

Dynamique sédimentaire de la formation de couverture de Pointe Noire à Brazzaville, Sud de la République du Congo

Timothée MIYOUNA^{1*}, Hilaire ELENGA^{1,2}, Florent BOUDZOUYOU^{1,4}, Olivier Florent ESSOULI¹, Alexe IBARA GNIANGA¹ et El Hadji SOW³

¹ *Université Marien Ngouabi, Faculté des Sciences et Techniques, Département des Master, Laboratoire des Géosciences, BP 69, Brazzaville, République du Congo*

² *Centre de Recherches Géologiques et Minière, BP 14520, Brazzaville, République du Congo*

³ *Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Laboratoire de sédimentologie et Biostratigraphie, BP 5005, Dakar-Fann, République du Sénégal*

⁴ *Institut de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles, Département des Géosciences, BP 2400, Brazzaville, République du Congo*

* Correspondance, courriel : miyounatim@yahoo.fr

Résumé

L'étude sédimentologique, granulométrique et géochimique de la Formation de couverture de Pointe Noire à Brazzaville, dans la partie sud de la République du Congo, a été menée dans le but de mieux comprendre son origine, sa nature, sa structuration et sa relation avec son soubassement. Cette étude montre que la Formation de couverture est constituée de sables fins et très fins, assez-bien et moyennement classés, d'origine éolienne. Le dépôt n'est pas homogène, il est structuré en niveaux qui correspondent à des épisodes dans la sédimentation en rapport avec la dynamique des vents. Deux épisodes correspondants à deux tempêtes ont été mis en évidence. Ces deux épisodes sont séparés par une phase humide marquée par une amorce de paléosol végétal. La Formation de couverture repose sur une paléosurface marquée, soit par une stone line polygénique ou monogénique, d'origine alluviale ou colluviale, soit par une cuirasse latéritique ou par un paléosol de type podzol ou ferralsol. La stone line est constituée d'un ou de plusieurs niveaux d'âges parfois différents. Cette paléosurface porte couramment des outils archéologiques et est affectée par des gouttières d'érosion dues aux puissants courants des eaux de ruissellement. La Formation de couverture n'est pas le produit d'altération in-situ de son soubassement. Ils sont séparés par une discordance de ravinement. La Formation de couverture doit donc être séparée stratigraphiquement de son soubassement.

Mots-clés : *dynamique, sédiments, éoliens, épisodes, stone line, paléosol, ferralsol, podzol, Congo.*

Abstract

Sedimentary dynamic of the cover formation from Pointe-Noire to Brazzaville, Southern Republic of Congo

The sedimentological, grain-size analysis and geochemical study of the Cover Formation in the southern of the Republic of Congo was conducted to understand its origin, nature, organization and its relationship with its bedrock. This study shows that the Cover Formation is made up of fine and very fine sand, fairly well and moderately sorted, of aeolian origin. The deposit is not homogeneous, it is structured into layers that

correspond to episodes of sedimentation related to the dynamics of the winds. Two episodes corresponding to two storms were highlighted. These episodes are separated by a wet phase marked by a developing plant paleosol. The Cover Formation overlies a palaeosurface marked either by a polygenic or monogenic stone line of alluvial or colluvial origin, or by a palaeosol of laterite, podzol or ferralsol type. The stone line is constituted of one or more different age layers. This palaeosurface is commonly associated with archaeological tools and is affected by erosional gutters due to strong rill currents. The Cover Formation is not the weathering product of its bedrock. They are separated by an erosional unconformity. The Cover Formation must therefore be stratigraphically separated from its bedrock.

Keywords : *dynamic, sediments, aeolian, episodes, stone line, palaeosol, ferralsol, podzol, Congo.*

1. Introduction

La Formation de couverture est le sable jaune ocre qui surmonte toutes les formations anciennes au Congo, d'âge Archéen, Protérozoïque, Néoprotérozoïque, Paléozoïque, Mésozoïque et Cénozoïque. Elle est présente au Gabon [1, 2], au Congo [3 - 6] en R. D. Congo [7 - 9], au Cameroun [10]. Au Congo, elle a fait l'objet de plusieurs études pour la plupart anciennes [3, 4, 11, 12] à l'exception de celles de [6, 13]. Les datations au radiocarbone réalisées au Gabon lui donnent un âge Holocène récent variant entre 3000 à 2000 ans B.P. [1]. Son origine, sa nature, sa stratigraphie sont très controversées. Selon certains auteurs [9, 14], la Formation de couverture est une altérite, c'est-à-dire elle provient de l'altération in-situ des formations qu'elle surmonte. Par contre pour [2, 6, 13], elle est d'origine éolienne. Sa stratigraphie est également controversée. Dans le bassin côtier atlantique congolais par exemple, elle a été placée dans la partie sommitale de la série des Cirques d'âge Plio-Pléistocène [15], alors que dans les plateaux Batéké, elle constitue l'unité supérieure (Ba2) de la série des Plateaux Batéké, d'âge Néogène [11, 16]. Selon [4, 17] cette Formation est homogène et n'est pas structurée en unités ou en séquences sédimentaires. Plusieurs questions sont donc en suspens. L'objectif de cette étude est de mieux comprendre l'origine de cette Formation, sa nature, sa structuration et sa relation avec son soubassement afin de préciser son paléoenvironnement et stratigraphique.

2. Matériel et méthodes de l'étude

2-1. Présentation générale de la zone d'étude et localisation des points d'observation

La zone de l'étude est située entre Pointe-Noire et Brazzaville dans la partie sud de la République du Congo (*Figure 1*). Les points d'observation sont Madingo-Kayes et Malélé dans le département du Kouilou, Moukondo dans le Niari, Mindouli dans le Pool, la falaise du pont du Djoué et le ravin de la Main bleue dans Brazzaville sud, les carrières Manianga et Académie dans Brazzaville nord. Les coordonnées géographiques de ces points d'observation sont consignées dans le *Tableau 1* ci-dessous.

Tableau 1 : Localisation des points d'observation

Localités	X-Coordonnées	Y-Coordonnées	Altitude (m)	Département
Falaise Pont du Djoué	15°13'37,70"	4°18'24,40"	306	Brazzaville
Falaise Main Bleue	15°15'38,70"	04°17'50,90"	305	Brazzaville
Carrière Académie	15°18'24,01"	04°08'13,60"	209	Brazzaville
Carrière Manianga	15°18'24,10"	04°09'55,30"	320	Brazzaville
Madingo-Kayes	11°50'43,00"	04°37'39,00"	032	Kouilou
Malélé	12°07'10,50"	04°27'35,50"	067	Kouilou
Mopila	12°04'00,80"	04°33'47,20"	045	Kouilou
Moukondo	12°35'23,10"	04°11'08,30"	342	Niari
Mindouli	14°23'16,64"	04°15'38,46"	419	Pool

Le relief de la zone d'étude est constitué d'un ensemble de collines et de plateaux séparés par des vallées [18]. Le climat est du type bas-congolais ou tropical humide, caractérisé par deux saisons : une saison des pluies et une saison sèche. La saison de pluie s'étend d'octobre à mai avec un ralentissement des pluies entre janvier et février, et une saison sèche de juin à septembre [19]. Le réseau hydrographique s'organise autour du fleuve Congo, le Djoué, le Kouilou et le Niari.

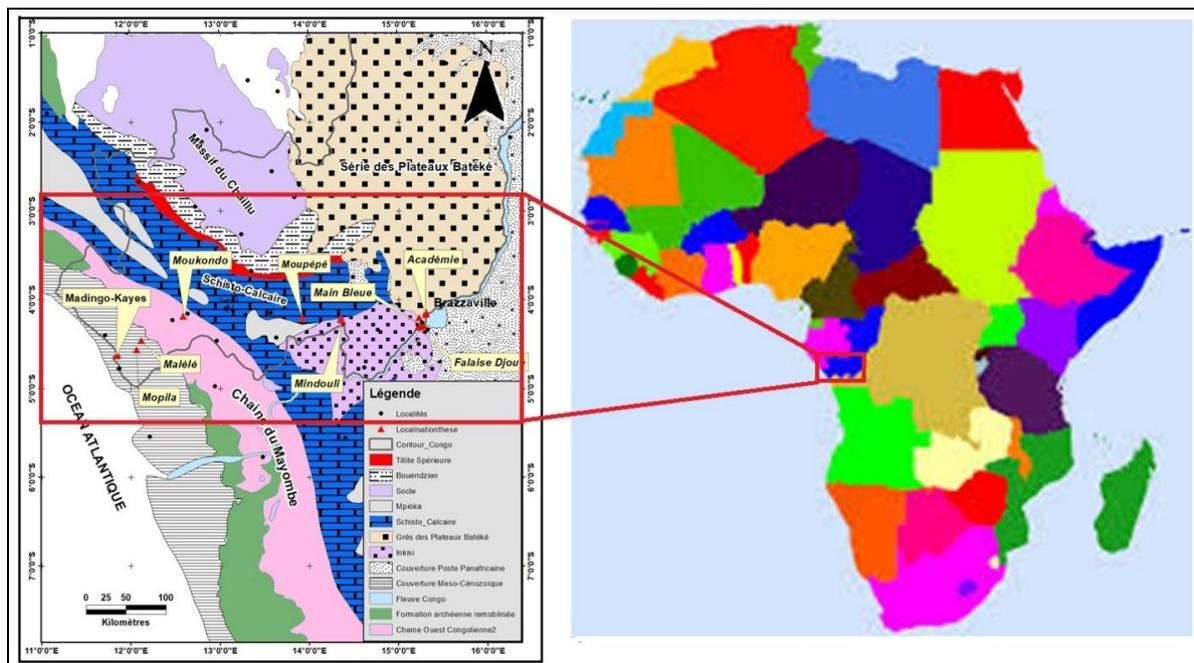


Figure 1 : Situation de la zone d'étude et localisation des points d'observation sur la carte géologique de la République du Congo (Modifié d'après [11])

2-1-1. Géologie et évolution paléoclimatique de la zone d'étude

La géologie de la zone d'étude (*Figure 1*) est marquée d'ouest en est par les formations sédimentaires du bassin côtier atlantique d'âge Mésozoïque à Cénozoïque, les formations métamorphiques et magmatiques de la chaîne panafricaine du Mayombe, les formations Archéennes du massif du Chaillu, les formations sédimentaires du Schisto-Calcaire du bassin Niari-Nyanga d'âge Néoprotérozoïque, les formations fluviolacustres de la Mpioka d'âge Néoprotérozoïque, les formations fluviales du grès de l'Inkisi d'âge Paléozoïque, les grès tendres et sables kaoliniques de la série du Stanley-Pool d'âge Jurassique supérieur à Crétacé et enfin les grès et sables de la série des Plateaux Batéké d'âge Paléogène à Néogène [4, 11, 13, 16, 20 - 22].

Toutes ces formations anciennes sont recouvertes par un sable jaune ocre, argileux et silteux d'apparence homogène, appelé Formation de couverture [1, 2]. L'évolution paléoclimatique de l'Afrique centrale est marquée depuis 70.000 ans B.P. par une longue période humide interrompue par des périodes sèches [17, 18, 23, 24-26] : période aride entre 70.000 et 40.000 ans B.P. (Maluekien) ; période humide entre 40.000 ans et 30.000 ans B.P. (Njilien) ; période aride entre 30.000 ans et 12.000 ans B.P. (Léopoldvillien) ; retour au climat humide au Kibanguien A (12.000 ans à 3.000 ans B.P.) ; aridification du climat au Kibanguien B (3.000 ans à 1000 ans B.P.) et retour au climat humide de 1000 ans B.P. à l'actuel avec un léger épisode aride à 650 ans B.P.

