

Paléoenvironnement de mise en place des faciès détritiques terrigènes de la formation du Moungo-fleuve dans le bassin sédimentaire du Moungo (Ouest Cameroun)

[Paleoenvironment of implementing terrigenous clastic facies of the formation of Mungo-river in the sedimentary basin of Mungo (West Cameroon)]

Christel Kemteu SOBDJOU¹, François Bidzang NDONG¹, and Joseph Mvondo ONDOA²

¹Institut de Recherches Géologiques et Minières, BP : 4110 Nlongkak, Yaoundé, Cameroun

²Département des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Yaoundé 1. BP 812, Yaoundé, Cameroun

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In a bit to contribute to the study of the sedimentary Formation of the Mungo series, studies on the Mungo river Formation was effectuated in this work. The reconstitution of the paleoenvironment in which the formation was put to place has been done based on six analyses: granulometrical, morphoscopic, heavy mineral, thin section analyses, as well as mineralogical and chemical analyses by x ray diffractometry and fluorescence respectively.

From the granulometrical analyses, plurimodal histograms are indications of multiple sources of sediments. The granulometrical curve show low gradient. The sediments are therefore very poorly to poorly sorted. The morphoscopical analyses reveals the presence of: quartz grains that has not been worn out (53%), having been eroded from proximal source rocks (short transport); sub spherical and shiny quartz grains (44%) having been subjected to an averagely long transportation; spherical and shiny quartz grains (3%) having been subjected to relatively long transportation. The heavy mineral analyses reveal a variety of heavy minerals: pyroxene, rutile, tourmaline, zircon, are indications that part of the sediments came from magmatic source rocks; also, the presence of andalousites is indicative of a metamorphic source rock. The examination of thin sections reveals that the rocks are essentially lithic arkose and litharenites which are respectively less consolidated and averagely consolidated. The x ray diffractometry on a clay facies reveals that it is made up mostly of clay sized particles rather than clay minerals (i.e made up mostly of quartz and hematite with koalinite being the only constitutive clay mineral). A chemical analysis by x ray fluorescence has unraveled the major and trace element contents of the clay facies. The paleoenvironmental context in which the terrigenous detritic facies of the Mungo river Formation was put to place could have been fluvio-deltaic to shallow marine. At a larger scale, the paleoenvironment of deposition of the Mungo series could have been fluvial to fluvio-deltaic and shallow marine.

KEYWORDS: Mungo-river, paleoenvironment, fluvio-deltaic, terrigenous detritic facies.

RESUME: Cet article est une contribution à l'étude des formations sédimentaires de la série du Moungo au Cameroun. Il s'agit de reconstituer le paléoenvironnement de mise en place de cette formation à partir des analyses granulométrique, morphoscopique, minéraux lourds, lames minces de roches, minéralogique et chimique respectivement par diffractométrie et fluorescence de rayons x.

La granulométrie a montré des histogrammes principalement plurimodaux, suggérant ainsi une multiplicité de sources des sédiments. Les courbes granulométriques obtenues ont présenté une faible pente et un étalement, preuve que les sédiments sont très mal classés, et mal triés.

La morphoscopie a présenté des grains de quartz non usés (53%), érodés des roches mères situées non loin du milieu de dépôt et qui ont subi un court transport (dépôts proximaux) ; des grains de quartz sub-émoussés luisants (44%) qui ont subi un transport moyen ; des grains de quartz émoussés luisants (3%), érodés des roches mères situées loin du milieu de dépôt

et qui ont subi un long transport. Les minéraux lourds qui ont été trouvés dans les sédiments sont variés. Le pyroxène, le rutile, la tourmaline et le zircon suggèrent qu'une partie du sédiment provient des roches magmatiques. L'andalousite suggère qu'une partie du sédiment provient des roches métamorphiques. Les lames minces de roches ont présenté une arkose lithique et un litharénite respectivement peu consolidée et moyennement consolidée. Le diffractogramme de rayon x a montré un faciès argileux majoritairement constitué d'argiles granulométriques : le quartz et l'hématite. La kaolinite est la seule argile vraie observée. L'analyse chimique à la fluorescence de rayon x a permis d'identifier les éléments majeurs et traces du faciès argileux. En effet, le paléoenvironnement de mise en place des faciès détritiques terrigènes de la formation du Moungo-fleuve aurait été fluvio-deltaïque à marin restreint.

MOTS-CLEFS: Moungo-fleuve, Paléoenvironnement, fluvio-deltaïque, faciès détritiques terrigènes.

1 INTRODUCTION

Le bassin de Douala/Kribi-Campo s'étend sur une superficie de 19.000km², dont 7.000km² en onshore [1]. Le sous-bassin de Douala se localise entre 03° et 04°30' de latitude Nord et 09°20' et 10°20' de longitude Est (Figure 1a). Il est limité au Nord et au Nord-Ouest par les hautes terres de l'Ouest, au Sud par le sous-bassin de Kribi-Campo, à l'Est et au Nord-Est par le plateau sud-camerounais, et il se prolonge à l'Ouest sous les eaux du golfe de Guinée. Le secteur d'étude appartient à la partie nord onshore du sous-bassin de Douala, entre les parallèles 04°30' et 04°38' de la latitude Nord et les méridiens 09°29' et 09°35' de la longitude Est.

Au Cameroun, deux principaux types de bassins sédimentaires sont distingués : les bassins continentaux intraplaques, de type cratonique dans l'Extrême-Nord (bassin du Logone Birni), et de type rift intracontinental au Nord (bassins de Kontcha, de la Bénoué, de la Mbéré, de la Vina, de Babouri Figuil, du Mayo Oulo Léré, d'Hama Koussou et de Koum [2] et au Sud-Ouest (le bassin de Mamfé) ; puis les bassins épicontinentaux de type marge passive (les bassins côtiers de Campo, de Douala et du Rio-del-rey) qui présentent une partie continentale émergée (onshore) et une partie immergée (offshore).

Le bassin de Douala/Kribi-Campo s'étend le long du golfe de Guinée et constitue une extension au Nord des bassins ouest africains [3]. Ce bassin est subdivisé en deux sous-bassins que sont : le sous-bassin de Douala au Nord, et le sous-bassin de Kribi-Campo au Sud. De nombreuses études ont été effectuées dans le sous-bassin de Douala par des personnes morales (Compagnies Pétrolières : Serepca, Elf, Perenco, Pecten, Total Exploration et Production, Euroil, etc.) ; et des personnes physiques. Elles concernaient sa genèse [4], l'étude stratigraphique et structurale [5], l'étude des « grès de base » de la coupe du Moungo [6], le paléoenvironnement du bassin de Douala/Kribi-Campo [7], la mise en évidence des gisements de matériaux argileux dans le bassin de Douala/Kribi-Campo [8]. La série sédimentaire du sous-bassin de Douala est surtout connue grâce aux forages d'explorations pétrolières. Cependant, l'affleurement d'une succession sédimentaire dans la vallée du fleuve Moungo offre ainsi l'occasion d'une étude sédimentologique détaillée sur des coupes terrestres d'une formation crétacée du sous-bassin de Douala. Cet article se propose de faire une analyse sédimentologique des faciès gréseux et argileux de la succession sédimentaire crétacée du Moungo-fleuve située au Nord-Nord-Ouest du sous-bassin de Douala, afin d'améliorer la compréhension des conditions de mise en place de ce corps sédimentaire.

