

Mise en évidence d'une Triade Glaciaire néoprotérozoïque dans le secteur de Landiéné-Bandafassi, Bassin de Madina Kouta (Kédougou, Sénégal, Afrique de l'Ouest)

*Youm Cheikh Ibrahimaa
Sow El Hadjia*

Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques,
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar-Fann, Sénégal

Doi: 10.19044/esipreprint.3.2025.p148

Approved: 05 March 2025
Posted: 08 March 2025

Copyright 2025 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Youm C.I. & Sow H. (2025). *Mise en évidence d'une Triade Glaciaire néoprotérozoïque dans le secteur de Landiéné-Bandafassi, Bassin de Madina Kouta (Kédougou, Sénégal, Afrique de l'Ouest)*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.3.2025.p148>

Résumé

Le bassin de Madina Kouta, extension sud-ouest du bassin de Taoudéni, affleure sur une mince bande au SE du Sénégal entre Walidiala à l'Ouest et Guémédji à l'Est le long de la frontière sénégal-guinéo-malienne. La partie sénégalaise de ce bassin a fait l'objet de plusieurs travaux scientifiques mais réalisés surtout dans l'axe Ségou-Walidiala. Dans les recherches que nous avons menées ces dernières années, nous nous sommes intéressés à l'étude de la partie septentrionale de ce Bassin en territoire sénégalais. Nous avons ainsi effectué des analyses lithostratigraphiques à travers une dizaine de coupes, suivies d'analyses pétrographiques. L'étude a permis d'identifier dans le secteur de Landiéné/Bandafassi 4 unités lithostratigraphiques qui ont été parfaitement corrélées à celles connues dans la vallée de Walidiala. Elle nous a permis d'identifier pour la première fois dans ce secteur les trois marqueurs stratigraphiques caractéristiques des séries sédimentaires des bassins ouest africains « tillite, dolomie, cherts », connus sous l'appellation de Triade glaciaire. Le Supergroupe 1 est absent et les dépôts du Supergroupe des Mauritanides reposent ici directement sur le socle. Dans la tillite, la rareté de la composante carbonatée serait liée à un non-dépôt dans la zone du Groupe de Ségou fortement carbonaté alors que

l'absence de turbidites y est interprétée comme un indicateur du caractère continental des formations glaciaires dans cette zone.

Mots clés : Bassin de Madina Kouta, Landiéné/Bandafassi, coupes, lithostratigraphie, pétrographie, triade glaciaire

Evidence of a Neoproterozoic Glacial Triad in the Landiéné-Bandafassi sector, Madina Kouta Basin (Kédougou, Senegal, West Africa)

*Youm Cheikh Ibrahimaa
Sow El Hadjia*

Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques,
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar-Fann, Sénégal

Abstract

The Madina Kouta basin, a southwest extension of the Taoudéni basin, crops out on a thin strip in the SE of Senegal between Walidiala to the west and Guémédji to the east along the Senegalese-Guinean-Malian border. The Senegalese part of this basin has been the subject of several scientific works but mainly carried out in the Ségou-Walidiala axis. In the research that we have carried out in recent years, we have been interested in the study of the northern part of this Basin in Senegalese territory. We thus carried out lithostratigraphic analyses through around ten sections, followed by petrographic analyses. The study made it possible to identify 4 lithostratigraphic units in the Landiéné/Bandafassi sector which were perfectly correlated with those known in the Walidiala valley. It allowed us to identify for the first time in this sector the three stratigraphic markers characteristic of the sedimentary series of the West African basins “tillite, dolomite, cherts”, known as the Glacial Triad. Supergroup 1 is absent and the deposits of the Mauritanides Supergroup rest here directly in the basement. In the tillite, the rarity of the carbonate component would be linked to a non-deposition in this area of the Segou Group highly carbonated, while the absence of turbidites is interpreted as an indicator of the continental character of the glacial formations in this area.