2-2. Méthodologie

La méthodologie a consisté à l'étude sur le terrain et au laboratoire. L'étude sur le terrain a consisté à identifier et à décrire la Formation de couverture. Un accent particulier a été mis sur les termes de passage entre la Formation de couverture et son soubassement. Huit (8) profils ont été décrits et 92 échantillons ont été prélevés pour les analyses au laboratoire. Au laboratoire l'étude a consisté à faire des analyses texturales, granulométriques et géochimiques. Les analyses texturales et géochimiques ont été réalisées au laboratoire de l'Institut de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles (IRSEN) de Pointe-Noire, en République du Congo. Elles ont été faites par sédimentométrie à la pipette de Robison. Elles ont permis de déterminer la proportion en sable grossier, en sable fin, en silt et en argile contenu dans chaque échantillon. Les analyses géochimiques ont consisté au dosage du carbone organique total, de la matière organique selon la méthode de [27] ; au dosage de l'azote total selon la méthode de [28]. La granulométrie a été faite par tamisage à sec, après lavage et séchage à l'étuve à 105°C. Avant le tamisage, les échantillons ont été traités à l'eau oxygénée pour dégrader la matière organique ; à l'acide oxalique pour désagréger les concrétions ferrifères. Le tamisage a été effectué pendant 10 minutes à l'aide d'une colonne de sept tamis en progression AFNOR, à mailles décroissantes vers le bas (2 mm, 1 mm, 0,500 mm, 0,250mm, 0,125 mm, 0,063 mm, 0,050 mm). Les différents refus ont été pesés et cumulés afin de tracer les courbes cumulatives à partir desquelles nous avons déterminé les indices granulométriques tels que Q_5 , Q_{16} , Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} , Q_{84} et Q_{95} . Ces indices ont permis de calculer les paramètres granulométriques tels que la moyenne, l'écart-type et l'asymétrie selon les formules de [29]. L'analyse morphoscopique a été faite au laboratoire des Géosciences de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Marien NGOUABI. Elle a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire de type Leica Zoom 2000, selon la méthode de [30]. Les résultats obtenus sur chaque profil ont été traduits soit sous forme de diagrammes, soit répartis le long du profil afin de suivre leurs évolutions verticales. La discussion des résultats est basée sur le diagramme de variation des flux sédimentaires dans le deep sea fan du Congo établi par [31], sur l'évolution paléoclimatique et pédogénétique de [24] et sur l'essai de synthèse paléogéographique et paléoclimatique du littoral congolais établi par [32].

3. Résultats

3-1. Description des profils

A Mopila 1 (*Figure 2a*), le profil montre trois ensembles lithologiques : l'ensemble inférieur qui représente la série des Cirques, est constitué par une succession de séquences élémentaires de type fluvatile à méandres. Chaque séquence élémentaire débute par un niveau alluvionnaire conglomératique ou granulaire de 0,10 à 0,20 m d'épaisseur. Ce niveau est surmonté par 0,50 m à 1,50 m de sable moyen et fin, à stratifications entrecroisées, obliques et planes parallèles. La séquence se termine par un sable très fin et argileux à lamines planes parfois à rides de courant. L'ensemble moyen est constitué par une cuirasse latéritique localement déstructurée. Elle contient des galets et gravillons de quartzites, de roches

magmatiques et métamorphiques, associés à une fraction sableuse finement argileuse. L'ensemble supérieur représente la Formation de couverture. C'est un sable fin à très fins, argilo-silteux, de couleur jaune ocre, d'apparence homogène. A Mopila 2 (**Figure 2b**), situé à environ 600 m au sud de Mopila 1, le profil montre les mêmes ensembles lithologiques qu'à Mopila 1. Seulement, à Mopila 2, l'ensemble moyen est une stone line colluvionnaire de 0,05 m à 0,60 m d'épaisseur, constituée de blocs anguleux, pluri centimétriques de latérite identique à celle décrite à Mopila 1, de cailloux et gravillons anguleux de roches magmatiques et métamorphiques. Ces éléments sont très mal classés et emballés dans une matrice sablo-argileux très hétérogène. A Moukondo (**Figure 2d**), le profil montre un ensemble inférieur et un ensemble supérieur. L'ensemble inférieur est constitué essentiellement de blocs, graviers et granules anguleux de latérite pisolitique, de graviers de quartzite et de schistes, le tout emballé dans une matrice sablo-argileuse jaune grisâtre. Cet ensemble montre un granoclassement inverse et correspond à une stone line alluviale. L'ensemble supérieur est constitué par environ 2 m de sable fin, jaune ocre, très argileux, d'apparence homogène, il correspond à la Formation de couverture. A Mindouli (**Figure 2c**), le profil montre deux ensembles lithologiques : l'ensemble inférieur représente la partie supérieure d'un paléosol développé sur les carbonates du Schisto-Calcaire d'âge Néoprotérozoïque. Ce paléosol montre du bas vers le haut, une argile rouge blanchâtre à petites concrétions ferrifères (mottled zone), surmontée par 0,50 m à 1,40 m de cuirasse latéritique pisolitique contenant des débris de calcaire, de dolomie et de chert. La surface sommitale de cette cuirasse est fortement ravinée et porte localement des outils archéologiques taillés dans du silex.

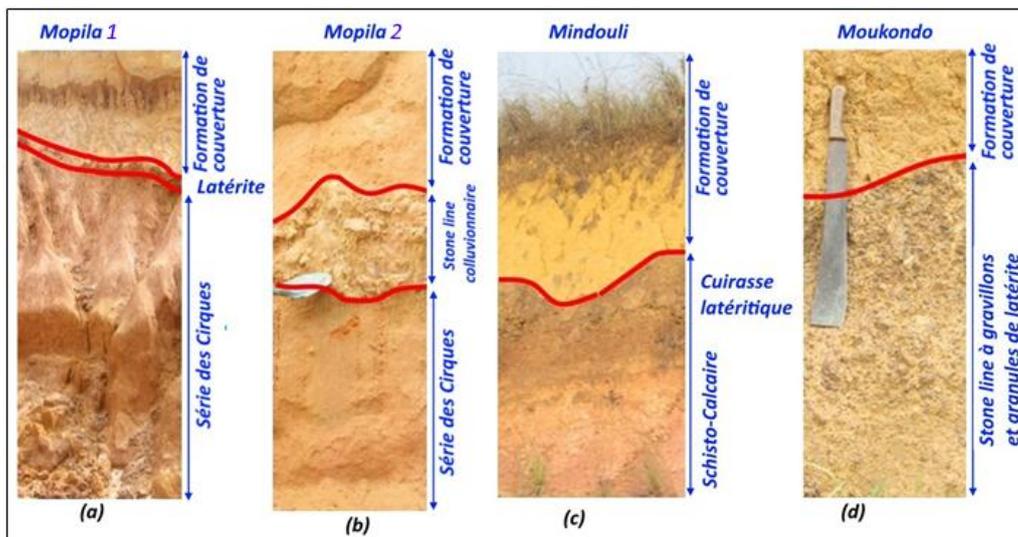


Figure 2 : Profil Transition entre la Formation de couverture et son soubassement à Mopila (a et b), Mindouli (c) et Moukondo (d)

L'ensemble supérieur est constitué par environ 2,20 m de sable fin, argilo-silteux, jaune ocre dont la partie sommitale est en cours de latéritisation. Cet ensemble représente la Formation de couverture. A la falaise du pont du Djoué (**Figure 3a**), le profil montre trois ensembles lithologiques. L'ensemble inférieur d'au moins 3,40 m d'épaisseur, représente le grès de l'Inkisi d'âge Paléozoïque [33]. C'est un grès grossier, moyen, localement graveleux et conglomératique, arkosique, de couleur rouge lie-de-vin, à ciment principal ferrugineux et secondaire, carbonaté. Les débris dominants de quartz et de feldspaths sont anguleux, sub-arrondis et jointifs. L'ensemble moyen de 0,3 m à 1,20 m représente la stone line alluvionnaire. C'est une ancienne terrasse du fleuve Congo. Elle est constituée localement d'une ou deux séquences granoclassée inverse. Chaque séquence est constituée du bas vers le haut : d'environ 0,40 m de gravier fin, marron clair, constitué majoritairement de granules de grès de l'Inkisi, de quartzite, de latérite et de grès

silicifiée (dalle silicifiée). Le tout est emballé dans une abondante matrice, argilo-sableuse de couleur rouge ocre provenant du remaniement des grès de l'Inkisi ; de 0,15 m à 0,30 m de conglomérat moyen, à galets aplatis de quartzite et de grès de l'Inkisi disposés parfois en tuiles pentées de 25° vers le Sud-ouest ; de 0,60 m à 0,90 m de conglomérat très grossier à blocs anguleux et sub arrondis, pluri centimétriques de dalle silicifiée et de quartzite, à gravillons et galets arrondis de quartzite, de chert, d'oolithe noire silicifiée, de cuirasse latéritique. Ce niveau est localement fortement ferruginisé dans sa partie sommitale et contient des outils archéologiques portant un enduit ferrugineux. Ce niveau est surmonté par environ 0,12 m de gravier fin à éléments sub arrondis et arrondis, de quartzite à enduit ferrugineux. L'ensemble supérieur représente la Formation de couverture. Elle est constituée par 7 m de sables fins silteux et argileux, jaune ocre, d'apparence homogène.

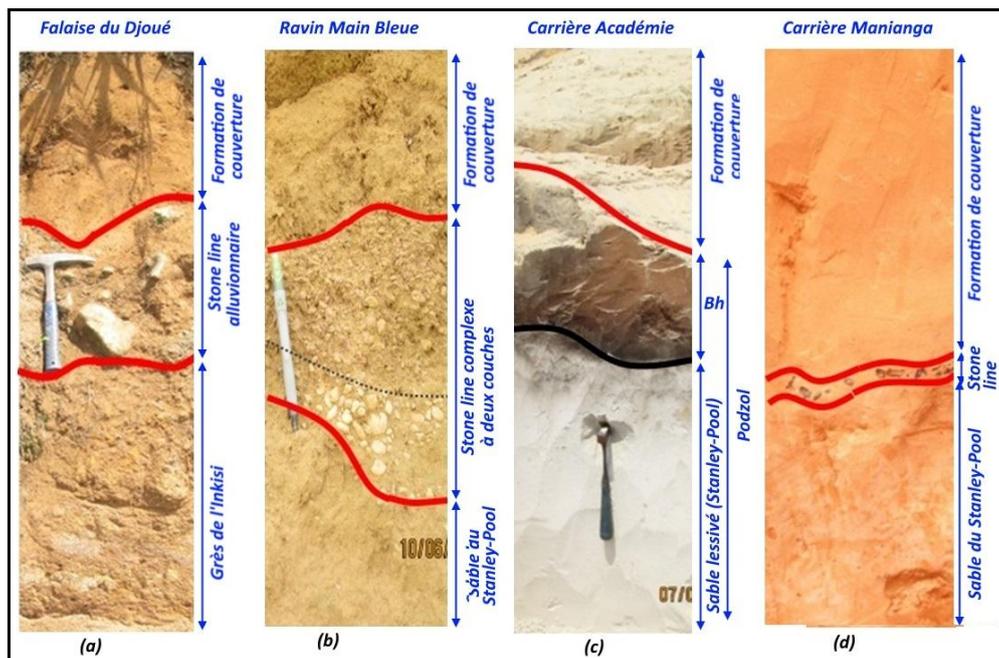


Figure 3 : Transition entre la Formation de couverture et son soubassement à la falaise du pont du Djoué (a), ravin de la Main bleue (b), la carrière Académie (c) et à la carrière Manianga (d)