2 MATERIEL ET METHODES

Le repérage de la série du Moungo a été possible grâce à la carte géologique de reconnaissance DOUALA-OUEST au 1/500.000 ; les cartes topographiques BUEA-DOUALA 3b et 4a au 1/50.000 ont permis de circonscrire le domaine prospecté. Le travail sur le terrain a consisté au rafraîchissement des surfaces, à décrire et à échantillonner, la description macroscopique des affleurements (morphologie, extension latérale, épaisseur des couches, couleur, stratigraphie, pendage) ; l'établissement des colonnes lithologiques ; la localisation des prises d'échantillons, à la fois dans le temps (position dans une succession lithologique) et dans l'espace (position de la coupe du domaine sédimentaire au sein du bassin) et la conservation des échantillons dans des sacs plastiques portant des labels en vue d'éviter toute contamination à l'aide des outils de pointe. Au laboratoire, Les échantillons (RGF₂, DMD₁, BD₁, BD₂, BD₃, BD₄, BD₅, BD₆, GVM₁, GVM₂, TF₂, TF₃, TF₄) prélevés sur le terrain sont triturés et séchés à l'étuve à 110°C pendant 24h. Chaque échantillon bien séché et mélangé est divisé en quatre parties. Deux parties opposées diagonalement sont de nouveau mélangées. Chaque échantillon de 200 g de sédiment est trempé dans l'eau et trituré à la main. Le lavage s'effectue sous un filet d'eau de robinet et au-dessus d'un tamis de 50 µm pour éliminer la fraction fine (< 50 µm). Le refus, dont la taille des grains est supérieure à 50 µm est recueilli pour les analyses. Le sédiment lavé (refus) est séché à l'étuve pendant 24 heures, puis pesé de nouveau à l'aide d'une

balance électronique de précision, dans le but de déterminer la masse et le pourcentage massique de sable. Les méthodes d'analyse granulométrique utilisées sont celles décrites par [9] et par [10]. Elle s'effectue en deux étapes à savoir : le tamisage, et la densimétrie lorsque les grains sont très petits. Dans le cadre de la présente étude, chaque fraction a été portée sur un jeu de tamis calibrés et emboîtés les uns sur les autres en colonnes, disposés du haut vers le bas comme suit : 2,000mm-1,600mm-1,250mm-1,000mm-0,800mm-0,500mm-0,315mm-0,250mm-0,200mm-0,160mm-0,125mm-0,080mm-0,063mm-0,050mm. Le classement des grains est tracé sous forme d'une courbe dite courbe granulométrique. Les histogrammes sont obtenus en portant les pourcentages simples des grains sur l'axe des ordonnées et les diamètres des tamis sur l'axe des abscisses. Après lavage à l'eau, à l'acide chlorhydrique dilué à 10% à chaud et tamisage des grains de sable (>50 µm), trois fractions granulométriques sont retenues par échantillon pour examen à la loupe binoculaire. Les différentes fractions retenues dans la présente étude sont les suivantes : 2,000mm à 1,250mm ; 1,250mm à 0,315mm ; 0,315mm à 0,160mm. Pour une bonne analyse statistique, 50 grains de quartz sont examinés par fraction granulométrique.

Les méthodes utilisées pour l'étude des minéraux lourds sont celles préconisées par [11] et [12]. Les lames minces étudiées ont été confectionnées à l'atelier des lames minces de l'I.R.G.M. à Nkolbisson et analysées aux laboratoires de Géologie du Sédimentaire et du Pétrole et de Géodynamique Interne, du Département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I. Les analyses minéralogiques par diffractométrie au rayon X ont été effectuées au laboratoire d'analyse de la MIPROMALO sur un diffractomètre D8 Bruker Advance, à flux gazeux avec anode en cuivre (CuK α), de $d=1,5418 \text{ \AA}$ (énergie 40 KV). Les analyses chimiques des éléments majeurs et traces ont été effectuées sur l'échantillon argileux TFR₂ au laboratoire d'analyse de la MIPROMALO. L'appareil utilisé est le spectromètre de fluorescence X de type Bruker S4 PIONEER, à tube à anode au Rhodium (Rh). L'étalonnage est fait à l'aide d'une série internationale de standard. Lors de la mesure des sensibilités relatives, les limites de détection se situent à environ 0,01% pour les éléments majeurs et de 0,4 à 4 ppm pour les éléments traces

3 CONTEXTE GEOLOGIQUE

3.1 FORMATION DU SOCLE

Le socle précambrien est constitué d'une association des schistes cristallins (ectinites et migmatites), des granites intrusifs syntectoniques anciens, des gneiss à biotite et amphibole. Ces matériaux constituent la bordure septentrionale du craton du Congo, remobilisée et restructurée à l'éburnéen [13],[14],[15]. Dans la vallée du fleuve Moungo, le socle qui affleure à Bouba Waterfall est mylonitisé.

3.2 FORMATION SEDIMENTAIRE

Le sous-bassin de Douala présente une lithostratigraphie (Figure 1b) répartie ainsi :

3.2.1 CRETACE INFÉRIEUR

Le terme « grès de base » désigne les formations basales du bassin de Douala/Kribi-Campo et caractérise un lithofaciès détritique terrigène et diachrone. Ce lithofaciès est constitué par des conglomérats polygéniques, des grès arkosiques et des argiles schisteuses, affleurant sur la bordure nord du bassin et reposant en discordance sur le socle. Le « grès de base » est structuré du Sud vers le Nord du bassin en quatre séries sédimentaires diachrones: les séries de Campo, de Loungahé, de la Dibombé, et du Moungo. Dans la formation du Moungo-fleuve, le faciès « grès de base » est épais d'environ 900 mètres [5]. A partir des données palynologiques, la datation du « grès de base » a permis de savoir que son âge passe progressivement de l'Apto-Albien au Cénomanién supérieur, du Sud (Campo) au Nord (rive droite du Moungo). Ceci est une preuve du diachronisme Sud-Nord [5].

3.2.2 CRETACE SUPÉRIEUR

Le Turonien n'affleure qu'en bordure nord du sous-bassin de Douala, dans la vallée du Moungo et au Sud de Mbanga, où il surmonte le « grès de base ». Ses formations sont riches en Ammonites, et constituées des faciès d'argiles sableuses à rares intercalations calcaires. Le Coniacien est représenté par des grès et parfois des calcaires, recouverts d'argiles sableuses fossilifères dans la vallée du Moungo. Le Santonien est constitué des grès et sables à intercalations marno-calcaires, à Ammonites. Le Campanien est représenté dans la vallée du Moungo par des calcaires gréseux et des argiles schisteuses. A Logbadjeck, il y a plutôt une alternance de calcaires gréseux, de calcaires marneux, et de calcaires cristallins fossilifères riches

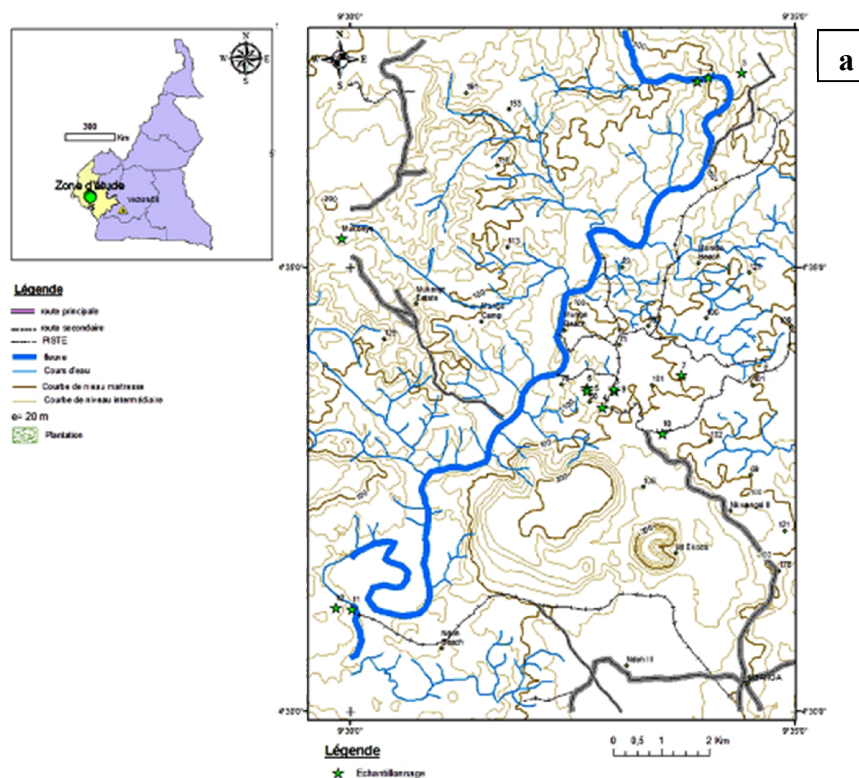
en lamellibranches et gastéropodes [5]. Le Maestrictien est constitué d'argiles schisteuses à nodules calcaires dans la vallée du Moungo. Il est daté grâce à ses pollens identiques à ceux des « coal measures » du Nigeria, et une microfaune riche [5].