Keywords: Madina Kouta Basin, Landiéné/Bandafassi, sections, lithostratigraphy, petrography, glacial triad

Introduction

La couverture sédimentaire de l'Afrique de l'Ouest est répartie dans plusieurs bassins extensifs d'âge Mésoprotérozoïque à Paléozoïque (Villeneuve & DA Rocha Araujo, 1984) parmi lesquels le Bassin de Madina Kouta (BMK). Ce bassin constitue l'extension sud-ouest du bassin de Taoudéni. Il couvre une superficie de 30 000 km² et s'étend au NE de la Guinée Conakry et sur une mince bande au SE du Sénégal.

La partie sénégalaise de ce bassin est située à l'Est du méridien 12°25' et sa limite septentrionale oscille entre les parallèles 12°10' à l'Ouest et 12°25' à l'Est (Figure 1). Il est orienté Est-Ouest avec 115 km de long entre Walidiala à l'Ouest et Guémédji à l'Est le long de la frontière sénégaloguinéo-malienne et 10 km de large (Deynoux et al., 1993). Ce bassin a fait l'objet de plusieurs travaux scientifiques (Bassot, 1966 ; Culver et Hunt, 1991 ; Deynoux et al., 1993 ; Culver et al., 1996 ; Villeneuve, 1981 et 2006 ; Villeneuve & Cornée, 1994 ; Shields et al., 2007a et b ; Sarr et al., 2012 ; Fullgraf et al., 2010a et b ; Youm et al., 2018 ; Youm, 2019). Ces travaux ont été réalisés surtout dans l'axe Ségou-Walidiala. Les recherches que nous avons menées ces dernières années sur ce Bassin ont permis de mettre en évidence dans la partie septentrionale de cette partie sénégalaise du Bassin les trois termes de la Triade glaciaire néoprotérozoïque. Nous présentons ici le résultat de ce travail basé sur une analyse lithostratigraphique et pétrographique de plusieurs coupes levées dans le secteur de Landiéné-Bandafassi.

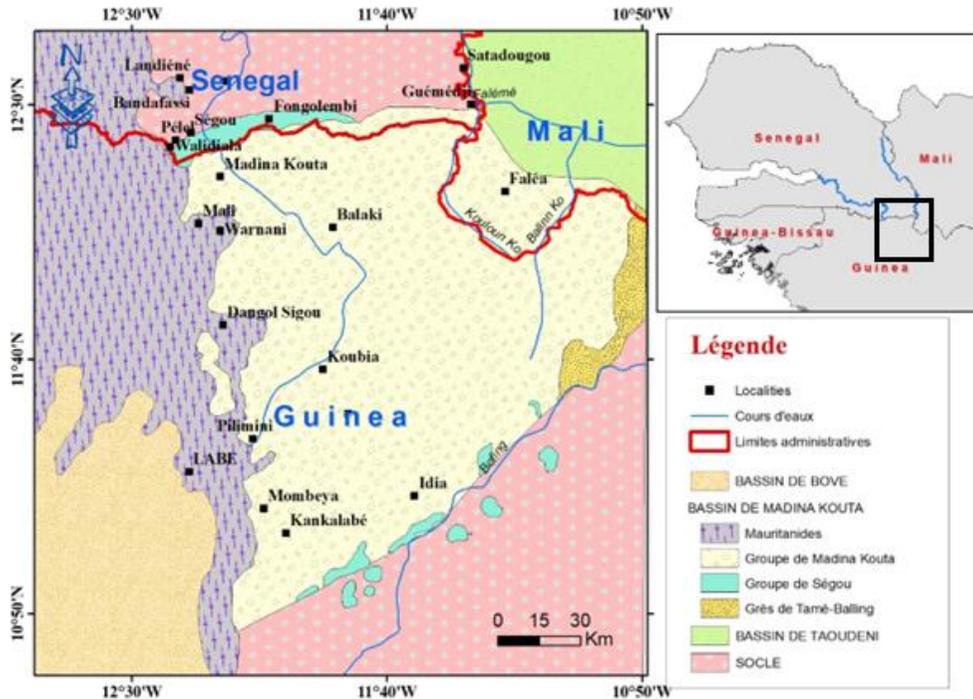


Figure 1 : carte géologique du BMK (modifiée, d'après Deynoux et al., 1993)