Au ravin de la Main bleue (**Figure 3b**), le profil montre trois ensembles lithologiques. L'ensemble inférieur de plus de 26 m, représente les sables et grès moyens et fins de la série du Stanley-Pool, d'âge Crétacé [21]. Ce sont des sables et grès blanchâtres, kaolinique, fluvio-lacustres, à grandes stratifications entrecroisées, obliques, planes parallèles et en feston. Les quartz, essentiellement usés et luisants dans la partie basale deviennent dans la partie sommitale, plus ronds mat-luisants et ronds mats, portant des marques de choc. Dans les niveaux grésifiés, la silice, le fer et la kaolinite servent de ciment. L'ensemble moyen a une épaisseur de 0,10 m à 0,50 m. C'est une stone line constituée de deux niveaux : le niveau inférieur dont l'épaisseur varie entre 0,15 m à 0,20 m est une ancienne terrasse du fleuve Congo. Elle est constituée de galets arrondis et aplatis de quartzites, de silexites, associés à des blocs sub-anguleux, arrondis et pluri centimétriques de grès fin silicifié (dalle silicifiée) et de quartzite. Tous ces éléments sont emballés dans une matrice sablo-argileuse grisâtre. Le niveau supérieur de 0,20 m à 0,40 m d'épaisseur et de couleur rouge ocre est constitué essentiellement de granules et graviers de latérite. Ces granules sont très mal classés et sont emballées dans une matrice sablo-argileuse rouge ocre. L'ensemble supérieur de 12 m d'épaisseur est la Formation de couverture. Elle est constituée de sable fin, silto-argileux, jaune ocre d'apparence homogène. A la carrière Académie (**Figure 3c**), le profil montre un ensemble inférieur

constitué par 1,5 m de sable fin, blanc, lessivé d'un paléosol hydromorphe (podzol), développé sur la partie sommitale des sables de la série du Stanley-Pool. L'ensemble moyen d'environ 0,40 m est l'aliôs. C'est un ancien horizon d'accumulation d'un podzol. La surface sommitale de cet aliôs est ravinée et porte des outils archéologiques taillés dans les grès silicifiés de la série des plateaux Batéké. L'ensemble supérieur constitue la Formation de couverture. Elle est constituée par 9 m de sable fin jaune ocre, argilo-silteux d'apparence homogène, surmonté par 1,60 m de sable fin à moyen, blanc noirâtre en cours de podzolisation. Cet ensemble se termine par 0,20 m de sol humifère. A la carrière Manianga (*Figure 3d*), le profil montre trois ensembles. L'ensemble inférieur d'environ 9 m d'épaisseur est constitué de sable fin et moyen, blanc rougeâtre, à stratifications entrecroisées et planes parallèles. Ce sable appartient à l'unité 2 (SP2) de la série du Stanley-Pool d'âge Crétacé. L'ensemble moyen constitué de 0,05 m à 0,50 m d'épaisseur est la stone line. Elle est composée de deux niveaux : le niveau inférieur de 0,40 m est un sable moyen de couleur jaune ocre contenant des gravillons anguleux d'aliôs au sommet ; le niveau supérieur de 0,10 m à 1 m est constitué de cailloux et blocs anguleux d'aliôs fortement induré à ciment ferrugineux. Le tout est emballé dans une matrice de sable fin argileux légèrement orangé. L'ensemble supérieur est la Formation de couverture. Elle est constituée par 20 m de sable fin, jaune ocre, silteux et argileux d'apparence homogène, localement bioturbé par les racines actuelles. Il se termine par environ 0,20 m de sol humifère.

3-2. Analyse texturale

L'analyse texturale des échantillons de la Formation de couverture venant des profils de Madingo-Kayes, Malélé, du ravin de la Main bleue et de la carrière Académie montre que la proportion en sable grossier varie entre 12 % et 36 %, celle en sable fin de 46 % à 67 %, celle en silt de 0,9 % à 9 % et celle en argile de 0,1 % à 23 %. La répartition de ces différentes proportions dans le diagramme de classification de sédiments fins de [34] (*Figure 4*) met en évidence quatre lithofaciès suivants : le faciès sableux, le faciès sable argileux, le faciès sable silteux et le faciès sable argilo-silteux.

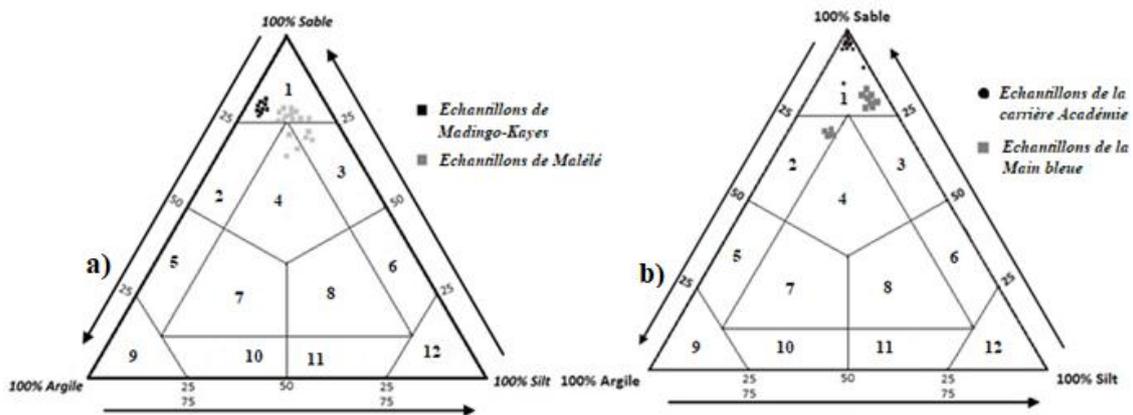


Figure 4 : Lithofaciès des sables jaune ocre de la Formation de couverture d'après Krumben [34] : a) Madingo-Kayes et Malélé ; b) Carrière Académie et ravin de la Main bleue

A Madingo-Kayes, l'évolution verticale de ces proportions le long du profil met en évidence cinq niveaux qui suggèrent une dynamique dans la sédimentation en rapport avec la compétence du courant transporteur. Le niveau 1 de 1,5 m d'épaisseur est constitué de 28 % de sables grossiers, 52 % de sables fins, 4 % de silts et 13 % d'argiles. Le niveau 2 de 0,8 m d'épaisseur est constitué de 28 % de sables grossiers, 50 % de sables fins, 2,5 % de silts et de 12,5 % d'argiles. Le niveau 3 de 2,20 m d'épaisseur est constitué de 29 % de sables grossiers, 50 % de sables fins, 4% de silts et 11 % d'argiles. Le niveau 4 de 0,8 m d'épaisseur

est constitué de 22 % de sables grossiers, 53 % de sables fins, 4 % de silts et 13 % d'argiles. Le niveau 5 de 4,6 m d'épaisseur est constitué de 34 % de sable grossiers, 47 % de sables fins, 2,5 % de silts et 10,5 % d'argiles. L'évolution verticale de ces proportions le long du profil (*Figure 5a et 5b*). Cette évolution suggère une dynamique dans la sédimentation en rapport avec la compétence du courant transporteur.

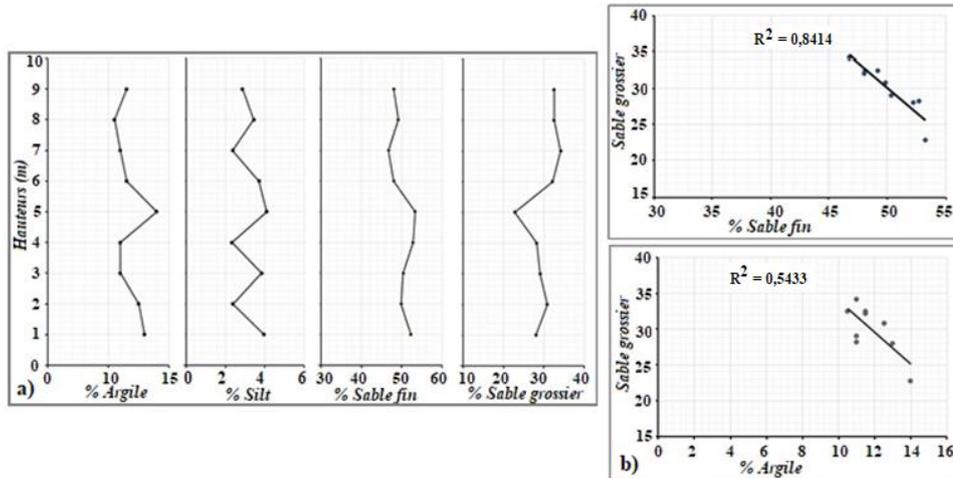


Figure 5 : Évolution verticale des proportions en sable grossier, sable fin, silt et en argile dans les sables jaune ocre de Madingo-Kayes (*Figure 5a*), et corrélation entre la proportion en sable grossier avec celle en sable fin et en argile (*Figure 5b*)

A Malélé, l'évolution verticale des différentes proportions le long du profil (*Figure 6a*) permet de distinguer également cinq niveaux. Le niveau 1 de 4,20 m d'épaisseur est constitué de 25,45 % de sable grossier, 56,72 % de sable fin, 8,94 % de silt et 14 % d'argile. Le niveau 2 de 2 m d'épaisseur est constitué de 26,82 % de sable grossier, 55,22 % de sable fin, 6,92 % de silt et 12 % d'argile. Le niveau 3 de 3,60 m d'épaisseur est constitué de 13,91 % de sable grossier, 57,64 % de sable fin, 12,47 % de silt et 13 % d'argile. Le niveau 4 de 2,40 m d'épaisseur est constitué 14,78 % de sable grossier, 52,63 % de sable fin, 17,44 % de silt et 17 % d'argile.

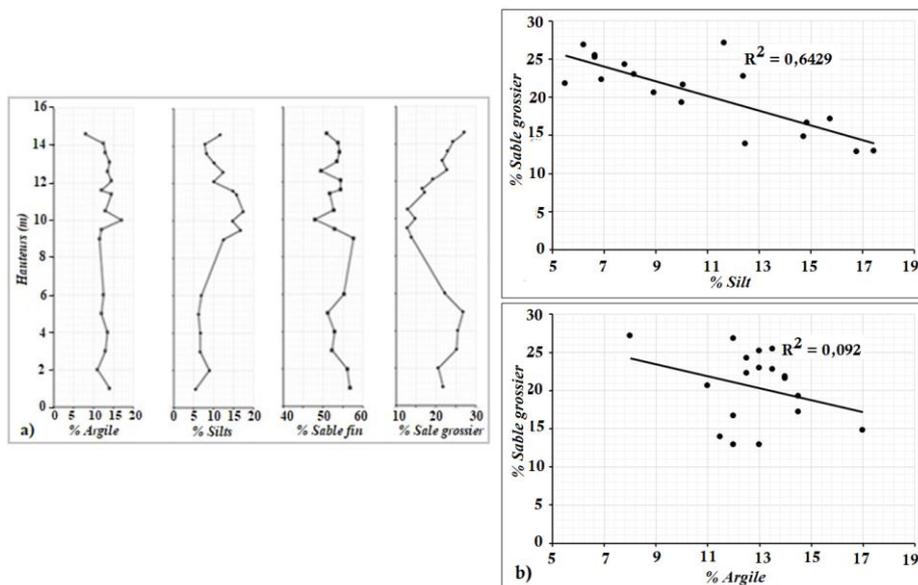


Figure 6 : Évolution verticale des proportions en sable grossier, sable fin, silt et en argile dans les sables jaune ocre de Malélé (*Figure 6a*), et la corrélation entre la proportion en sable grossier avec celle en silt et celle en sable fin avec celle en argile (*Figure 6b*)

Le niveau 5 de 4,20 m d'épaisseur est constitué de 27,13 % de sable grossier, 54,09 % de sable fin, 15,76 % de silt et 14,50 % d'argile. L'évolution verticale de ces proportions le long du profil (*Figure 6a et 6b*), montre que la proportion en sable grossier évolue inversement proportionnelle à celle en silt et en sable fin. Cette évolution suggère une dynamique dans la sédimentation en rapport avec la compétence du courant transporteur. Dans le ravin de la Main bleue également, l'évolution des différentes proportions le long du profil (*Figure 7a et 7b*), met en évidence un niveau marqué par la croissance progressive de la proportion en sable grossier et en sable fin, respectivement de 15,73 % à 25,21 % et de 54,63 % à 64,03 % ; par la décroissance de la proportion en argile de 28,80 % à 5,40 % qui évolue inversement à celle en silt. Cette évolution verticale des différentes proportions le long du profil, suggère une dynamique dans la sédimentation en rapport avec la compétence du courant transporteur.