3.2.3 TERTIAIRE

Au Cameroun, le Paléocène est représenté par des faciès marins transgressifs connus dans la vallée du Moungo et à Dizangué. Il affleure sur une large bande d'environ 18km. Il est discordant sur le Maestrictien dans la moitié nord du bassin de Douala/Kribi-Campo, et sur le socle dans la moitié sud. Ses faciès sont des schistes argilo-calcaires et des grès ferrugineux grossiers à stratification entrecroisée, riches en foraminifères [5]. L'Eocène est marqué par des argiles schisteuses, des grès calcaires ou marneux et des marnes. L'Oligocène est représenté de bas en haut par : des argiles noires ou brunes avec quelques petits bancs gréseux, des sables argileux à fines intercalations calcaires, des sables et des graviers alternant avec des argiles plastiques. Le Mio-Pliocène ou Néogène est constitué par des faciès marins régressifs. Il s'agit de sables et d'argiles colorées reposant en discordance sur l'Oligocène.

3.2.4 QUATERNAIRE

Il est représenté par des dépôts estuariens constitués d'une alternance de sables fluviaux souvent grossiers, de vases et de limons estuariens. Il s'agit des sables côtiers, des vases noires des mangroves et des alluvions fluviales. Ces faciès se sont accumulés sur une grande épaisseur en continuité avec des dépôts Pliocène et jusqu'à la période actuelle (Figure 1b).



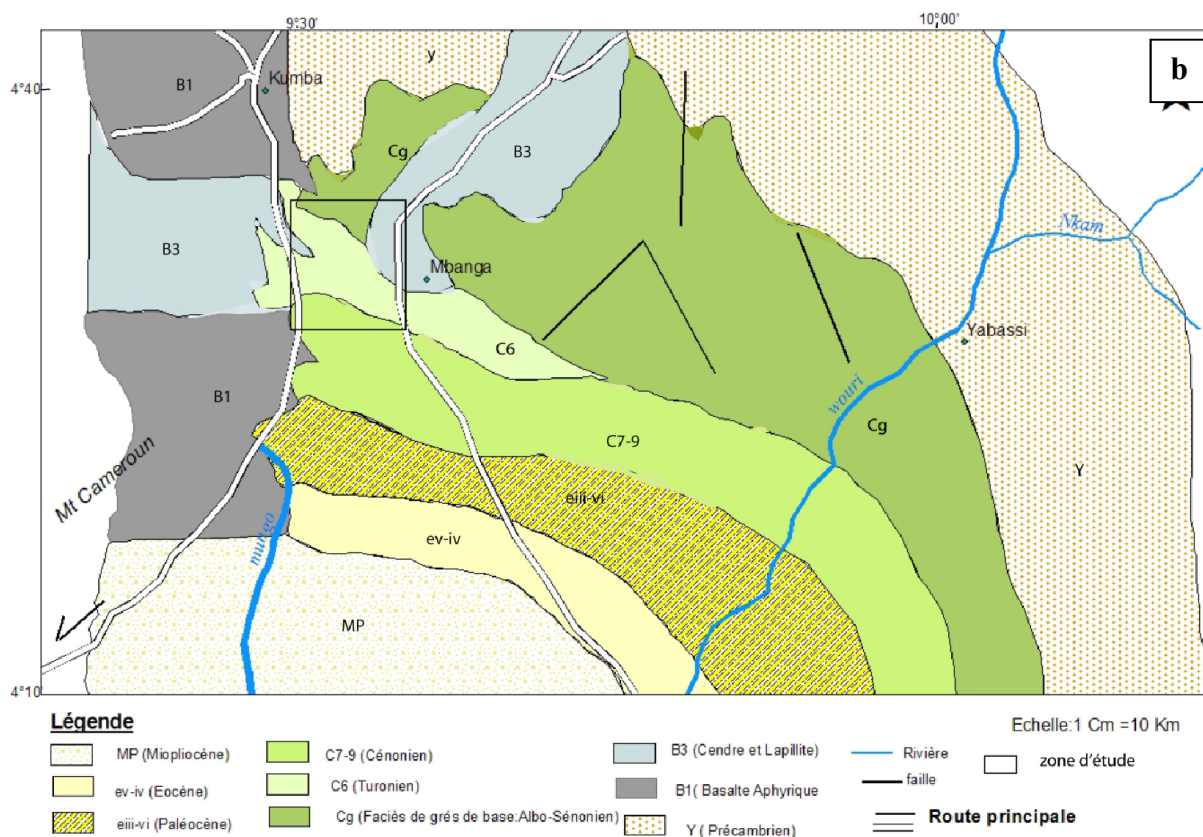


Fig. 1 : (a) Carte topographique du site exploré montrant les différents points d’affleurement visités. (b) Carte géologique du sous-bassin de Douala [16], montrant la zone d’étude.

4 RESULTATS

Le tableau 1 et la figure 1a donnent les informations sur les principaux affleurements visités sur le terrain.

Tab.1 : Description des affleurements visités sur le terrain

Sites de prélèvement	Coordonnées	Types et numéros d’échantillons	
Versant de la rive gauche du fleuve Moungo, à Bouba Waterfall	N 04° 37’ 9’’ E 09° 34’ 2’’	<u>Socle mylonitisé</u> RGF ₁	<u>Grès</u> RGF ₂ RGF ₃ RGF ₄
Rivière Di mi djong, à Bouba Waterfall	N 04° 37’ 12’’ E 09° 34’ 24’’	<u>Grès</u> DMD ₁	
Lieu dit Bamdoum, dans le village Moundeck	N 04° 33’ 25’’ E 09° 32’ 50’’	<u>Grès</u> BD ₁ , BD ₂ , BD ₃ , BD ₆	<u>Argiles</u> BD ₄ , BD ₅
Lit de la rivière Moundeck	N 04° 33’ 37’’ E 09° 32’ 40’’	<u>Grès</u> LRM ₁ , LRM ₂	
Grotte du village Moundeck	N 04° 33’ 37’’ E 09° 32’ 59’’	<u>Grès</u> GVM ₁	<u>Argiles</u> GVM ₂ , GVM ₃
Lit de la rivière Nsolo, dans le village Moundeck	N 04° 33’ 8’’ E 09° 33’ 31’’	<u>Argile</u> LRN ₁	
Tranchée fluviatile de la rive gauche, en dessous du pont ferroviaire sur le Moungo	N 04° 31’ 9’’ E 09° 30’ 2’’	<u>Argiles</u> TF ₁ , TF ₂	<u>Grès</u> TF ₃ , TF ₄
Tranchée ferroviaire du côté gauche, après le pont sur le fleuve Moungo en allant vers Kumba	N 04° 31’ 10’’ E 09° 29’ 51’’	<u>Argiles organiques</u> TFR ₁ , TFR ₂ , TFR ₃ , TFR ₄ , TFR ₅	