Contexte géologique du Bassin de Madina Kouta

Les dépôts du BMK sont formés d'alternances grés-silteuses parfois carbonatées. Ils sont datés de la fin du Mésoprotérozoïque au Néoprotérozoïque et comprennent deux Supergroupes : Ségou-Madina Kouta et Mauritanides ou Mali (Figure 1). Ils constituent les séries sédimentaires non plissées avec une structure monoclinale légèrement pentée de 5 à 10° vers le SE. Le Supergroupe de Ségou Madina-Kouta est constitué deux groupes : le groupe de Ségou et celui de Madina Kouta (Villeneuve, 1984 et 1989). Le Groupe de Ségou repose en discordance sur le substratum Birimien et s'étend sur une ligne allant de Fongolembi à Pélel. Il forme l'essentiel de la couverture sédimentaire méso-néoprotérozoïque en territoire sénégalais. Il est subdivisé par Deynoux et al. (1993) en deux formations : un conglomérat de base discordant sur le socle, surmonté par des calcaires algaires et oolitiques (F. de Pélel) et des barres gréseuses décimétriques à plurimétriques alternant avec de minces interbanes argilo-silteux (F. de Dindéfelo). Delor et al. (2010a et b) ont décrit en détail le conglomérat de base et en ont fait une troisième formation, celle de Kafori. Le Groupe de Madina Kouta est transgressif sur celui de Ségou et parfois discordant sur le socle. Il affleure sur une emprise restreinte au Sénégal oriental et n'est observé que sur le plateau de Fongolembi et à la frontière avec la Guinée au Sud de Ségou. Il est constitué de trois Formations : (i) la Formation de

Fongolembi constituée de grès fins argilo-silteux surmontés d'une alternance silto-gréseuse ; (ii) la Formation de Kanta constituée de grès fins à moyens silteux à stratifications obliques entrecroisées ; (iii) la Formation de Dira constituée de siltites et grès parfois calcaires, surmontés de grès grossiers jaune à intercalations silteuses puis de grès fins et siltites violettes. Le Supergroupe de Mali appelé également Supergroupe des Mauritanides a été divisé par Culver et Hunt (1991) en deux formations : la Formation de Hassana Diallo renfermant les membres de Pelel et Diagoma tous d'origine glaciaire et la Formation de Nandoumari regroupant les membres de Tanagué, Bowal et Fougou, tous d'origine marine probable. Ce découpage lithostratigraphique a été repris par Delor et al. (2010a) qui y ont distingué deux groupes (i) le Groupe de Walidiala selon Youm, (2019) débute par une alternance de tillite massive et d'argilites silteuses laminées à dropstones (F. de Walidiala 1) surmontée par des argilites silto-gréseuses calcareuses en plaquettes centimétriques (F. de Walidiala 2) et des arénites quartzueuses à litages convolutés (F. de Walidiala 3) ; (ii) le Groupe de Mali subdivisé en trois formations : la Formation des dolomies calcaires de Mali 1, la Formation des cherts de Mali 2 et la Formation des pélites violettes de Mali 3. Pour la suite, nous nous référerons à ce dernier découpage qui est d'utilisation plus simple. Ce litage de base du Supergroupe de Mali, constitué de la « triade » (tillite, dolomie et chert) n'a jamais été décrit au complet dans la zone de Landiéné-Bandafassi.