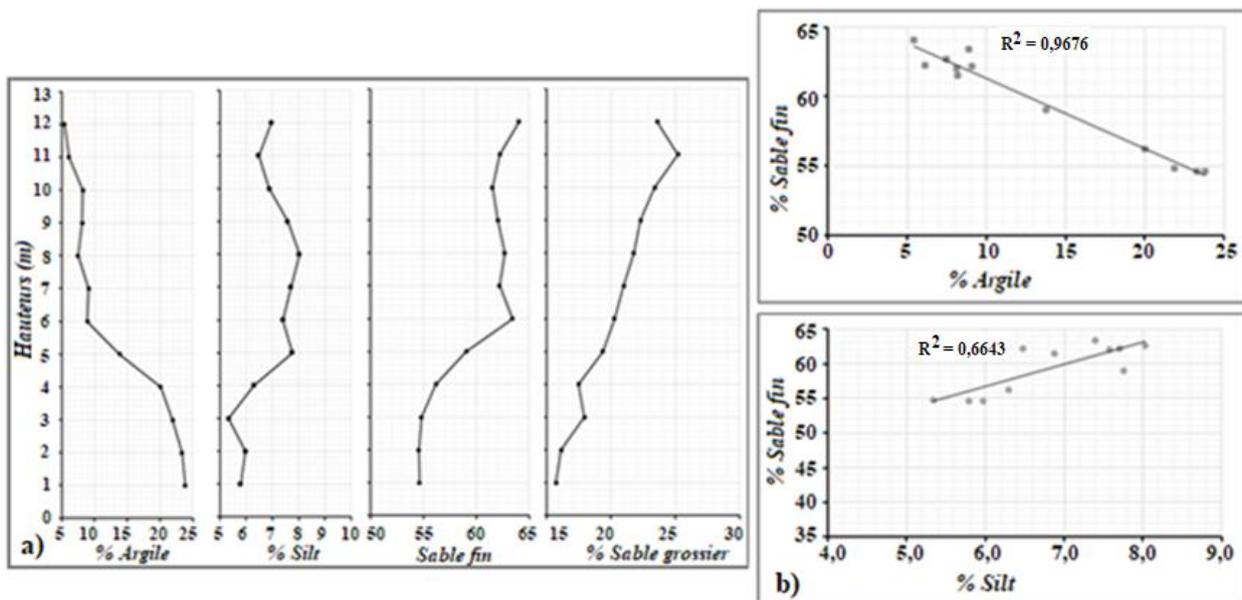


Figure 7 : *Évolution verticale des proportions en sable grossier, sable fin, silt et en argile dans les sables jaune ocre du ravin de la Main bleue (Figure 7a), et corrélation entre la proportion en sable fin avec celle en argile et en silt (Figure 7b)*

3-3. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique montre des sables essentiellement unimodaux (*Figure 8*). Le mode fréquemment observé est de 0,125 mm et secondairement de 0,063 mm. Les courbes des fréquences relatives sont majoritairement mesokurtiques et secondairement leptokurtiques, suggérant des sables constitués par un seul stock granulométrique dominant. L'évolution verticale des paramètres granulométriques le long des différents profils, confirme non seulement les différents niveaux mis en évidence par l'analyse texturale, mais aussi la dynamique dans la sédimentation de ces sables. A Madingo-Kayes (*Figure 9*), les valeurs de Q_5 , du mode, de la moyenne et de l'asymétrie croissent du niveau 1 au niveau 2, alors que l'écart-type reste constant à 0,640. Du niveau 3 au niveau 4, les valeurs de Q_5 et de la moyenne décroissent progressivement jusqu'à atteindre respectivement 0,435 mm et 0,172 mm. Le mode reste constant à 0,080 mm, l'asymétrie décroît à -0,153. Par contre, l'indice du classement croît à 0,760. Dans le niveau 5, les valeurs de Q_5 et de la moyenne croissent à nouveau, respectivement à 0,555 mm et 0,198 mm. Le mode reste toujours constant à 0,080 mm, alors que l'asymétrie croît à -0,005 et l'écart-type à 0,833. Cette évolution des paramètres granulométriques suivant les différents niveaux, suggère une dynamique dans la sédimentation, en rapport avec la compétence du courant transporteur.

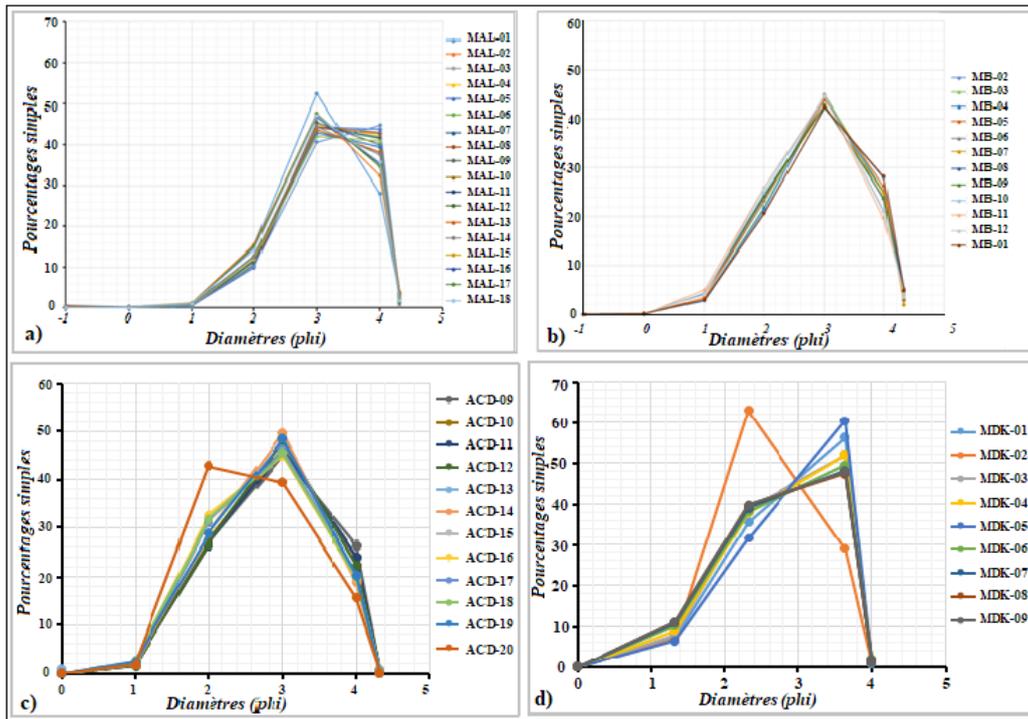


Figure 8 : Courbes de fréquences relatives des sables jaune ocre de Malélé (a), du ravin de la Main bleue (b), de la carrière Académie (c) et de Madingo-Kayes (d)

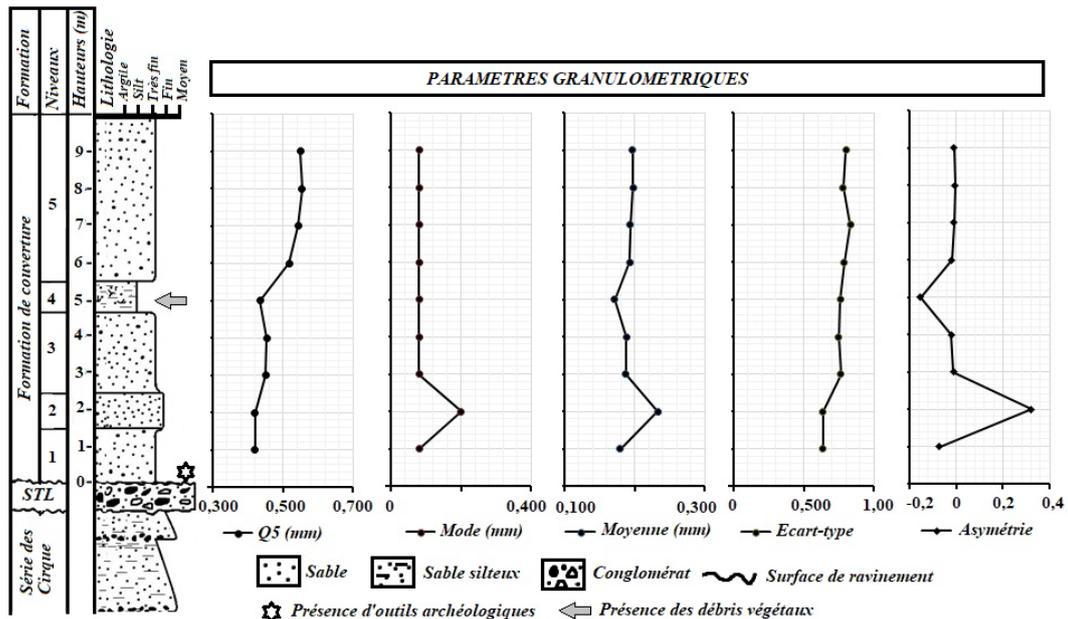


Figure 9 : Évolution verticale des paramgrammes granulométriques dans les sables jaune ocre de la Formation de couverture à Madingo-Kayes

A Malélé (Figure 10), les valeurs de Q_5 et de la moyenne croissent progressivement du niveau 1 au niveau 2, respectivement de 0,340 mm à 0,500 mm et de 0,148 mm à 0,160 mm. Le mode reste constant à 0,125 mm, par contre, l'asymétrie décroît de 0,1 à 0,01, alors que l'écart-type croît de 0,744 à 0,828. Du niveau 3 au niveau 4, les valeurs de Q_5 et de la moyenne décroissent progressivement jusqu'à atteindre respectivement 0,268 mm et 0,130 mm. Le mode décroît également à 0,063 mm, par contre, l'asymétrie croît à nouveau progressivement et atteint 0,19. L'écart-type décroît à 0,653.

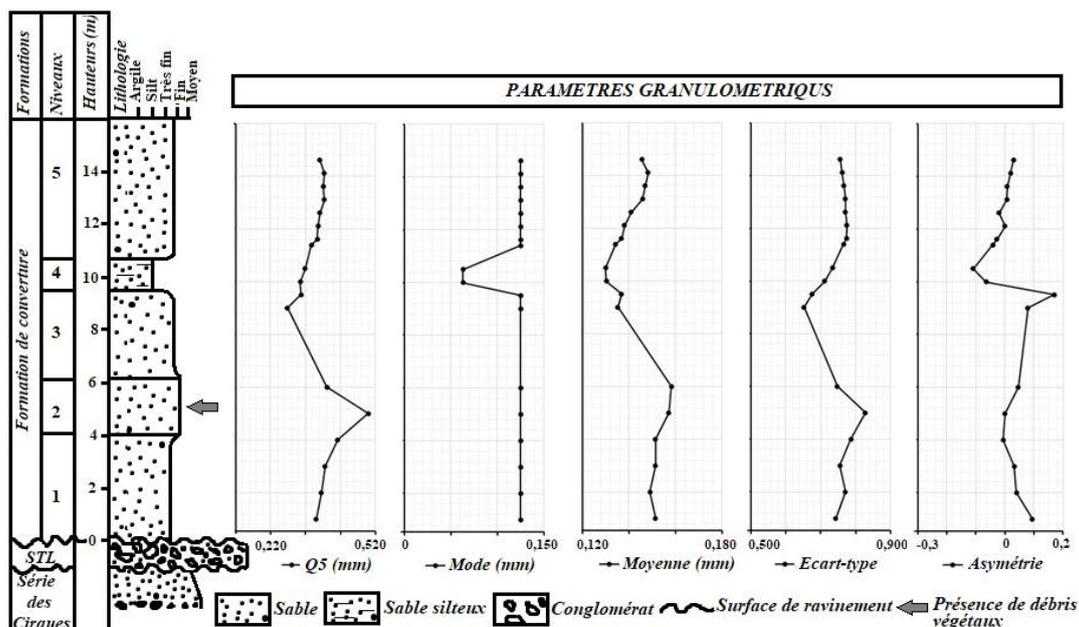


Figure 10 : Évolution verticale des paramètres granulométriques le long du profil de Malélé

Enfin dans le niveau 5, les valeurs de Q_5 et de la moyenne croissent à nouveau et atteignent respectivement 0,374 mm et 0,148 mm. Le mode et l'asymétrie croissent respectivement à nouveau à 0,125 mm et +0,03 alors que l'écart-type atteint 0,775. Cette évolution des paramètres granulométriques suivant les différents niveaux suggère une dynamique dans la sédimentation en rapport avec la compétence du courant transporteur. A la Main bleue (Figure 11), l'évolution des paramètres granulométriques le long du profil met en évidence un seul niveau granulométrique marqué par : le mode constant à 0,125 mm, la croissance progressive de la base au sommet du profil de la valeur de Q_5 et de la moyenne, respectivement de 0,400 mm à 0,500 mm et de 0,160 mm à 0,182 mm. L'écart-type croit faiblement de 0,886 à 0,917 et l'asymétrie de 0,014 à 0,031 à l'exception des sables à 5 m qui ont asymétrie de 0,466. L'évolution verticale de ces paramètres met en évidence une dynamique dans la sédimentation en rapport avec la compétence du courant transporteur.