4.1 GRANULOMETRIE

Les résultats granulométriques (Figure 3) présentés ci-dessous ont été obtenus des échantillons : RGF₂ et DMD₁ de Bouba waterfall ; BD₁ et BD₂ du village Moundeck ; TF₃ et TF₄ de la tranchée fluviale de la rive gauche, en dessous du pont ferroviaire sur le fleuve Moungo représentant l'ensemble des différents faciès observés sur le terrain. Une Analyse des histogrammes granulométriques a été effectuée afin de déterminer les modes et les médianes des échantillons. Le mode est la classe granulométrique où se localise le plus grand pourcentage des grains, et la médiane est la taille moyenne des grains. Les histogrammes sont tous plurimodaux. Le mode principal est de 0,500 mm et le mode secondaire est de 0,080 mm. La médiane est comprise entre 0,500 mm et 0,080 mm pour les échantillons RGF₂ et DMD₁ de Bouba waterfall ; Le mode principal est de 0,315 mm et le mode secondaire est de 0,080 mm. La médiane est située entre 0,315 et 0,080 mm pour l'échantillon BD₁ ; Le mode principal est de 0,500 mm et le mode secondaire est de 0,080 mm. La médiane est comprise entre 0,500 et 0,080 mm pour l'échantillon BD₂ du village Moundeck . Le mode principal est de 0,080 mm et le mode secondaire est de 0,315 mm. La médiane se situe entre 0,315 et 0,080 mm pour l'échantillon TF₃ ; Les modes principal et secondaire sont respectivement 0,500 mm et 1,000 mm. La médiane est comprise entre 1,000 et 0,500 mm pour l'échantillon TF₄ du pont ferroviaire sur le Moungo.

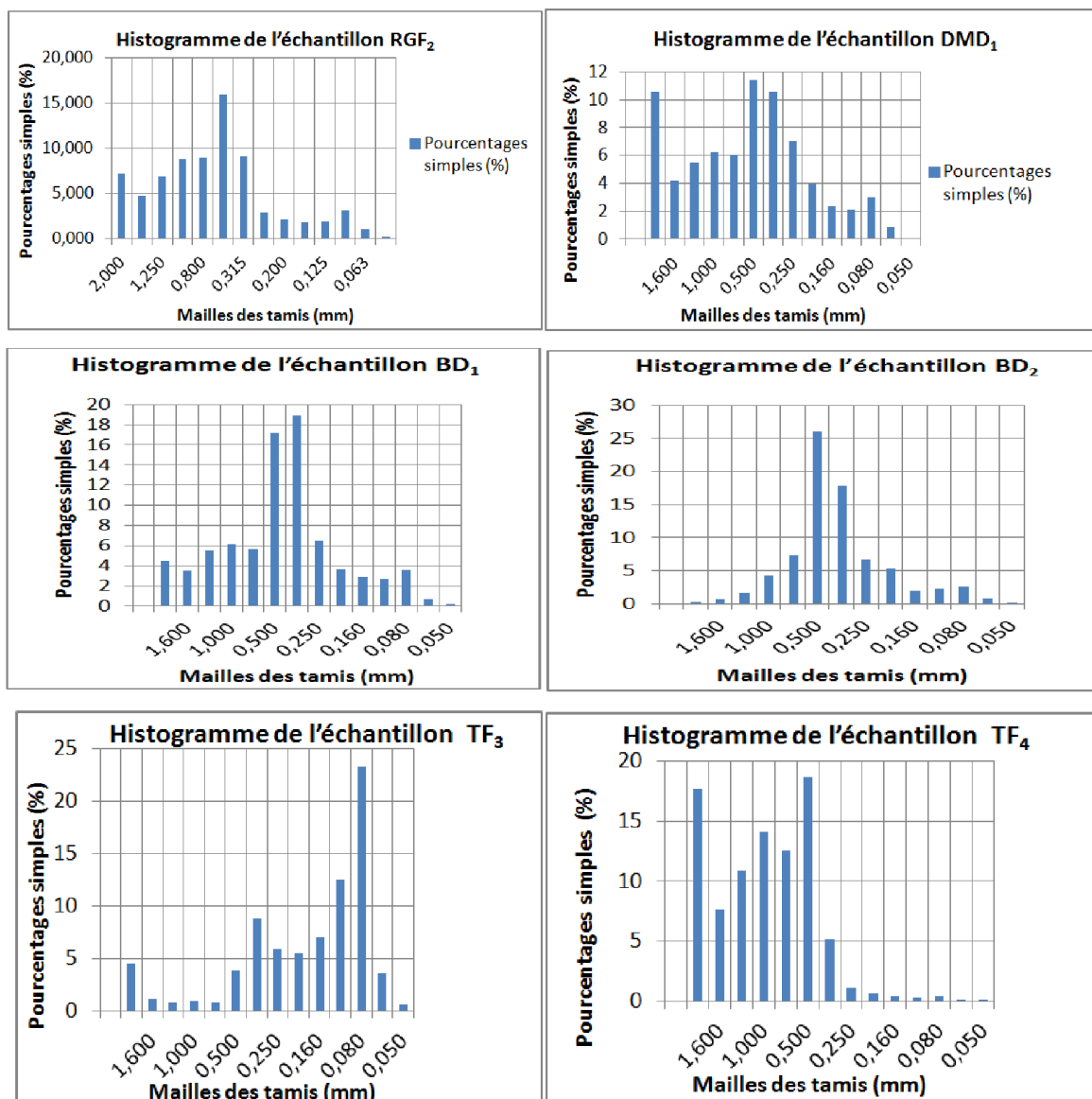


Fig. 3 : Histogrammes des fractions granulométriques des échantillons principaux

4.2 MORPHOSCOPIE

Le tableau ci-dessous (Tableau 2) illustre les types et aspects des grains de quartz obtenu par quartage dans l'ensemble du domaine prospecté soit près de 1212 grains de quartz. L'observation de ce tableau montre grosso modo des grains de quartz non usés translucides anguleux. Les sub-émoussés luisants sont moyennement représentés, alors que les émoussés luisants le sont très faiblement. Les ronds mats et ronds mats sales sont totalement absents.

Tab.2 : Types et aspects des grains de quartz des échantillons récoltés.

TYPES ET ASPECTS DES GRAINS	FRACTIONS GRANULOMETRIQUES		
	2 à 1,25 mm	1,25 à 0,315 mm	0,315 à 0,160 mm
Non usés translucides anguleux	204	225	222
Sub-émoussés luisants translucides facettes brillantes	200	162	163
Emoussés luisants translucides facettes brillantes	6	14	16
Ronds mats	0	0	0
Ronds mats sales	0	0	0

4.3 MINERAUX LOURDS

Les minéraux lourds identifiés sont : l'andalousite, le zircon, le rutile, la tourmaline, les minéraux opaques et le pyroxène. L'action en continue de l'altération sur les matériaux étudiés a contribué à la dénaturation de certains minéraux (Figure 4).