Etude lithostratigraphique et pétrographique du secteur de Landiéné-Bandafassi

Les travaux de recherche effectués sur le BMK ont été réalisés surtout dans la vallée de Walidiala. Hormis les travaux de cartographie du Projet d'Appui au Secteur Minier (Delor et al., 2010b), seuls des recherches anciennes ont touché le secteur de Landiéné-Bandafassi du Mont Bassari. Parmi eux, on peut citer Arnould et al. (1960), Diallo (1983) qui situent les formations sédimentaires peu ou pas déformées de la zone, dans les séries birimiennes du Dialé et de Mako pendant que d'autres auteurs comme Bassot (1966) les ont placés dans le Paléozoïque. Dans ce secteur de Landiéne-Bandafassi, dix coupes lithostratigraphiques ont été effectuées dont les trois les plus représentatives sont présentées sur la figure 2.

Leur corrélation a permis de visualiser la répartition des différents faciès dans l'espace (Figure 3) mais également d'en tirer la coupe lithostratigraphique synthétique du secteur (Figure 4).

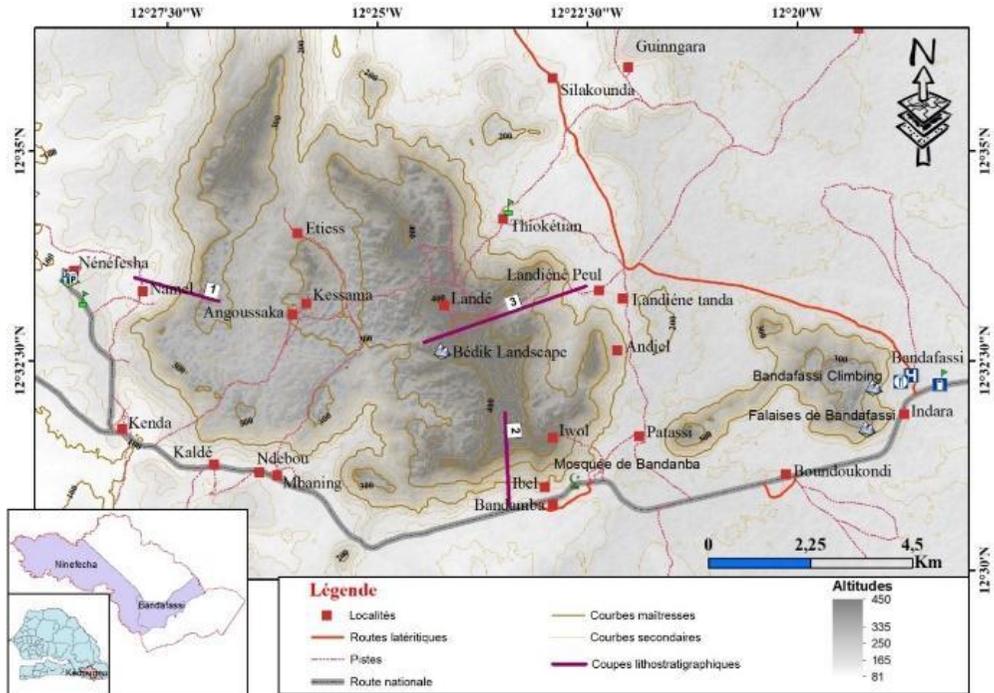


Figure 2 : Carte de localisation des coupes lithostratigraphiques effectuées dans le secteur de Bandafassi-Landié