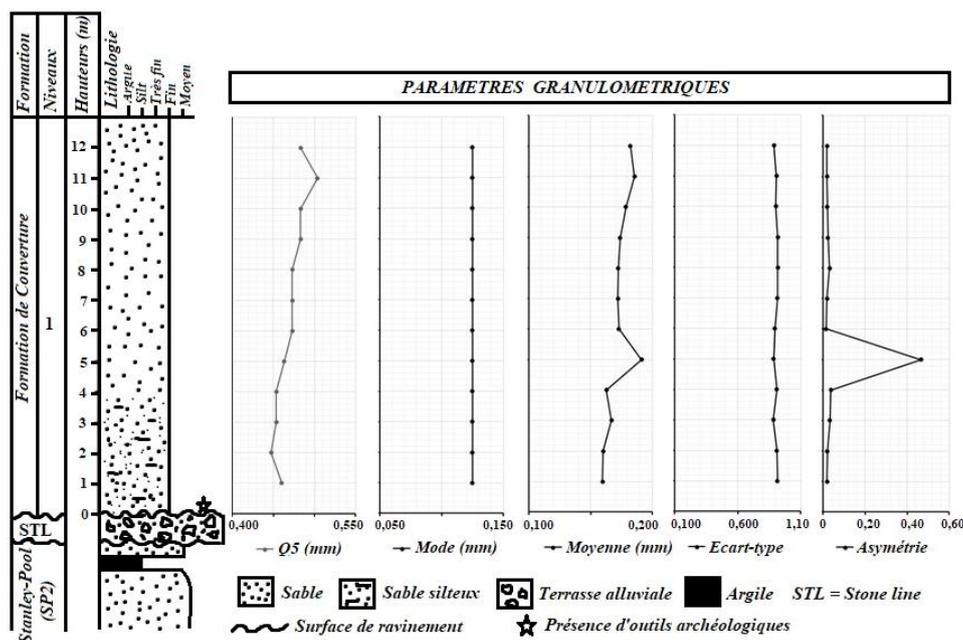


Figure 11 : Évolution verticale des paramètres granulométriques le long du profil du ravin de la Main bleue

3-4. Analyse morphoscopique

L'analyse morphoscopique réalisée sur la fraction de 500 μm de diamètre montre que les grains de quartz usés mats et cassés mats représentent 75 % à 80 %. Ils portent de nombreuses marques de chocs, localement approfondies par le phénomène de dissolution (**Figure 12a**). A Madingo-Kayes (**Figure 12**), le pourcentage de quartz cassés mats augmente de 41,86 % à 60,03 % du niveau 1 au niveau 2. Il décroît progressivement jusqu'à 37,11 % dans le niveau 4 puis augmente à nouveau progressivement jusqu'à 70,11 % dans le niveau 5 (**Figure 12b**). Par contre le pourcentage des grains ronds mats diminue de 36,82 % à 19,15 % du niveau 1 au niveau 2, puis augmente progressivement jusqu'à 45,88 % dans le niveau 3 (**Figure 12b**). Ce pourcentage baisse considérablement à 26,69 % dans le niveau 4 puis croît rapidement à 45,27 % dans la partie inférieure du niveau 5 avant de décroître à nouveau à 10,47 % dans la partie supérieure. Cette évolution inversement proportionnelle de la proportion des quartz cassés mats par rapport aux quartz ronds mats suggère une dynamique éolienne dans la sédimentation des différents niveaux.

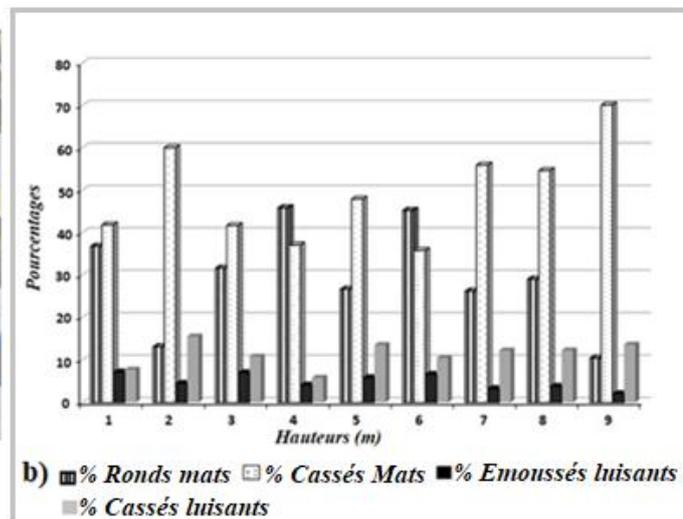
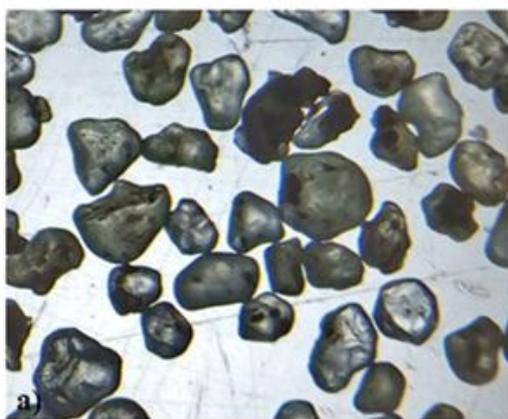


Figure 12 : Caractères morphoscopiques des sables jaune ocre de la Formation de couverture à Madingo-Kayes

A Malélé (**Figure 13**), les grains de quartz sont essentiellement ronds mats et cassés mats (80 % à 90 %) (**Figure 13a**). La proportion des grains de quartz cassés mats (**Figure 13b**) augmente du niveau 1 au niveau 2 de 47,36 % à 60,87 %. Elle diminue ensuite dans le niveau 3 et chute considérablement 40,43 % dans le niveau 4 et atteint sa valeur la plus basse de 25,62 % à la base du niveau 5. Cette proportion augmente à 44,85 % au sommet du niveau 5. Par contre, la proportion en quartz ronds mats augmente progressivement dans le niveau 1 puis décroît dans le niveau 2 à 34,15 %. Elle augmente dans le niveau 3 jusqu'à atteindre 59,20 % dans le niveau 4. Elle continue à augmenter à la base du niveau 5 (64,80 %) puis décroît à 51,47 % au sommet du niveau 5. Cette évolution inversement proportionnelle de la proportion en quartz ronds mats par rapport à celle en quartz cassés mats suggère une dynamique éolienne en rapport avec la compétence du vent.

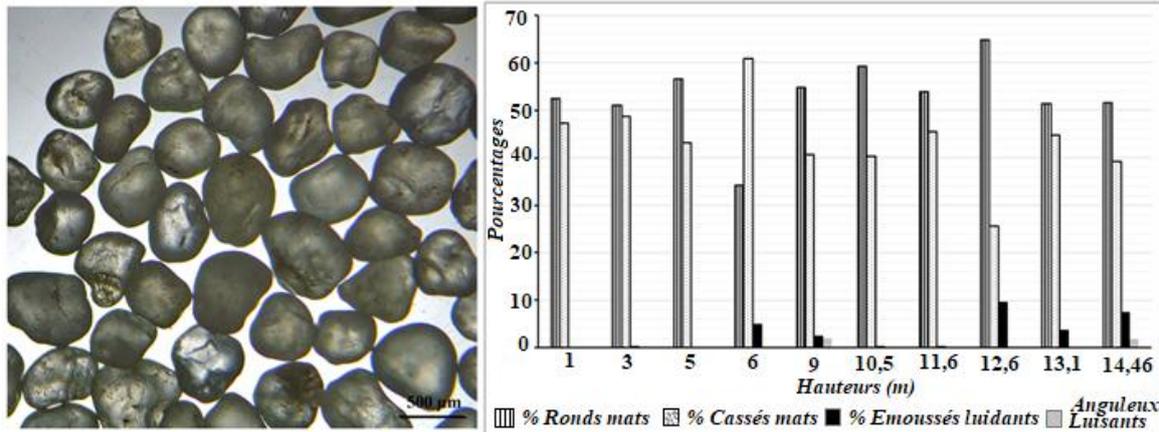


Figure 13 : Caractères morphoscopiques des sables jaune ocre de la Formation de couverture à Malélé

Au ravin de la Main bleue (Figure 14), les quartz ronds mats, cassés mats représentent 25 % à 30 %, et les ronds mat-luisants, 40 % à 70 %. Ils portent tous des marques de chocs (Figure 14a) couramment polies ou approfondies par la dissolution. La proportion des casés mats diminue de la base au sommet du profil alors que celle en ronds mats diminue d'abord de la base à 6 m puis augmente à 40 % au sommet du profil. Cette évolution des différentes proportions suggère également une dynamique éolienne dans la sédimentation.

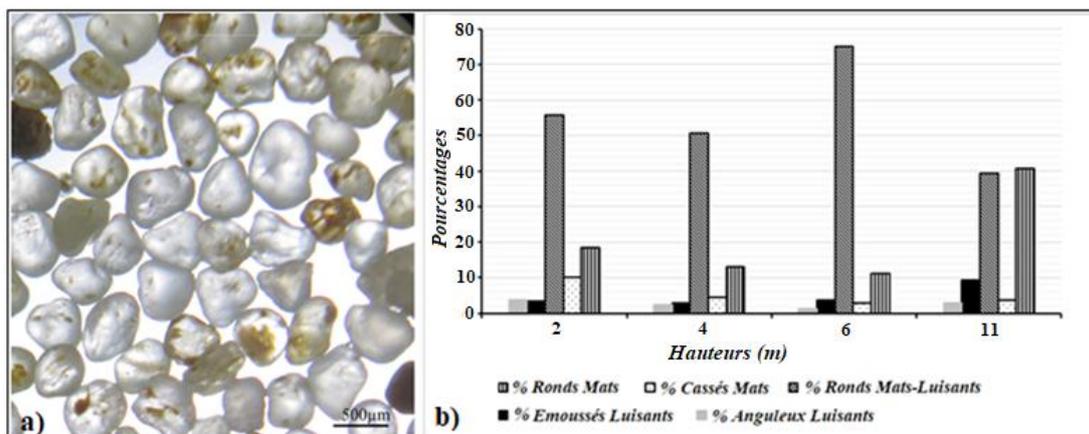


Figure 14 : Caractères morphoscopiques des sables jaune ocre de la Formation de couverture au ravin de la Main bleue

3-5. Analyse chimique

Les analyses chimiques montrent que les proportions en carbone organique total, en azote total et en matière organique sont très faibles dans les sables jaune ocre de la Formation de couverture. A Madingo-Kayes (Tableau 2), on observe un enrichissement en carbone et matière organique dans le niveau 4 situé à 5 m. La teneur en carbone atteint 0,630 %, le rapport C/N atteint 13,164 et la teneur en matière organique 1,080. A Malélé (Tableau 3), on observe un enrichissement en carbone (0,201 %), en Matière organique (0,360) dans le niveau 2 situé à 5 m et 6 m de hauteur, niveau marqué par la présence des charbons microscopiques. Au ravin de la Main bleue (Tableau 4), la teneur en azote est très faible, par contre celles en carbone organique total, en matière organique ainsi que le rapport C/N augmentent progressivement de la base au sommet du profil. La teneur en carbone atteint 0,410 %, celle en matière organique 14,140 et le rapport C/N 8,20. Cet enrichissement en surface en carbone et en matière organique est probablement dû à la décomposition du couvert végétal actuel.