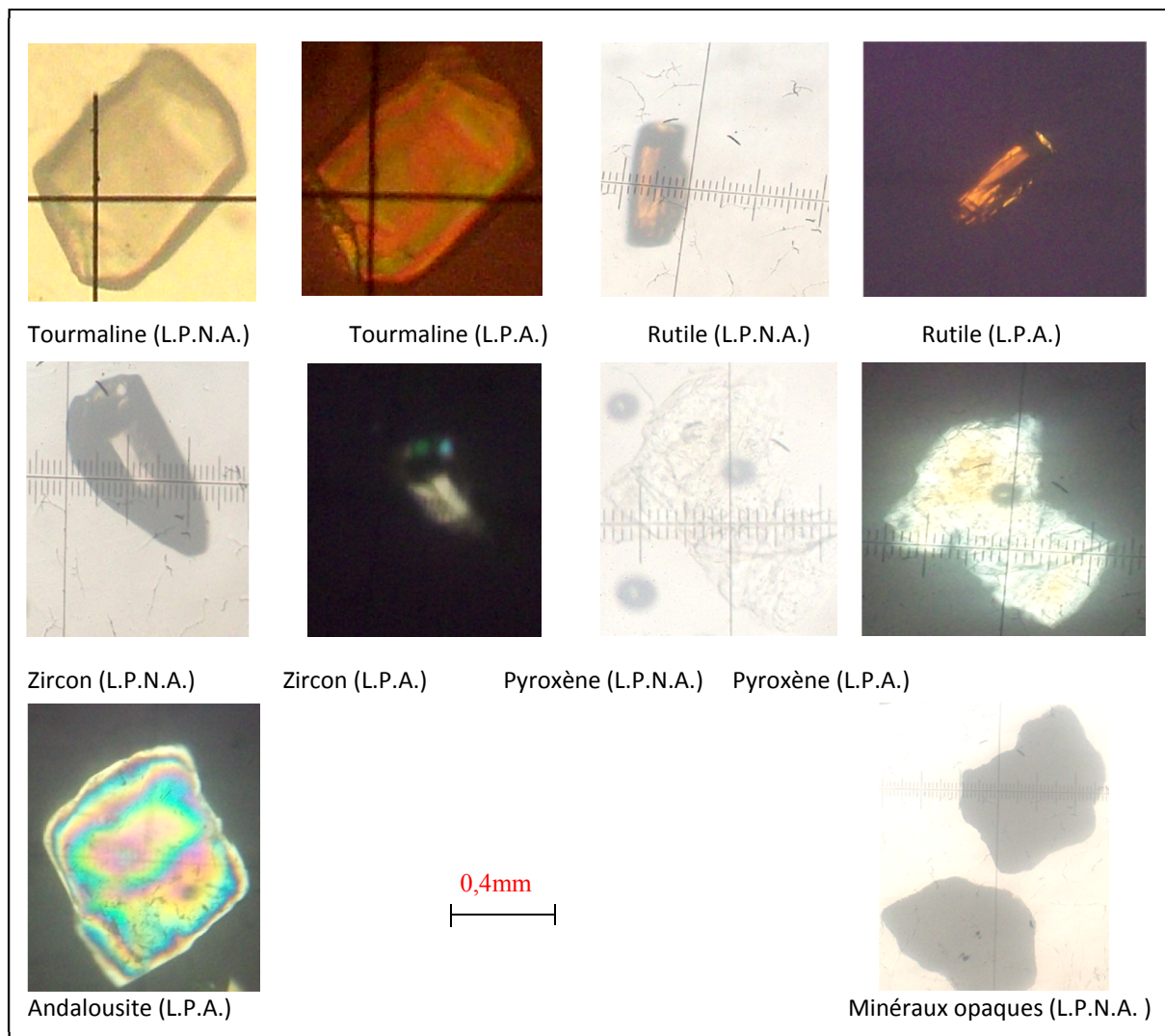


Fig. 4: Différents minéraux lourds identifiés

4.4 ANALYSE DE LAMES MINCES

Le faciès trame présente une texture clastique. Ses principaux minéraux constitutifs sont : le quartz, les feldspaths et les fragments de roches. Le quartz représente environ 60% du volume de la roche. Il a deux formes : le quartz automorphe peu abondant qui est d'origine volcanique et le quartz xénomorphe plus abondant qui est d'origine plutonique (Figure 5a). Les grains de quartz ont une taille millimétrique à centimétrique. Certains grains ont une forme allongée qui témoigne de leur origine métamorphique (Figure 5b). Les grains présentent des contacts concavo-convexe et de type suture interpénétrative, dû à la compaction physique ou à la dissolution (compaction chimique) sous l'effet de la pression (Figure 5b). La précipitation secondaire de la silice autour des grains de quartz est peu abondante. Cette silice secondaire est séparée des grains de quartz par une pellicule d'oxyde de fer (Fe_2O_3). Le ciment siliceux étant peu abondant, la roche est moyennement consolidée. L'extinction ondulante est fréquente sur les minéraux monocristallins et polycristallins. Elle témoigne que certains grains sont issus des matériaux déformés notamment par la tectonique.

Les feldspaths représentent environ 23% du volume de la roche. Les plagioclases basiques plus facilement altérables sont absents. Les plagioclases acides comme l'albite sont rares. Le feldspath alcalin sodipotassique le plus abondant est le microcline. Il présente une section sub-automorphe d'allure rectangulaire et de taille centimétrique. Il est caractérisé par deux systèmes de macles : les macles polysynthétiques de l'albite et de la péricline formant un quadrillage chatoyant fin. Les fragments de roches représentent environ 17% du volume de la roche. Ce sont des phénocristaux constitués de quartz et de

feldspaths présentant les caractéristiques sus-citées. En effet, la roche sédimentaire étudiée est le produit d'une diagenèse précoce (de faible profondeur). Le faible contact entre les grains de quartz témoigne d'une faible compaction physique, d'une faible dissolution et donc d'une faible pression. La faible dissolution a pour conséquence la précipitation restreinte du ciment siliceux. Ainsi, la roche est moyennement consolidée et formée principalement de quartz (60%), feldspaths (23%) et fragments de roches (17%). D'après [17], le grès décrit est une arénite et plus précisément une litharénite, à cause de sa richesse en fragments de roches.

Le faciès secondaire (figure 5cd) est peu consolidé et composée essentiellement de quartz (75%), fragments de roches (20%) et feldspaths (5%). D'après [17], le grès étudié est une arénite arkose et plus spécifiquement une arkose lithique.