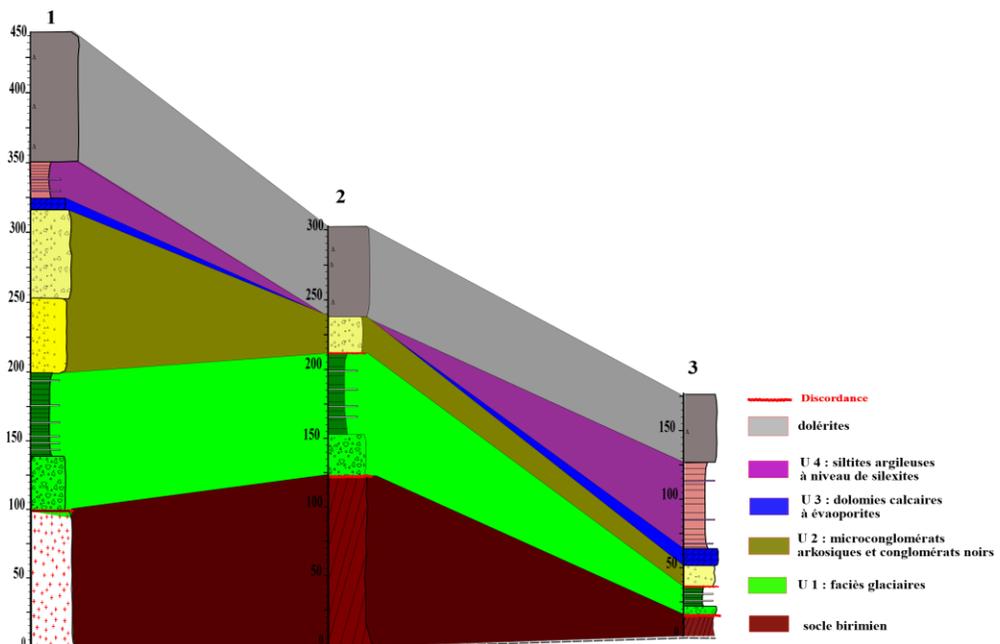


Figure 3 : Corrélation des trois coupes lithostratigraphiques synthétiques du secteur de Bandafassi-Landié

Le long de cette coupe, quatre unités lithostratigraphiques ont été identifiées : (i) un conglomérat polygénique surmonté de niveaux gréseux et pélitiques à dropstones, puis de pélites verdâtres intercalées de niveaux grès fins (U1) ; (ii) des microconglomérats arkosiques à galets de schistes surmontés de conglomérats noirs à galets de feldspaths et de quartz (U2) ; (iii) des calcaires et dolomies concrétionnées (U3) et (iv) des siltites argileuses violettes à intercalations de niveaux de silexites et de grès. Sur chacune d'elle, l'étude pétrographique des différents faciès rencontrés a été effectuée.