Tableau 2 : Paramètres de positionnement et teneurs en carbone organique, en Azote total, en matière organique et la valeur du rapport C/N, profil de Madingo-Kayes

Échantillons	Hauteurs (m)	N (%)	C (%)	M.O (%)	C/N
MDK-01	1	0,028	0,090	0,150	3,206
MDK-02	2	0,025	0,090	0,160	3,636
MDK-03	3	0,030	0,240	0,410	7,989
MDK-04	4	0,040	0,150	0,250	3,767
MDK-05	5	0,048	0,630	1,080	13,164
MDK-06	6	0,040	0,260	0,440	6,442
MDK-07	7	0,048	0,260	0,440	5,470
MDK-08	8	0,045	0,380	0,650	8,491
MDK-09	9	0,050	0,310	0,590	6,232

Tableau 3 : Paramètres de positionnement et teneurs en carbone organique, en Azote total, en matière organique et la valeur du rapport C/N, profil de Malélé

Échantillons	Hauteur (m)	N (%)	C (%)	M.O (%)	C/N
MAL-01	1	0,040	0,110	0,180	2,750
MAL-02	2	0,040	0,100	0,170	2,500
MAL-03	3	0,040	0,120	0,210	3,000
MAL-04	4	0,040	0,100	0,170	2,500
MAL-05	5	0,050	0,210	0,360	4,200
MAL-06	6	0,030	0,160	0,280	5,330
MAL-07	9	0,030	0,080	0,140	2,660
MAL-08	9,5	0,030	0,090	0,140	3,000
MAL-09	10	0,040	0,110	0,180	2,750
MAL-10	10,5	0,030	0,120	0,210	4,000
MAL-11	11,4	0,030	0,080	0,140	1,330
MAL-12	11,6	0,030	0,100	0,170	3,330
MAL-13	12,1	0,030	0,110	0,180	3,660
MAL-14	12,6	0,040	0,080	0,140	2,000
MAL-15	13,1	0,030	0,090	0,150	3,000
MAL-16	13,6	0,030	0,100	0,170	3,330
MAL-17	14,1	0,040	0,130	0,220	3,250
MAL-18	14,6	0,030	0,120	0,220	4,000

Tableau 4 : Paramètres de positionnement et teneurs en carbone organique, en Azote total, en matière organique et la valeur du rapport C/N, profil du ravin de la Main bleue

Échantillons	Hauteurs (m)	N (%)	C (%)	M.O (%)	C/N
MB-01	1	0,040	0,050	2,160	1,250
MB-02	2	0,050	0,040	1,380	0,800
MB-03	3	0,040	0,060	2,590	1,500
MB-04	4	0,040	0,080	3,450	2,000
MB-05	5	0,030	0,120	6,900	4,000
MB-06	6	0,040	0,140	6,030	3,500
MB-07	7	0,030	0,140	8,050	4,670
MB-08	8	0,040	0,180	7,760	4,500
MB-09	9	0,110	0,200	3,130	1,820
MB-10	10	0,040	0,230	9,910	5,750
MB-11	11	0,040	0,260	11,210	6,500
MB-12	12	0,050	0,410	14,140	8,200

4. Discussion

A Mopila 1, la latérite qui s'est développée sur le conglomérat alluviale suggère un arrêt de la sédimentation et le comblement du chenal fluvial. Le comblement du chenal a été suivi d'une phase d'érosion qui a érodé les niveaux supérieurs de la séquence fluviale sous climat tropical chaud et humide pendant lequel s'est formée la latérite. [35] a trouvé sur la partie sommitale de cette latérite, des outils archéologiques datés de 50.000 ans B.P. (Sangoen) suggérant que la surface sommitale de cette latérite a été une paléosurface topographique sur laquelle l'homme préhistorique a marché et y a abandonné des outils avant que la Formation de couverture ne s'y dépose. A Mopila 2, la présence de la stone line colluvionnaire constituée de blocs et cailloux de roches magmatiques et métamorphiques, de blocs anguleux de latérite identique à celle décrite à Mopila 1, suggère un remaniement vigoureux de cette paléosurface. L'absence de classement de cette stone line, l'abondance de matrice sablo-argileuse et la grande taille des éléments, suggèrent un dépôt en vrac de bas de pente ou de type débris flow sous climat humide. Il ressort de ces résultats qu'une paléosurface affectée par des ruissellements parfois vigoureux sépare la Formation de couverture de son soubassement constitué par les sables de la série des Cirques. Dans la bordure orientale du bassin côtier, contrairement à [16], la Formation de couverture est séparée de la série des Cirques par une paléosurface qui constitue une discordance majeure.

Elle doit donc de ce fait être stratigraphiquement séparée de la série des Cirques. A Mindouli, l'ensemble inférieur constitué par la saprolite fine ou argile bariolée (Mottled clay) surmontée par la zone tachetée, pisolitique, faiblement indurée et coiffée par une cuirasse rougeâtre (carapace et duricrust) correspond à la partie supérieure d'un profil de sol de type ferralsol, dit profil de Walther [36, 37]. L'absence des horizons A, meuble rouge et argileuse ; B, meuble et rouge microstructuré, suggère leur érosion par des puissants courants des eaux de ruissellement sous climat humide. Cette érosion est confirmée par les profondes gouttières d'érosion observées sur la surface sommitale de la cuirasse. Les outils archéologiques trouvés sur cette surface sommitale y ont été abandonnés par l'homme préhistorique. Ce ferralsol développé sur les carbonates Néoprotérozoïque du Schisto-calcaire, suggère qu'elles ont subi une pédogenèse sous climat tropical chaud et humide. Selon Legros, le recul de la surface de la roche à la base des sols est de l'ordre 10 m à 20 m voire 40 m par million d'années, soit donc quelques mm tous les cent ans [37]. En plus, le temps nécessaire à la différenciation d'un sol tropical typique avec argiles bariolées et cuirasse sus-jacente représente plusieurs millions d'années. Il ressort que plusieurs millions d'années séparent donc la formation du ferralsol et la sédimentation de la Formation de couverture.

Période durant laquelle ont été érodées toutes les Formations postérieures au Schisto-Calcaire et antérieures à la Formation de couverture. Contrairement à [14], dans le secteur de Mindouli, la Formation de couverture est allochtone, elle n'est pas le produit d'altération in-situ des carbonates du Schisto-Calcaire, elle doit stratigraphiquement en être séparée. A Moukondo, l'ensemble inférieur constitué essentiellement de blocs pluri centimétriques de latérite pisolitique, de granules et graviers anguleux de latérite et de roches métamorphiques, suggèrent le démantèlement vigoureux d'une ancienne cuirasse latéritique développée sur les formations métamorphiques, sous climat à saisons contrastées. Durant les périodes plus sèches, les cuirasses latéritiques sont mécaniquement démantelées et dispersées sur les versants. Pendant les périodes humides, les ruissellements de surface façonnent les versants en glacis [38]. Le granoclassement inverse de cette stone line suggère un dépôt mis en place par un courant transporteur de plus en plus compétant. La forme anguleuse des débris et des blocs, suggère la proximité de la source. Cette stone line alluviale suggère donc une paléosurface sous climat tropical humide à saisons contrastées, affectée par des puissants courants de ruissellement qui ont drainés les produits du démantèlement des latérites vers les zones basses. Les blocs de plus en plus gros ainsi que la profondeur des gouttières

d'érosion, confirment l'intensité des ruissellements. Une longue période sépare donc la sédimentation de la Formation de couverture des formations métamorphiques et magmatiques de la chaîne du Mayombe comme le suggère [2] dans la partie sud du Gabon. La Formation de couverture doit être séparée stratigraphiquement des formations de la chaîne panafricaine du Mayombe. A la falaise du pont du Djoué, l'ensemble moyen constituant la stone line alluvionnaire, à galets polygéniques disposés en séquences granoclassées inverses et contenant des outils archéologiques, parfois usés représente une ancienne terrasse du fleuve Congo [24]. Les outils archéologiques associés à des éclats suggèrent que cette terrasse alluviale a été une surface topographique sur laquelle a marché l'homme préhistorique. Il ressort qu'au niveau de la falaise du Pont du Djoué, les sables jaune ocre de la Formation de couverture n'est pas le produit d'altération in-situ de son sous-jacent constitué par les grès de l'Inkisi d'origine fluviale. Tenant compte de l'âge Paléozoïque des grès de l'Inkisi [39], de l'âge Leopoldvillien (20.000 ans à 12.000 ans B.P.) des outils archéologiques contenus dans la terrasse et de l'âge Holocène récent (3000 ans à 2000 ans B.P.) de la Formation de couverture [1, 2], plusieurs millions d'années séparent la sédimentation de la Formation de couverture des grès de l'Inkisi. La Formation de couverture est donc séparée de ces grès par une discordance de ravinement et doit de fait donc être stratigraphiquement séparée de la Formation de l'Inkisi.

Au ravin de la Main bleue, le niveau inférieur et alluvionnaire de la stone line, constitué essentiellement de galets aplatis de quartzites, de chert, de roches magmatiques et métamorphiques, des témoins de grès fins silicifiés, d'oolithes noires, correspond à la terrasse ancienne du fleuve Congo que Giresse pense être du même âge que celle observée à la falaise du Pont du Djoué [24]. Cette terrasse correspond à un épisode fortement érosif qui peut être mis en rapport avec l'augmentation brusque du flux sédimentaire dans le deep sea fan du Congo sur la marge atlantique daté du Miocène moyen [40, 41]. La présence dans cette stone line alluvionnaire de blocs de dalle silicifiée du Stanley-Pool (SP2) d'âge Crétacé et des grès silicifiés du Ba1 d'âge Paléogène, témoigne qu'elle s'est formée après la silicification et la grésification des sables du Ba1 que [13] attribuent au Miocène inférieur. La ferruginisation de sa partie sommitale, tel qu'observé à la falaise du pont du Djoué, marque un retour aux conditions plus altérantes, favorables au développement des latérites et pourrait correspondre à la période de ralentissement du flux sédimentaire dans le deep sea fan du Congo, datée du Miocène supérieur à Pliocène par [13, 40, 41]. Le niveau supérieur de cette stone line constitué uniquement de graviers anguleux de latérite, suggère le démantèlement d'une ancienne cuirasse latéritique, et un retour aux conditions plus érosives qu'altérantes qui auraient affectées les profils d'altération du Mio-pliocène et la mise en place de la stone line à gravillons latéritiques.

En rapport avec le flux sédimentaire dans le deep sea fan du Congo, cette période de regain de l'érosion et de la sédimentation pourrait correspondre au Quaternaire. Une longue période sépare donc les deux niveaux de cette stone line (stone line alluvionnaire et la stone line à gravillons latéritiques). La présence de cette stone line à deux niveaux lithologiques d'âges différents, suggère que la Formation de couverture ne provient pas de l'altération in-situ des sables et grès tendres du Stanley-Pool. Elle est séparée du Stanley-Pool par une discordance de ravinement. La Formation de couverture doit donc être stratigraphiquement être séparée de la série du Stanley-Pool. A la carrière Académie, le podzol de l'ensemble inférieur, qui est un sol hydromorphe, suggère une surface topographique sur matériaux sableux couverts par une végétation sous climat humide [42, 43]. L'existence de l'horizon Bh induré (alios) dont les grains de sable sont cimentés par la matière organique monomorphe témoigne selon [37] d'une action négligeable de la faune du sol. Les gouttières d'érosion ainsi que les outils archéologiques trouvés sur la surface sommitale de l'alios, suggèrent une surface topographique sur laquelle l'homme préhistorique a marché. Selon [5], la durée de formation d'un podzol est d'au moins 1000 ans. En plus, ces outils archéologiques étant essentiellement taillés dans les grès silicifiés de la série des Plateaux Batéké suggère que cette surface topographique est postérieure à la silicification et à la grésification des sables

Batéké datées du Miocène inférieur. Une longue période sépare donc la formation de ce podzol d'avec le dépôt de la Formation de couverture. Contrairement à [14], la Formation de couverture ici non plus n'est pas le produit d'altération in-situ du soubassement, constitué par les sables podzolisés du Stanley-Pool (SP2). A la carrière Manianga, la stone line, constitué essentiellement des gravillons et blocs centimétriques à pluri centimétriques d'aliôs induré, à granoclassement inverse, suggère le démantèlement vigoureux d'un ancien niveau d'aliôs, mis à l'affleurement après érosion des horizons éluviaux. Les blocs anguleux d'aliôs suggèrent la proximité de la source. Le granoclassement inverse ainsi que les gouttières d'érosion observées à la base de la stone line, suggèrent une surface topographique affectée par des puissants courants des eaux de ruissellement et constitue une discordance de ravinement. Contrairement à [14], la Formation de couverture doit stratigraphiquement être séparée des sables du Stanley-Pool (SP2). Il ressort de ces observations de terrain, que la Formation de couverture est allochtone. Elle n'est pas le produit d'altération in-situ de son soubassement dont elle est séparée par une paléosurface préhistorique, affectée par des puissants courants torrentiels, de ruissellement ou de débris flow. La paléosurface est matérialisée soit par une stone line simple (une seule couche) ou complexe (multi couches), ou par un paléosol de type podzol ou ferralsol. La première stone line porte couramment des outils archéologiques d'âge soit Sangoen ou Lupembien, alors que la deuxième d'âge probablement Quaternaire, en serait dépourvue.