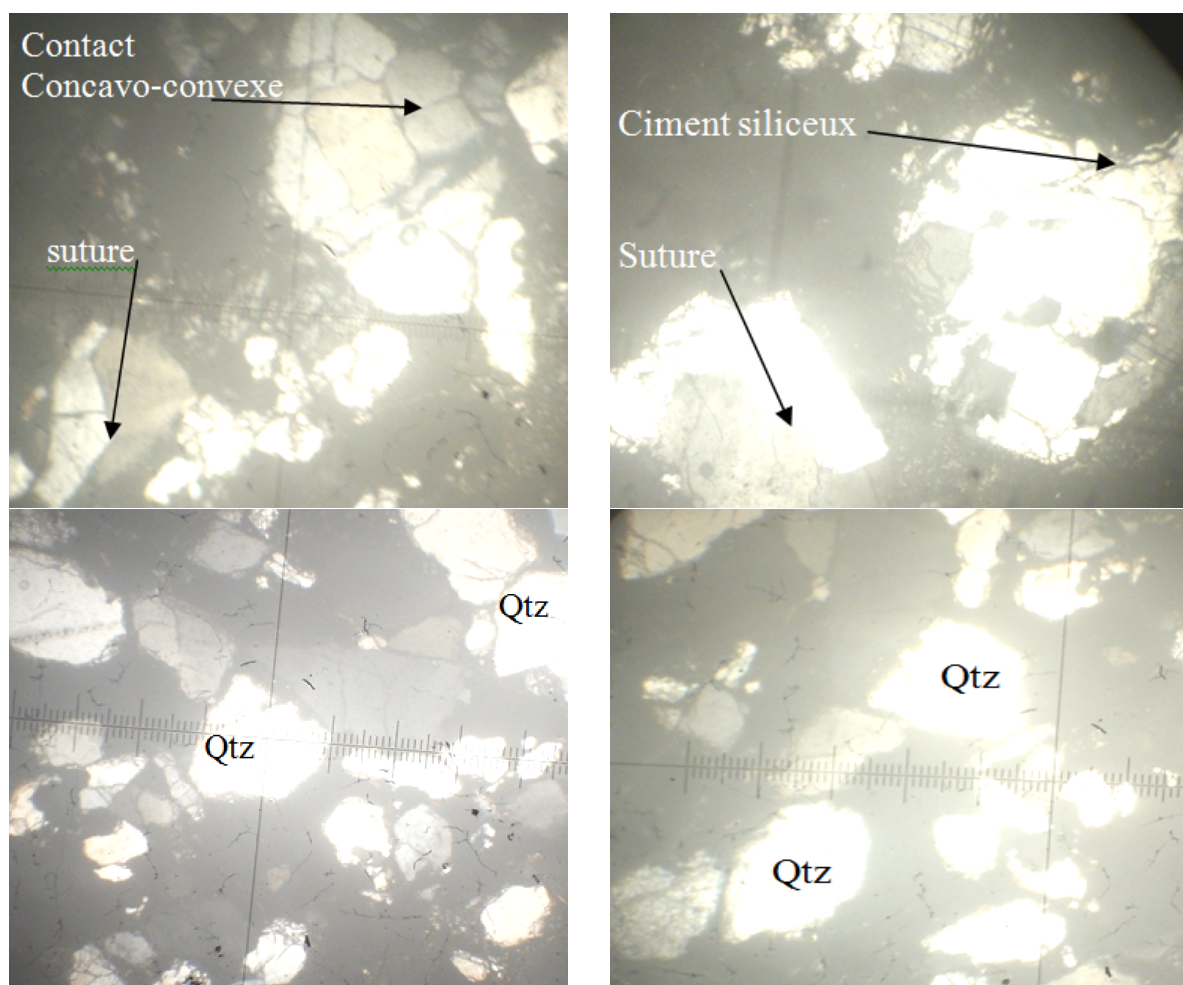


Fig. 5 : Microphotographie des échantillons de roches prélevés sur le terrain

4.5 ANALYSE MINÉRALOGIQUE

Le matériau argileux (TFR₂) analysé est celui de la tranchée ferroviaire située du côté gauche après le pont sur le fleuve Moungo en allant vers Kumba. La reconnaissance des minéraux constituant cette argile est rendue possible grâce à l'identification des raies principales qui s'observent bien sur le diffractogramme expérimental (Figure 6) et tableau 3. L'analyse du diffractogramme de l'échantillon TFR₂ montre qu'il est surtout constitué d'argiles granulométriques. Il s'agit du quartz, de l'hématite et de la muscovite. Le quartz et l'hématite sont plus abondants que la muscovite. La kaolinite est la seule argile vraie formée en quantité aussi abondante.

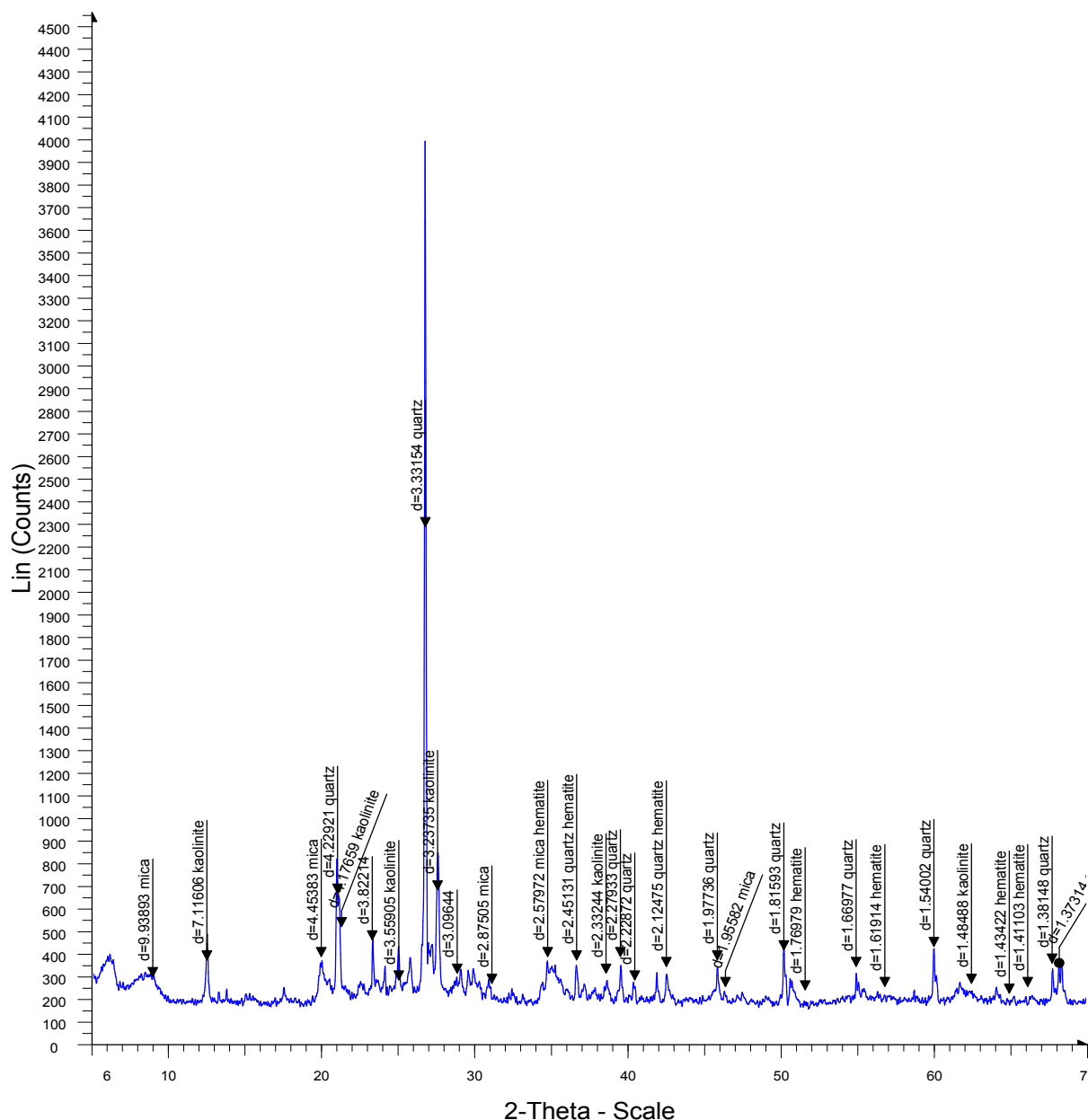


Fig. 6 : Diffractogramme de l'échantillon argileux TFR₂

Tab. 3 : Minéraux et raies caractéristiques d'identification de l'argile TFR₂

Minéraux	Raies caractéristiques										
	4,23	3,33	2,45	2,28	2,23	2,12	1,98	1,82	1,67	1,54	1,38
Quartz	4,23	3,33	2,45	2,28	2,23	2,12	1,98	1,82	1,67	1,54	1,38
Hématite	2,58	2,45	2,12	1,77	1,62	1,43	1,41	-	-	-	-
Kaolinite	7,12	1,18	3,56	3,24	2,33	1,48	-	-	-	-	-
Muscovite	9,94	4,45	2,87	2,58	1,95	-	-	-	-	-	-

4.6 ANALYSE CHIMIQUE A LA FLUORESCENCE DE RAYONS X

Cette analyse permet de déterminer les éléments majeurs exprimés en pourcentages d'oxydes et les éléments en traces exprimés en partie pour million.

