shale, Kimbundu, Kongo-Central

REFERENCES

- ALKMIM F.F., MARSHAK S., PEDROSA S.A.C., PERES G.G., CRUZ S.C., WHITTINGTON A. [2006]. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, 149, 43–63.
- ALKMIM F.F., PEDROSA S.A.C., NOCE C.M., CRUZ S.C.P. [2007]. Sobre a evolução tectônica do Orogênio Araçuaí-Congo Ocidental. *Geonomos*, 15, 35–43.
- BATES R.L., JACKSON J.A. [1987] Glossary of geology [3d ed.]: Alexandria, Va., American Geological Institute, 788 p.
- BAUDET D., FERNANDEZ-ALONSO M., KANT K.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, Inédit, 50p.
- BEGG G.C., GRIFFIN W.L., NATAPOV L.M., O'REILLY S.Y., GRAND S.P., O'NEILL C.L., HRONSKY J.M.A., POUDJOM DJOMANI Y., SWAIM C.J., DEEN T., BOWDEN P. [2009]. The lithospheric architecture of Africa: Seismic tomography, mantle petrography, and tectonic evolution. *Geosphere* 5 [1], 23–50.
- BOULTON G.S., DOBBIE K.E. [1998]. Slow flow of granular aggregates: the deformation of sediments beneath glaciers. *Phil. Trans. R. Soc. London*, 356: 2713–2745.
- BOULTON G.S., VAN DER MEER J.J.M., HART J., BEETS D., RUEGG G.H.J., VAN DER WATEREN F.M., JARVIS J. [1996]. Till and moraine emplacement in a deforming bed surge—an example from marine environment. *Quat. Sc. Rev.*, 15: 961–987.
- CAHEN L. [1978]. La stratigraphie et la tectonique du Supergroupe Ouest-Congo Hen dans les zones médiane et externe de l'orogène Ouest-Congolien [Pan-Africain] au Bas-Zaïre et dans les régions voisines. *Ann. Mus. roy. Afr. centr., Tervuren [Belg.]*, in-8°, Sc. Géol. 83, 150 p.
- CAHEN L., LEPERSONNE J. [1976]. Les mixtites du Bas-Zaïre : Mise au point intérimaire. *Mus. Roy. Afr. Centr., Tervuren [Belg.]*, Rapp. Ann. 1975 : 33–57.
- COJAN I., RENARD M. [2013]. Sédimentologie. 3^e Ed. *Dunod*, Paris, 2013.
- DE PAEPE P., HERTOGEN J., TACK L. [1975]. Mise en évidence de lave en coussins dans les faciès volcaniques basiques du massif de Kimbundu [Bas – Zaïre] et implications sur le magmatisme ouest – congolien. *Ann. Soc. Géol. Belg.* 98, 251–270.
- DE WAELE B., JOHNSON S.P., PISAREVSKY S.A. [2008]. Paleoproterozoic to Neoproterozoic growth and evolution of the eastern Congo Craton: Its role in the Rodinia puzzle, *Precambrian Research* 160, 127–141.
- DELHAL P. [1973]. Etude pétrographique des laves du massif de Kimbundu [Bas-Zaïre]. *Rapp. Ann. 1972 Dépt. Géol. Min. Mus. Roy Afr. Centr. Tervuren*, 52–53.
- DORRIK A.V. [2009]. *Sedimentary Rocks in the Field*. Fourth impression 2009, *Manson Publishing Ltd*.
- DOWDESWELL J.A., WHITTINGTON R.J., MORIERFIELD P. [1994]. The origin of massive diamictite facies by iceberg rafting and scouring, Scoresby Sund, east Greenland. *Sedimentology*, 41 [1994] : 21–35.
- EYLES C.H., EYLES N. [1983]. Sedimentation in a large lake: a reinterpretation of the late Pleistocene stratigraphy of the late Pleistocene stratigraphy of Scarborough Bluffs, Ontario, Canada. *Geol.*, 11 : 146–152.
- EYLES N., JANUSZCZAK N. [2004]. « Zipper-rift » : a tectonic model for Neoproterozoic glaciations during the breakup of Rodinia after 750Ma. *Earth-Science Reviews* 65, 1–73.
- FAUCAULT A., RAOULT J.F. [2008]. Dictionnaire de géologie. 7^e ed. *Dunod*. Paris, 2008.
- FRANSSSEN L., ANDRÉ L. [1988]. The Zadinian group [late Proterozoic, Zaïre] and its bearing on the origin of the west-Congo orogenic belt. *Precambrian Research* 38, 215–234 pp.
- FRIMMEL H.E., TACK L., BASEI M.S., NUTMAN A.P., BOVEN A. [2006]. Provenance and chemostratigraphy of the Neoproterozoic West Congolian Group in the Democratic Republic of Congo. *Journal of African Earth Sciences* 46, 221–239 pp.
- GROSEMANS P. [1951]. Intrusions basiques et laves des formations anciennes du Bas – Congo. *Ann. Mus. Congo belge*, n°8, Sc. Géol. 9, 61 pp.
- HAMBREY M.J., GLASSER N.F. [2003]. Glacial sediments: processes, environments and facies. In: Middleton, G. V. [ed.] *Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 316–331.
- HOFFMAN P.F., KAUFMAN A.J., HALVERSON G.P. [1998]. A Neoproterozoic snowball Earth. *Science* 281, 1342–1346.
- HOFFMAN P.F., SCHRAG D.P. [2002]. The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra Nova*, 14, 129 – 155.
- JUNG J. [1969]. Précis de pétrographie. Paris, 3^e Ed. *Masson et Cie*, 241 p.
- KAMPUNZU A.B., KAPENDA D., MANTEKA B. [1991]. Basic magmatism and geotectonic evolution of the Pan African belt in central Africa: evidence from the Katangan and West Congolian segments. *Tectonophysics*, 190, 363–371p.
- KIRSCHVINK J.L. [1992]. Late Proterozoic Low-Latitude Global Glaciation: the Snowball Earth. In: *The Proterozoic Biosphere: a Multidisciplinary study*, Schopf J.W. et Klein C. [eds]. *Camb. Univ. Press*, 1992 : 51–52.
- LEPERSONNE J. [1951]. : Données nouvelles sur la stratigraphie des terrains anciens du Bas -Congo. *Bull. Soc. Géol. Belg.* t. LX, 169 - 189 p.
- LEPERSONNE J. [1973]. Notice explicative de la feuille Ngungu. Service géologique, 66 p.
- LEPERSONNE J. [1974]. Carte géologique du Zaïre au 1 : 2.000.000 et notice explicative. République du Zaïre, Département des Mines, Direction de la Géologie, 67 p.
- LOVE L.G. [1967]. Early diagenetic iron sulphide in Recent sediments of the Wash [England]. *Sedimentology*, v. 9, pp. 327–352.