Les résultats des analyses au laboratoire confirment les observations de terrain. En effet, la corrélation négative entre la proportion en sable grossier et celle en sable fin, celle en sables grossiers avec celle en argile le long du profil de Madingo-Kayes, la corrélation négative de la proportion en sable grossier avec celle en silt et en sable fin à Malélé, suggèrent une dynamique dans la sédimentation en rapport avec la compétence du courant transporteur. Cette dynamique est confirmée par la variation verticale de la moyenne qui suit les différents niveaux mis en évidence par l'analyse texturale. La dominance des grains de quartz ronds mats et cassés mats ainsi la variation de leurs proportions respectives qui suit les différents niveaux suggèrent une dynamique éolienne (*Figures 15, 16 et 17*). La Formation de couverture est donc éolienne comme le suggère Thiéblemont [2] au Gabon. La présence des débris végétaux, des graines d'angiospermes ainsi que la proportion élevée en argile et en matière organique dans le niveau 4, marque un arrêt de la tempête, de la sédimentation et le développement d'un paléosol végétal sous climat humide. Le niveau 5 marqué d'abord par une diminution de la proportion en argile, en sable fin et par une augmentation de la proportion en sable grossier ainsi que de la moyenne suggèrent une reprise progressive de la dynamique des tempêtes qui tendent à s'accélérer. Ce niveau marque le début d'une deuxième tempête. Cette phase d'accélération des vents est bien marquée à Malélé où le niveau 5 montre une faible proportion en silt et une forte proportion en sable grossier et en grains de quartz cassés.

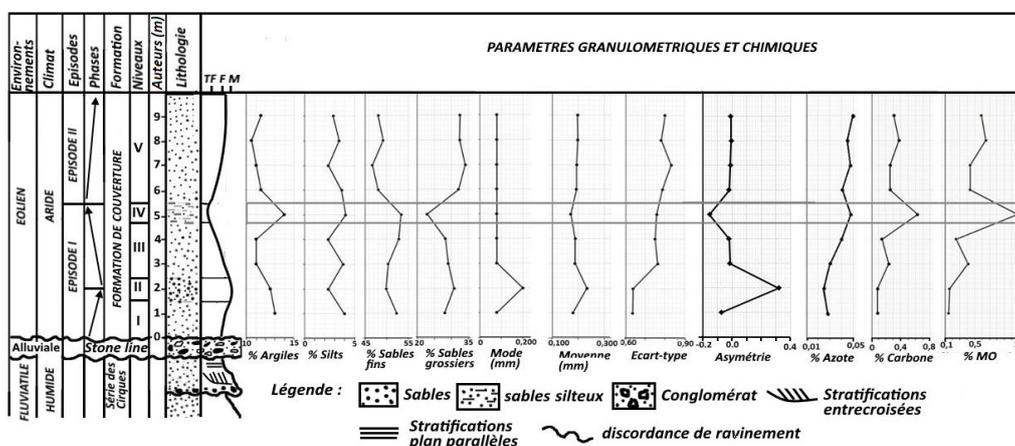


Figure 15 : Évolution des paramètres granulométriques et chimiques et épisodes de sédimentation de la Formation de couverture à Madingo-Kayes

Dans le ravin de la Main bleue, les sables constitués essentiellement des grains de quartz ronds mats-luisants, ronds mats et cassés mats à multiple marques de chocs majoritairement polies, suggèrent un dépôt d'origine éolienne en cours de lessivage. La corrélation inverse entre la proportion en sable fin avec celle en argile et en silt, ainsi que celle en sable grossier et en argile, met en évidence le caractère dynamique de la sédimentation.

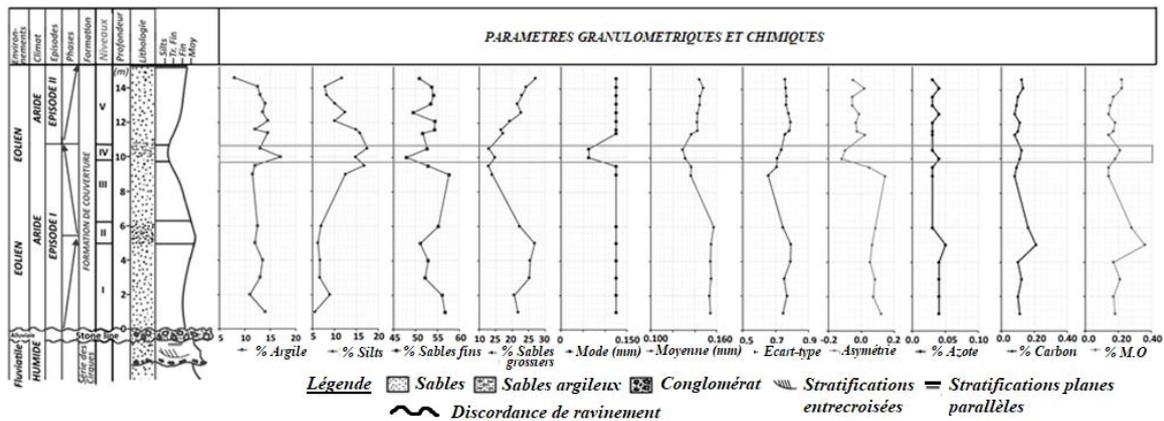


Figure 16 : *Évolution des paramètres granulométriques et chimiques et épisodes de sédimentation de la Formation de couverture à Malélé*

L'augmentation de la proportion en sable grossier et de la moyenne associée à la diminution progressive de la proportion en argile de la base vers le sommet du profil témoignent de l'augmentation de la compétence des vents, marquant ainsi la première phase d'accélération des vents. L'absence de dépôt correspondant à la phase de décélération des vents suggère leur ravinement.

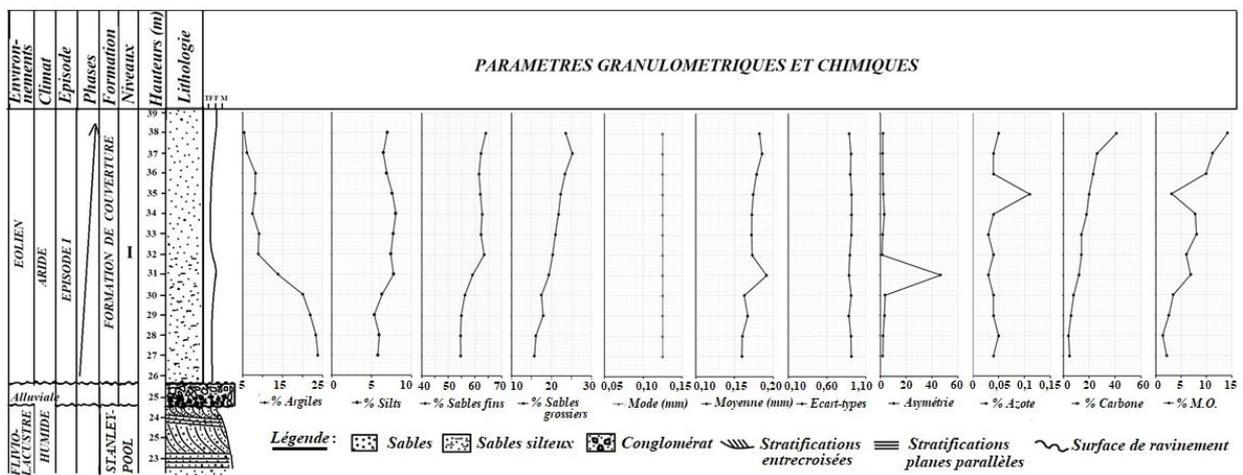


Figure 17 : *Évolution des paramètres granulométriques et chimiques et épisodes de sédimentation de la Formation de couverture au ravin de la Main Bleue*

D'une manière générale, la granulométrie très fine des sables suggère des dépôts de type loess. [19, 44] montrent que la circulation des vents et des Alisées en Afrique centrale au cours des derniers millénaires se fait du sud-est vers le nord-ouest. Ces sables proviendraient du désert du Kalahari. Les faibles teneurs en azote total, carbone organique, matière organique et du rapport C/N suggère des mauvaises conditions de conservation de la matière organique dues à l'activité des bactéries aérobies. Les petits débris de charbons observés à Malélé suggèrent un couvert végétal affecté par des feux de brousse en période sèche. En effet,

on assiste en Afrique centrale entre 4.000 et 2.000 ans B.P., à un assèchement et un recul de la forêt qui est remplacée en partie par la savane [25, 26, 35, 45]. Les teneurs moyennes en carbone et en matière organique observées dans le niveau 4 associées à une forte proportion en argile, la présence des graines d'angiospermes traduisent une courte période humide au sein de la phase aride, pendant laquelle s'est développé le paléosol végétal. Cette période de péjoration sévère du climat entre 3.000 ans et 2.000 ans B.P. [26] était donc interrompue par une courte phase humide.

5. Conclusion

L'étude sédimentologique, granulométrique et géochimique de la Formation de couverture dans la partie sud de la République du Congo, a été menée dans le but de mieux comprendre son origine, sa nature, sa structuration et sa relation avec son soubassement. Cette étude montre la Formation de couverture est constituée de sables fins et très fins, assez-bien et moyennement classés d'origine éolienne. Le dépôt n'est pas homogène, il est structuré en niveaux qui correspondent à des épisodes dans la sédimentation en rapport avec la dynamique des vents. Deux épisodes correspondants à deux tempêtes ont été mis en évidence. Ces épisodes sont séparés par une phase humide marquée par une amorce de paléosol végétal. La Formation de couverture repose sur une paléosurface marquée, soit par une stone line polygénique ou monogénique, d'origine alluviale ou colluviale, soit par une cuirasse latéritique ou par un paléosol de type podzol ou ferralsol. La stone line est constituée d'un ou de plusieurs niveaux d'âges parfois différents : la plus ancienne date moins du Sangoen (50.000 ans B.P.), la récente de Lupembien (30.000 ans à 12.000 ans B.P.) et la plus récente du quaternaire. Cette paléosurface porte couramment des outils archéologiques et est affectée par des gouttières d'érosion dues aux puissants courants des eaux de ruissellement. Elle constitue une discordance de ravinement. La Formation de couverture doit donc stratigraphiquement être séparée de son soubassement.

Remerciements

Nous remercions le Directeur du laboratoire de l'IRSEN à Pointe Noire ainsi que le Directeur du Centre de Recherches Géologiques et Minières de Kinshasa en R.D. Congo pour la qualité exceptionnelle des analyses de laboratoire qui ont permis les conclusions auxquelles nous sommes parvenues dans ce travail. Nous remercions respectueusement le reviewer anonyme pour les observations et remarques qui ont considérablement améliorées la qualité de ce travail.