ELÉMENTS MAJEURS

Le tableau ci-dessous (tableau 4) présente les résultats des analyses chimiques de l'échantillon TFR₂. Il ressort de ce Tableau que, le silicium est de loin l'élément majeur le plus abondant. L'aluminium et le fer ont des teneurs moyennes. Le potassium, le titane, le magnésium et le calcium ont des faibles teneurs. Le sodium, le phosphore et le manganèse ont de très faibles teneurs.

Tab. 4: Teneurs (en % d'oxydes) des éléments majeurs de l'échantillon TFR₂

Echantillon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	LOI	Total
TFR ₂	63,19	11,95	7,40	1,98	1,80	1,19	0,42	0,08	0,06	0,03	8,55	96,65

ELÉMENTS TRACES

Le tableau 5 porte les résultats d'analyse chimiques des éléments traces de l'échantillon TFR₂. On constate que la teneur en soufre est de très loin plus élevée que toutes les autres. La teneur en zirconium est élevée, alors que celles en zinc, chrome et vanadium sont faibles. Le strontium, l'yttrium, le rubidium et le niobium ont de très faibles teneurs.

Tab. 5: Teneurs (en ppm) des éléments traces de l'échantillon TFR₂

Echantillon	S	Zr	Zn	Cr	V	Sr	Y	Rb	Nb
TFR ₂	31330	1418	223	177	133	74	58	41	40

5 DISCUSSIONS

Le sous-bassin de Douala est la conséquence directe de l'ouverture de l'Atlantique sud. Il est lié à l'évolution paléogéographique, paléoclimatique et morphogénétique spatio-temporelles par le jeu conjugué des déformations de la croûte, du volcanisme, de l'érosion et de la sédimentation [5]. L'ouverture de l'Atlantique sud n'est pas continue, mais plutôt lente, avec des transgressions entrecoupées de phases régressives marquant une longue hésitation de l'installation marine franche et favorisant des reprises de sédimentation et d'individualisation des faciès [5]. La reconstitution paléogéographique du sous-bassin de Douala montre qu'un diachronisme s'est effectué à la faveur de la mer étroite qui se serait ouverte progressivement de l'Apto-Albien au Cénomaniens supérieur. Elle avait séparé deux blocs continentaux par un fossé qui se remplissait au fur et à mesure par éboulement et ensuite par progradation des produits (éléments anguleux) de la destruction de sa bordure ou socle [5].

Les histogrammes granulométriques sont principalement plurimodaux, prouvant ainsi la multiplicité de sources des sédiments. Ces caractéristiques associées aux paramètres de Trask montrent que les sédiments du village Moundeck sont très mal classés, mal triés (hétérométriques), avec un classement maximal du côté des grains grossiers. Les sédiments de la tranchée fluviale de la rive gauche en dessous du pont ferroviaire sur le fleuve Mounjo sont mal triés, moyennement classés à mal classés, avec un classement maximal du côté des grains fins. L'observation des stratifications obliques et entrecroisées sur les affleurements laisse penser à un milieu de faible énergie de dépôt, mais agité. Ces structures sont des marqueurs d'une sédimentation fluvio-deltaïque [18],[15]. Quant aux stratifications lenticulaires, elles évoqueraient un delta largement ouvert sur la mer [19],[15]. Les faciès silto-argileux eux aussi renverraient à un milieu de dépôt fluvio-deltaïque.

Les diagrammes surfacés, les types et aspects de grains de quartz ont permis de comprendre que les grains de quartz non usés proviennent de l'altération physique ou désagrégation mécanique des roches mères situées non loin du milieu de dépôt. Ces grains ont alors subi un court transport (dépôt proximaux). Les grains de quartz sub-émoussés luisants sont issus de la désagrégation mécanique des roches mères situées moyennement loin du milieu de dépôt. Ces grains ont alors été transportés sur une distance moyenne et sont moyennement façonnés. Les grains émoussés luisants quant à eux proviennent des roches mères situées loin du milieu de dépôt et ont subi un transport long.

L'analyse des minéraux lourds a montré que les sédiments de la formation du Mounjo-fleuve proviennent de deux grands cortèges minéralogiques ou aires nourricières. Le cortège métamorphique qui est constitué essentiellement de l'andalousite. Ce minéral caractérise un métamorphisme de haute température et de basse pression. En effet, il s'agit du socle gneissique et des parties mylonitisées du socle observé à Bouba waterfall. Le cortège magmatique qui est constitué de zircon, tourmaline, rutile et pyroxène. La présence de ces minéraux laisse croire qu'une partie des sédiments seraient venue de l'érosion du socle granitogneissique.

L'étude des lames minces de roches sédimentaires montre qu'il s'agit des grès affectés par une diagenèse précoce. Suite à la faible dissolution, la faible précipitation secondaire du ciment siliceux fait de ces roches, des grès peu consolidés à moyennement consolidés. En fonction de leurs teneurs en quartz, feldspaths et fragments de roches, la classification proposée par [17] permet de les classer comme étant essentiellement des litharénites et des arkoses lithiques. Les litharénites et les arkoses lithiques sont des roches riches respectivement en fragments de roches et en feldspaths. Ceci est la preuve d'un court transport des sédiments et dans une moindre mesure d'un transport plus ou moins moyen.

Le diffractogramme a montré que le faciès argileux étudié est majoritairement constitué d'argiles granulométriques. Il s'agit du quartz très abondant, suivi de l'hématite et de la muscovite moyennement abondante. La kaolinite est la seule argile vraie formée en quantité considérable. Elle témoigne des conditions du milieu de formation suivantes : position topographique haute, bon drainage (évacuation totale de base et partielle de silice) et climat tropical chaud et humide. En plus de la constitution essentiellement granulométrique du faciès argileux organique étudié, il est composé de laminations, traces de fossiles (lamellibranches et gastéropodes) et une surface d'arrêt de sédimentation. Ces caractéristiques sont propres à un milieu de dépôt de faible énergie. Il s'agirait d'un milieu marin restreint. Les laminations associées à la présence des traces de pyrite (FeS_2) permettent de conclure que le milieu de dépôt était aussi anoxique et riche en fer réduit (Fe^{2+}). En plus de la surface d'arrêt de sédimentation, le recouvrement du faciès argileux par un faciès gréseux grossier est la preuve d'une régression marine.

La teneur modérée en K_2O est due à la quantité modérée en feldspaths potassiques (microcline, orthose: KAlSi_3O_8) issus du socle granitique. Le rapport des teneurs $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ est faible. Il signifie une faible concentration en kaolinite dans le faciès argileux, par opposition au quartz fortement concentré. Les teneurs modérées en Al_2O_3 et K_2O implique un apport terrigène considérable [20],[15]. La faible teneur en P_2O_5 (0,06%) indique une faible productivité du milieu de dépôt. Il s'agit d'un milieu pas favorable à la prolifération des organismes vivants [21],[15]. La teneur en soufre ($\text{S}=31330\text{ppm}$) est très élevée dans le faciès argileux étudié. Cependant, les teneurs en Yttrium, Rubidium et niobium sont très faibles. D'après [22], les faciès détritiques crétacé supérieur du secteur Mbalangi-Mabonji (formation de Kumba-Sud) auraient été marqués par une sédimentation terrigène avec intercalation de phases euxiniques (dépôts d'argiles noires schisteuses), suggérant un environnement de mer peu profonde. D'après [15], la formation de Mbanga-Nord se serait mise en place dans un environnement fluvial à fluvio-deltaïque, avec un immense delta largement ouvert sur la mer au Cénomani. En ce qui concerne la formation du Moungo-fleuve, elle se serait mise en place dans un environnement fluvio-deltaïque à marin restreint au Cénomani. En effet, les sédiments détritiques terrigènes érodés des matériaux magmatiques et métamorphiques, puis transportés par éboulement et par l'eau sur une distance courte à moyenne, se sont enfin déposés dans un milieu fluvio-deltaïque à marin restreint; il y a environ 93 millions d'années.