- NICOLAJ K.L., JAN A.P., POUL C., JOHN M. [2006]. Formation and deformation of basal till during a glacier surge; Elisebreen, Svalbard. *Geomorphology* 81, 217-234.
- NOCE C.M., PEDROSA S.A.C., SILVA L.C., ARMSTRONG R., PIUZANA D. [2007]. Evolution of polycyclic basement complexes in the Araçuaí orogen, based on U–Pb SHRIMP data: Implications for Brazil-Africa links in Paleoproterozoic time. *Precambrian Research*, doi: 10.1016/j.precamres.2007.06.001.
- PEDROSA S.A.C., BABINSKI M., NOCE C.M. [2011]. The Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, SE Brazil. *Geological Society, London*, v. 36; pp 523-534.
- PEDROSA S.A.C., NOCE C.M., ALKMIM F.F., SILVA L.C., BABINSKI M., CORDANI U., CASTANEDA C. [2007]. Orogeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomas*, 15, 1–16.
- REINECK H.E., SINGH I.B. [1973]. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- RICHARD D.T. [1970]. The origin of frambooids. *Lithos*, vol. 3, pp. 5-21.
- RICHARD S. [2000]. *Applied Sedimentology* [sec. ed.], New York. Academic press 523p.
- ROSSIER D. [2012]. La nature des roches volcaniques et le lien avec leur formation. *Saga Information* N°321.
- SCHERMERHORN L.J.G. [1974]. No evidence for glacial origin of late Precambrian tilloids in Angola. *Nature*, 252, 114-115.
- TACK L. [1975]. Etude pétrochimique de la Formation des Roches vertes de Gangila [Bas-Zaïre]. *Ann. Soc. Géol. Belg.* 98, 229 - 249.
- TACK L., FERNANDEZ-ALONSO M., KANDA NKULA V., MPOYI J., DELVAUX D., TREFOIS P.H., BAUDET D. [2006]. Neoproterozoic Diamictites around the Congo River Basin: a critical reappraisal of their origin. 21st Colloquium African Geology [CAG21], 03-05.07.2006, Maputo, Mozambique, Abstract Book, 152-153.
- TACK L., WINGATE M.T.D., LIÉGEOIS J.-P., FERNANDEZ-ALONSO M., DEBLOND A. [2001]. Early Neoproterozoic magmatism [1000-910 Ma] of the Zadinian and Mayumbian Groups [Bas-Congo]: onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton. *Precambrian Research* 110, 277- 306.
- TOURTELOT H.A. [1979]. Black Shale: Its deposition and diagenesis. *Clays and clay mineral*, vol. 27. N° 5, pp. 313-321.
- TRABUCHO-ALEXANDRE J., HAY W.W., DE BOER P.L. [2012]. Phanerozoic environments of black shale deposition and the Wilson Cycle. *Solid Earth*, vol. 3, pp. 29-42.
- WIGNALL P.B. [1994]. *Black shales*. Oxford University. Publisher, Clarendon Press, 1994.



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/>