Références

- [1] - D. THIEBLEMONT, C. CASTAING, M. BILLA, P. BOUTON, A. PREAT, "Notice explicative de la carte géologique et des ressources minérales de la République Gabonaise à 1/1.000.000". 3e édition, BRGM, N°249 (2009) 260 - 261
- [2] - D. THIEBLEMONT, "Evidence for an aeolian origin of the Holocene lateritic surface cover of Gabon", *Quat. Int.*, 296 (2013) 176 - 197
- [3] - J. RIQUIER, "Contribution à l'étude des stones lines en régions tropicale et équatoriale". *ORSTOM, sér, pédol*, Vol. 7, N°1 (1969) 72 - 110
- [4] - A. LE MARECHAL, "Contribution à l'étude des plateaux Batéké (Géologie, géomorphologie, hydrogéologie). Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Centre de Brazzaville, Service géologique, Rapport, (1966) 78 p.

- [5] - D. SCHWARTZ, "Archéologie préhistorique et processus de formation des stonnes lines en Afrique centrale" (Congo-Brazzaville et zones périphériques). Seminar on Géo-archeology. *In: Tropical and Mediterranean Regions*, Brussels, April 1996. Royal Academy of Overseas, Sciences. *Geo-Eco-Trop*, 20 (1-4), 15 - 38
- [6] - T. MIYOUNA, D. M. MALOUNGUILA-NGANGA, O. F. ESSOULI, A. J. NDEMBE-NDEMBE, J. MOUSSIESSIE, KINGA-MOUZEO, F. BOUDZOUYOU, "Etude Paléoenvironnementale des dépôts détritiques de la Formation de couverture du bassin côtier du Congo". *Rev. CAMES*, Vol. 04, N°01 (2016) ISSN : 2424 - 7235, 35 - 44
- [7] - L. CAHEN, J. LEPERSONNE, "Note sur la Géomorphologie du Congo occidental". *Ann. Musée du Congo Belge*, Turverun, Belgique, *Sci. Geol.*, 1 (1948) 95 p.
- [8] - J. LEPERSONNE, "Carte géologique du Zaïre au 1/2.000.000". Kinshasa, République du Zaïre : Direction de la Géologie / Musée Royal de l'Afrique centrale, (1974a), Tervuren (Belgique). (1974b), Tervuren (Belgique)
- [9] - J. ALEXANDER, "Les cuirasses latéritiques et autres formations ferrugineuses tropicales : Exemple du haut Katanga méridional". Musée Royal Afrique Centrale, Tervuren. *Ann. Sc. Géol.*, 107 (2002) 129 p.
- [10] - J. MERCADER, R. MARTIN, J. L. MARTINEZ, A. BROOKS, "The nature of the stone lines in the African Quaternary Record: archaeological resolution at the rainforest site of Mosumu, Equatorial Guinea". *Quaternary International*, 89 (2002) 71 - 96
- [11] - P. DADET, "Notice explicative de la carte géologique de la république du Congo Brazzaville au 1/500.000 (zone comprise entre les parallèles 2° et 5° sud)", BRGM, N° 70 (1969) 77 - 78
- [12] - D. SCHWARTZ, G. DELIBRIAS, B. GUILLET, R. LANFRANCHI, "Datation par le 14C d'aliots humiques : âge Nijilien (40000 - 30000 B.P.) de la Podzolisation sur sables Bétéké (République Populaire du Congo)". *C.R. Acad. Sci. Paris*, 300, sér. II, (1985) 891 - 894
- [13] - Y. CALLEC, H. BEAUR, F. PAQUET, F. PROGNON, B. ISSAUTIER, J.-M. SCHOETTER, D. THIEBLEMONT, F. BOUDZOUYOU, F. GUILLOCHAU, S. KEBI TSOUMOU, R. H. DAH TOLINGBONON, F. NGANGA LUMUAMU, "Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo à 1/100 000, Feuille Brazzaville". *Editions BRGM*, (2015) 127 p.
- [14] - D. SCHWARTZ, "Comment on: Geochronological arguments for a close relationship between surficial formation profiles and environmental crisis (C. 3000 - 2000 B.P.) in Gabon (Central Africa)" - D. Thiéblemont et al., 2013, *C.R. Geoscience*, 345, (2014) 272 - 283
- [15] - A. MASSENGO, "Contribution à l'étude stratigraphique, sédimentologique et minéralogique de la série Plio-Pléistocène du bassin côtier du Congo Brazzaville". *Thèse 3° cycle*, Univ. Bordeaux, (1970) 150 p.
- [16] - F. DESTHIEUX, F. BOUDZOUYOU, F. MOPPASSA, E. AKIAOUE, A. MISSAMOU, M. MALERA, V. KIBA, "Carte géologique de la République du Congo à 1/100.000". Ministère des Mines et de l'Energie, (1993) 27 p.
- [17] - D. SCHWARTZ, "Histoire d'un paysage. Le Lousséké. Paléoenvironnement quaternaire et podzolisation sur sable Batéké (quarante derniers millénaires)". Région de Brazzaville, R. P. Congo). *Thèse Doct. Sc. Univ. Nancy I*, France, (1988a) 230 p.
- [18] - R. LANFRANCHI, "La préhistoire en Afrique occidentale ; Hommes et Milieux". *Thèse Doct. Lettres*, Univ. Paris I, (1991) 232 p.
- [19] - M.-J. SAMBA-KIMBATA, "Le climat du bas Congo". *Thèse de doctorat 3e cycle*, Université de Bourgogne, CRC. Dijon, (1978) 280 p.
- [20] - F. BOUDZOUYOU, "La chaîne ouest-congolienne et son avant pays au Congo : Relation avec le Mayombe, Sédimentologie des séquences d'âges protérozoïques". *Thèse du 3e cycle*, Université d'Aix-Marseille III, (1986) 219 p.
- [21] - P. GIRESSE, "Paleoclimatic and structural environment at the end of the Cretaceous along the western flank of the Congo Basin, with application of underground microdiamonds around Brazzaville". *Journal of African Earth Sciences*, 10 (1990) 399 - 408

- [22] - J. MOUYOUNGOU, "Les silicifications mésozoïques et cénozoïques de la bordure occidentale du Bassin de Paris et de la région de Brazzaville au Congo". *Thèse 3e cycle*, Université d'Angers. UFR Sciences de l'environnement, (1990) 242 p.
- [23] - J. DE PLOEY, "Quelques indices sur l'évolution morphologique et paléoclimatique des environs du Stanley-Pool (Congo)". *Studia Universitatis Lovanium*, N°17 (1963) 16 p.
- [24] - P. GIRESE, R. LANFRANCHI, B. PEYROT, "Les terrasses alluviales en République Populaire du Congo. Bilan de paléoenvironnements climatiques, morphologiques et préhistoriques". *Ass., Sénégal. Et. Quatern. Afr., Bull. Liaison. Sénégal*, N° 62 - 63 (décembre 1981) 43 - 66
- [25] - R. OSLISLY, L. WITH, I. BENTALEB, C. FAVIER, M. FONTUGNE, J-F. GILLET, D. SEBAG, "Climatic and cultural changes in the West Congo Basin forests over the past 5000 year". *Phil Trans R. Soc. B* 368: 20120304, (2013), [http:// dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0304](http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0304)
- [26] - J. MALEY, C. DOUMENGE, P. GIRESE, G. MAHE, N. PHILIPPON, W. HUBAU, M. LOKONDA, J. TSIBAMBA, Y. CHEPSTOW-LUSTY, "Late Holocene forest contraction and fragmentation in central Africa". *Quaternary Research*, 89 (2017) 43 - 59
- [27] - A. WALKEY and A. I. BLACK, "An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method". *Soil Sci*, 37 (1934) 29 - 37
- [28] - J. KJEDAHL, "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern". *Z. Anal. Chem.* 22 (1883) 366 - 382
- [29] - R. L. FOLK and W. C. WARD, "Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters". *Journal of Sedimentary Petrology*, 27 (1) (1957) 3 - 26
- [30] - J. TRICART, "Principes et méthodes de la géomorphologie". Masson, Paris, (1965) 496 p.
- [31] - L. L. S. LAVIER, STECKLER, "Climatic and tectonic control on the Cenozoic evolution on the West African margin". *Marine Geology*, 178 (2001) 63 - 80
- [32] - R. LANFRANCHI et D. SCHWARTZ, "Paléogéographie du site de Brazzaville", Acte du Colloque ORSTOM, 1986. AGEO. In L SITOU, J. TCHICAYA. L'érosion en Cirques dans la région côtière du Congo. *Bull. Soc. Geogr. De Liège*, 27, 1991, (1986) 77 - 91
- [33] - P. AFFATON, F. KALSBECK, F. BOUDZOUYOU, R. TROMPETTE, K. THRANE, R. FREI, "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 Research*, 272 (2016) 185 - 202
- [34] - W. C. KRUMBEIN et L. L. SLOSS, "Stratigraphy and sedimentation". W.H. Freeman et Cie (Edit.), *San Francisco*, 2e éd., Vol. 1, (1963) 660 p.
- [35] - D. SCHWARTZ, "Archéologie préhistorique et processus de formation des stone lines en Afrique centrale (Congo-Brazzaville et zones périphériques)". Seminar on Géo-archeology *in: Tropical and Mediterranean Regions*, Brussels, April 1996. Royal Academy of Overseas, Sciences. *Geo-Eco-Trop*, 20 (1-4) 15 - 38
- [36] - Y. TARDY, D. NAHON, "Geochemistry of laterites stability of Al-goethite, Al-hematite and Fe³⁺ kaolinite in bauxite and ferricretes : an approach to mechanism of concretion formation. *Am. J. Sci.*, 285 (1985) 865 - 903
- [37] - J. P. LEGROS, "Latérite et autres sols des régions intertropicales". *Académie des Sciences et Lettres de Montpellier*, Conférence n°4252 Séance Académique du 9/12/2013, Bulletin N°44, (2013) 369 - 382
- [38] - G. GRANDIN, "Aplanissements cuirassés et enrichissement des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'Ouest". *Thèse de Doct. Sci.*, Univ. De Strasbourg ; *Mém. ORSTOM*, 82 (1973) 275 p.
- [39] - H. E. FRIMEL, L. TACK, M. S. BASEI, A. P. NUTMAN, A. BOVEN, "Provenance and chemostratigraphy of the Neoproterozoic West Congolian Group in the Democratic Republic of Congo". *Journal of African Earth Sciences*, 46 (2006) 221 - 239

- [40] - A. S. GOUDI, "The drainage of Africa since the Cretaceous". *Geomorphology*, 67 (2005) 437 - 456
- [41] - T. J. FLÜGEL, F. D. ECKARDT, F. P. D. COTTERIL, "The Present-day Drainage Patterns of the Congo River System and their Neogene Evolution". In: Wit J. M. et al. (eds.). *Geology and Resource Potential of the Congo Basin, Regional Geology Review*, (2015), DOI 10. 1007/978-3-642-29482-2_15, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [42] - A. M. ROBIN, B. GUILLET, F. DE CONINCK, "Genèse et évolution des sols Podzolisés sur affleurements sableux du bassin parisien". *Association Française pour l'Etude du Sol*, (2010) 315 - 329
- [43] - D. SCHWARTZ, "Some Podzols on Batéké sands and their origins, People's Republic of Congo". *Geodermas*, 43 (1988b) 229 - 247
- [44] - F. GUILLOCHAU, R. CHELALOU, B. LINOL, O. DAUTEUIL, C. ROBIN, F. MVONDO, L. TACK, "Cenozoic topographic evolution of the Congo Cuvette". In: MJ. De Wit et al., (Eds). *Geology and Resource Potential of the Congo Basin, Regional Geology Reviews*. Springer-Verlag. Chapt., 14 (2015) 371 - 313
- [45] - H. ELENGA, D. SCHWARTZ, A. VENCENS, "Changements climatiques et action anthropique sur le littoral congolais au cours de l'Holocène". *Bull. Soc. Geol., France*, t, 163, N°1 (1992) 83 - 90