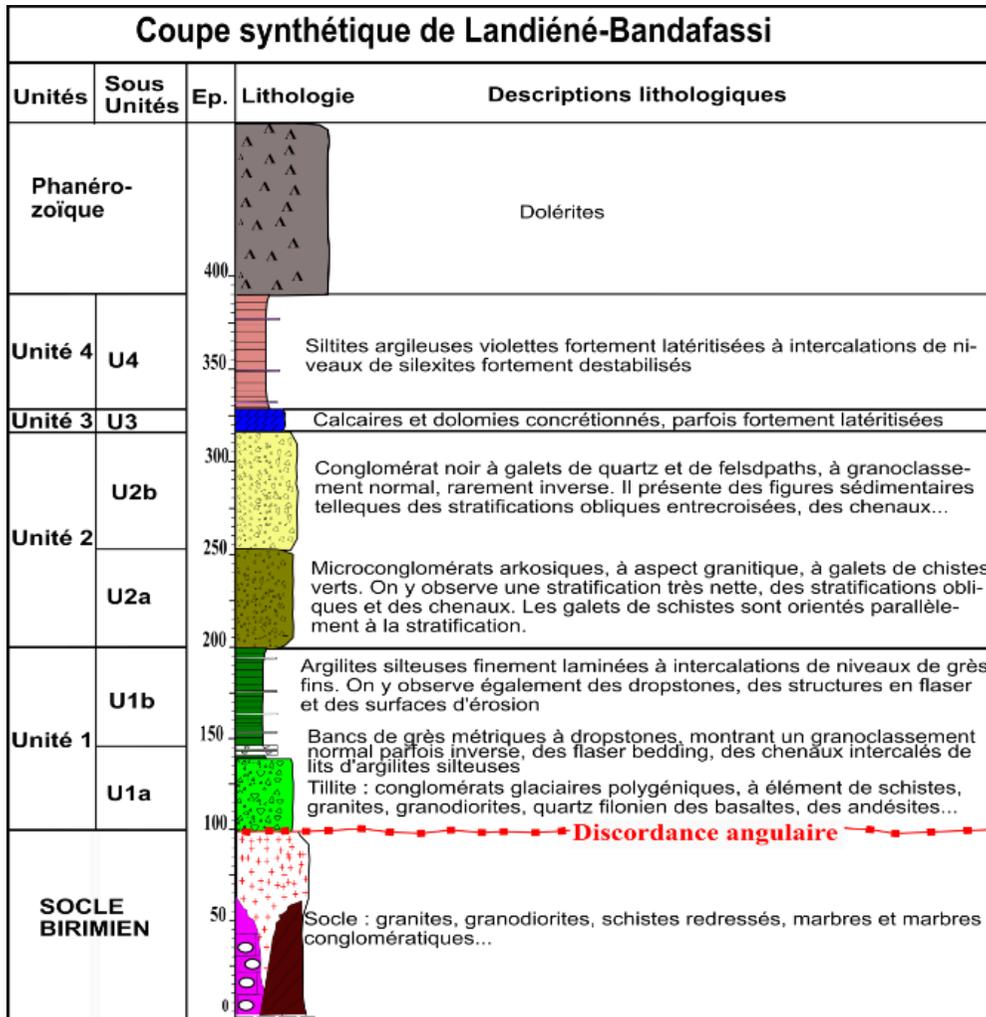


Figure 4 : Coupe lithostratigraphique synthétique de la zone de Landiéné-Bandafassi

L'unité 1 (U1)

Elle affleure sur environ 100 m, principalement dans la rivière Madindin sur la route de Landé. Elle repose en discordance sur le socle

birimien composé essentiellement des schistes sub-verticaux avec des intercalations parfois importantes de niveaux de marbres et de conglomérats polygéniques, ainsi que des grauwackes verts à éléments conglomératiques blanchâtres. Elle montre, du bas vers le haut, un conglomérat polygénique surmonté d'intercalations pélitiques et des bancs de grès finement stratifiés à galets lâchés (dropstones) (U1a) surmonté d'argilites silteuses à intercalations de bancs de grès fins (U1b).

U1a (40 m) commence par un conglomérat polygénique de couleur verdâtre à brunâtre, qui affleure d'une manière discontinue au Sud-Ouest du village de Landiéné dans le lit de la rivière Madidin où il repose en discordance sur le socle schisteux birimien (Figure 5a). Il est observé également au Sud du village de Tiokétian et repose parfois sur les cipolins birimiens fortement redressés, des marbres conglomératiques. Leur contact latéral avec des pélites (U1b) et des quartzarénites (U2a) suppose l'existence d'une faille dans cette zone. Les éléments figurés, anguleux à subanguleux, de taille centimétrique à décimétrique (Figure 5b), sont constitués de granites, de granodiorites, de schistes, de grauwackes, de gneiss, de basaltes, de marbres, d'andésites, de quartzites et de grès. La roche est débitée en blocs polygonaux d'environ 1 m par des diaclases. Au Nord-ouest d'Ibel, le conglomérat subhorizontal repose également en discordance sur le socle birimien. A sa base, les éléments figurés sont essentiellement des schistes millimétriques alors qu'au sommet ils sont constitués de galets de quartz, de roches volcaniques et schistes plus grossier (centimétriques).