6 CONCLUSION

La mise en place de la formation du Moungo-fleuve est consécutive à l'ouverture de l'Atlantique sud, suite à la fracturation du Gondwana dès le Trias en blocs principaux : Afrique et Amérique du Sud. Les résultats d'analyses ont montré que les sédiments de la formation du Moungo-fleuve sont d'origine continentale, transportés par éboulement et par l'eau sur une distance courte à moyenne avant d'être déposés. Les faciès détritiques terrigènes de cette formation datée Cénomani, se seraient mis en place dans un environnement fluvio-deltaïque à marin restreint. L'environnement fluvio-deltaïque était caractérisé tantôt par une énergie faible en milieu calme (mise en place des laminations), tantôt par une énergie faible en milieu agité (mise en place des stratifications entrecroisées et obliques). L'environnement marin restreint est caractérisé par une surface d'arrêt de sédimentation, séparant un faciès argileux surmonté d'un faciès gréseux grossier : c'est la preuve d'une régression marine. Les faciès détritiques terrigènes des formations de Mbanga-Nord et Kumba-Sud étant très identiques à ceux de la formation du Moungo-fleuve, la série du Moungo se serait mise en place dans un environnement fluvial à fluvio-deltaïque et marin restreint. Cet article a contribué à la reconstitution du paléoenvironnement de mise en place de la série du Moungo, à partir de la granulométrie, la morphoscopie, les minéraux lourds, la pétrographie microscopique, la minéralogie, et la chimie à la fluorescence de rayons X. Toutefois, pour améliorer l'étude de la série du Moungo, il est préconisé de faire une exoscopie des faciès détritiques ; de déterminer la maturation de la matière organique dans les sédiments ; de faire une étude paléontologique complète et précise des faciès ; de déterminer grâce à la sismique, l'épaisseur réelle de la pile sédimentaire au contact du socle.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier et témoigner leur reconnaissance aux instructeurs anonymes pour leurs critiques, commentaires et suggestions qui ont contribué à l'amélioration du présent document.

REFERENCES

- [1] J.M. Regnault " Synthèse géologique du Cameroun. République du Cameroun." Ministère des Mines et de l'Energie, Direction des Mines et de la Géologie. 119p., 1986.
- [2] M. Brunet, M. Coppens, Y.D. Pilbeam and S. Djallo 1990. " Le Crétacé Cénozoïque d'Afrique de l'Ouest (Cameroun). Rapport de synthèse. I.R.G.M., 9p., 1990.
- [3] C.S. Manga "Stratigraphy, structure and prospectivity of the Southern onshore Douala Basin, Cameroon-Central Africa, pp. 13-37, 2008.
- [4] D. Reyre "Histoire Géologique du bassin de Douala. Symposium, bassins Sédimentaires côtiers post-Cambrien de l'Afrique de l'Ouest". 22ème Int. Géol. Congo. New-Delhi, 1964-Assoc. Serv. Géologique Africain- pp. 143-161,1966.
- [5] P.R.N. Ngaha "Contribution à l'étude géologique, stratigraphique et structurale de la bordure du bassin Atlantique du Cameroun". Thèse Doct. 3^{ème} Cycle, Univ. de Yaoundé, 131p., 1984.
- [6] J. Chialvo "Photographie des faciès de grès de base (rivières Moungo, Dibombé, Nkwansi) et du cristallin (Bouba waterfull)". Elf- Serepca, note interne. 1981.
- [7] F.R. Nguene, S.Tamfu, J.P. Loule and C. Ngassa "Paleoenvironments of the Douala and Kribi / Campo sub basins in Cameroon, West Africa". Dans : Recueil des présentations du Colloque sur les bassins sédimentaires Ouest Africain. Pp. 129-139,1992.
- [8] A. Njoya, G.E. Ekodeck, C. Nkoumbou, D. Njopwouo. and F.M. Tchoua "Matériaux argileux au Cameroun : gisements et exploitation", Pp.13-30,1997.
- [9] C. Mathieu and F. Pieltain "Analyse physique des sols: Méthodes choisies". Paris, Lavoisier Tec & Doc, 275p., 1998.
- [10] J.M. Pauwels, E.V. Ranst, M. Verlo, and A. Mvondo Ze "Manuel de laboratoire de pédologie, méthodes d'analyses des sols et des plantes, équipements, gestion des stocks et des produits chimiques". Publications agricoles n°26, 265p., 1992.
- [11] E. Ndjeng "Etude sédimentologique des niveaux à galets et à sables au Sud de l'Adamaoua (Cameroun). Thèse 3ème cycle, Univ. Dijon. France, 115p., 1978.
- [12] S. Duplaix "Détermination microscopique des minéraux des sables". 2ème édis. libr. poly. Ech. Beranger. Paris, 96 p., 1958.
- [13] P.A. Maurizot, J.L. Feybesse, J. L. Johan and P. Lecomte "Etude et prospection minière du Sud-Ouest Cameroun, Synthèse des travaux de 1978 à 1985". Rapp. BRGM, 85, CMR066, 274p., 1985.
- [14] P. Maurizot "Geological map of south-west Cameroon". Edition BRGM, Orleans. MESRES/ORSTOM, n°9, 733 p., 2000.
- [15] T.K.S.Touomo "Etude sédimentologique et paléoenvironnementale des formations détritiques de Mbanga-Nord, dans le sous-bassin de Douala". Mém. D.E.A., Univ. de Yaoundé I-Cameroun, 82p., 2010.
- [16] J.C. Dumort "Carte Géologique de reconnaissance du Cameroun au 1/500 000. Feuille de Douala Ouest avec notice explicative (1/500 000)". Dir. Mines Géol., Yaoundé. Imp. Nat., Cameroun, 69 p., 1968.
- [17] F.J. Pettijohn, P.E. Potter, and R. Siever "Sands and Sandstones". Harper & Brother, New-York, sringer 618p., 1973.
- [18] Y.C. Belmonte "Stratigraphie du bassin sédimentaire du Cameroun". Proc.2nd W. African Micropal. Coll. Ibadan, pp.7-24., 1966.
- [19] J. Gazel, C.Q.V. Hourocq and M. Nicklès "Notice explicative de la carte géologique au 1/1000000 du Cameroun, avec notice explicative". Bulletin de la Direction des Mines et Géologie, Cameroun 2., 1956.
- [20] R.W. Murray, W.M. Leinen "Chemical transport to the seafloor of the equatorial Pacific Ocean across a latitudinal transect at 135°W: Tracking sedimentary major, trace, and rare earth element fluxes at the Equator and the Intertropical Convergence Zone". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57(17), pp. 4141-4163, 1993.
- [21] S. Abramovich, G. Keller and T. Adatte "Age and paleoenvironment of the Maastrichtian to Paleocene of the Mahajanga Basin. Madagascar: a multidisciplinary approach". *Marine Micropaleontology*, 47, Pp. 17-70, 2002.
- [22] S. B. Billong "Etude pétrographique et sédimentologique des faciès détritiques Crétacé Supérieur du bassin de Douala: secteur Mbalangui-Mabonji (Sud-Ouest Cameroun). Mem. D.E.A., Univ. De Yaoundé I, 71 p., 2007.