Figure 5 : Socle schisteux (a) et conglomérats massifs polygéniques de Landiéné (b)

Dans sa partie supérieure, U1a montre des intercalations pélitiques et des bancs de grès finement stratifiés à dropstones (Figure 6a). Les bancs de grès métriques à plurimétriques à la base, diminuent d'épaisseur vers le haut. Ils montrent un granoclassement normal, parfois inverse et sont parfois microconglomératiques. On y observe des surfaces de ravinement à la base des bancs gréseux, des chenaux à remplissage granodécroissant, des flaser

beddings et des litages lenticulaires (lentilles de sables ou de microconglomérats préservées dans les argilites gréseuses). Il arrive parfois d'y observe des fentes de dessiccations (mud craks).

Au microscopique, la matrice du conglomérat polygénique est grés-argileuse et calcaire, gris-claire à verte, fine à moyenne, à graviers et granules de quartz, de feldspath, de fragments de roches et à litage discret. Ces éléments sont anguleux à subarrondis. Dans la partie supérieure de U1a on observe des lits fins clairs constitués de quartz anguleux, parfois arrondis, associés à des minéraux argileux et des lits grossiers constitués de quartz et de plagioclases associés à de l'épidote et des paillettes de micas. Ces grains déforment souvent les laminations internes et correspondent à des dropstones de petite taille (Figure 6b).

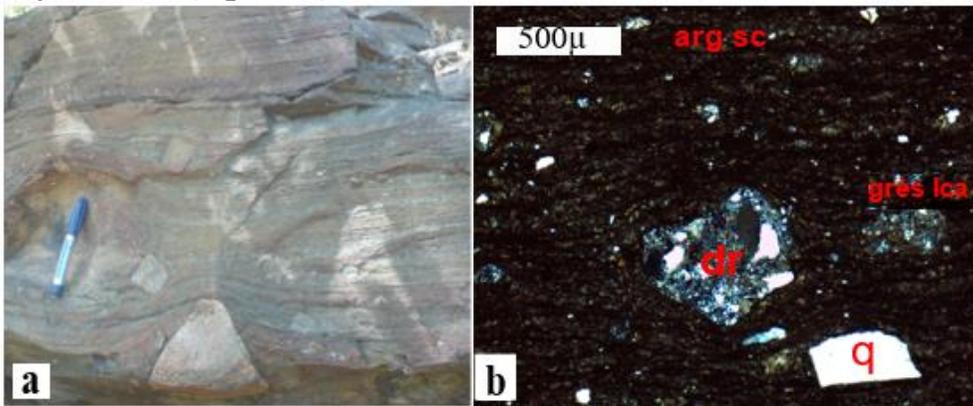


Figure 6 : Faciès de la partie supérieure de U1a. **a** : Intercalations de bancs de grès conglomératiques à dropstones ; **b** : Microscopie des intercalations pélitiques à dropstones. q : quartz, dr : dropstones, arg sc : argilites silto-carbonatées, grès lca : grès lithiques carbonatés

U1b est constituée d'argilites silteuses à intercalations de niveaux gréseux très fins qui reposent en concordance sur U1a. Ces argilites silteuses verdâtres affleurent presque dans toute la zone d'étude avec des épaisseurs qui peuvent dépasser soixante mètres. Les plans de stratification sont parfois inclinés. Le débit est en plaquettes, parfois en boules ou ovoïdes (Figures 7). Les bancs gréseux intercalaires sont également de couleur vert sombre et parfois microconglomératiques. Leur épaisseur varie entre 10 et 30 cm et leur espacement est métrique à plurimétrique. On y observe des minéraux de quartz et de feldspaths. Des figures et bases érosives y sont très fréquentes.



Figure 7 : Argilites silteuses à débit en plaquettes de l'unité U1b de Landiene-Bandafassi

Le sommet de U1 est caractérisé par une alternance d'argilites silteuses et de microconglomérats blanchâtres.

L'unité 2 (U2)

Elle est constituée, sur une centaine de mètres, de microconglomérats arkosiques à galets de schistes (U2a) surmontés de conglomérats noirs à galets de feldspaths et de quartz (U2b).

U2a. Les affleurements les plus importants sont rencontrés sur la route Andjel-Landiéné Peulh où ils arment une spectaculaire falaise de plus de 40 m de haut sous forme de plusieurs tonneaux alignés sur plusieurs centaines de mètres (Figure 8a). Ce sont des grès microconglomératiques arkosiques dont les éléments sont constitués essentiellement de feldspaths de très grande taille (centimétriques) et de quartz montrant un granoclassement normal. La roche, massive dans l'ensemble, montre par endroits une stratification soulignée par des galets centimétriques à décimétriques de schistes verdâtres d'orientation N45 avec un pendage de 10^0 . Les fragments de schistes sont souvent accompagnés de galets de basaltes centimétriques et rarement de granites et dolérites. On observe également ce faciès à Landié-Ést avec des stratifications obliques et quelques chenaux. La roche est fortement fracturée et le débit est en blocs très volumineux, en forme de tonneaux. A la base, les éléments conglomératiques sont de petite taille et dispersés dans la roche alors qu'au sommet, leur taille augmente et devient centimétrique. Les galets de schistes orientés parallèlement à la stratification indiquent des paléo-courants orientés principalement vers l'Ouest.

Sur la route Landié-Ést-Bandé, les microconglomérats à galets de schistes verts passent à des arénites quartzieuses, parfois grossières. Les figures sédimentaires sont représentées par du litage plan horizontal et plus rarement du litage oblique de grande amplitude qui comble de grands chenaux de profondeur plurimétrique (Figure 8b).



Figure 8 : Microconglomérats à galets de schistes verts de Landié-Ést. **a** : microconglomérats arkosiques (hauteur de la case 2 m) ; **b** : quartzarénites et microconglomérats à chenaux

Au microscope, le quartz est xénomorphe et polycristallin, à extinction toujours ondulante, aux contours ovales ou arrondis. Les feldspaths (plagioclases, orthose et le microcline) forment les espèces minérales les plus abondantes et de très grandes tailles (centimétriques) (Figure 9a-b). Leurs macles sont visibles sur presque toutes les sections. Le microcline montre un début d'altération. Les plagioclases forment des baguettes à section parfois rectangulaire plus ou moins fraîche et certains sont altérés en illite et chlorite. Les micas détritiques, muscovite et biotite, sont en voie d'altération en chlorite.

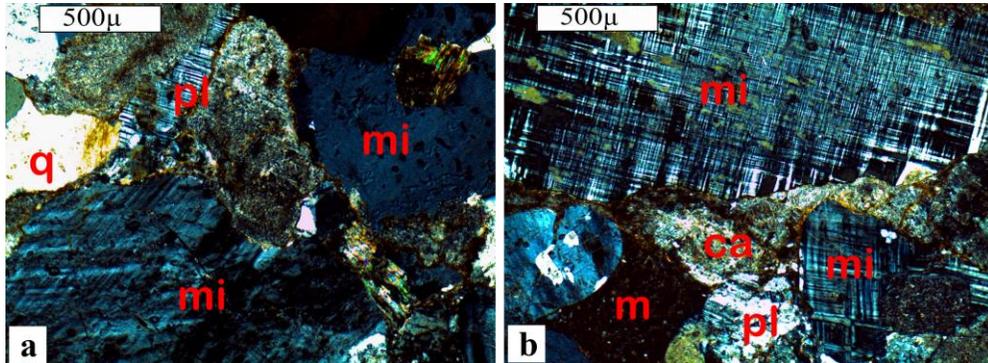


Figure 9 : Microscopie des microconglomérats arkosiques de Landiénié. ca : calcite, m : matrice, mi : microcline, q : quartz, pl : plagioclases

Au sein des minéraux de grande taille se trouvent en inclusion de petites baguettes de plagioclase et de zircon. Ces inclusions minérales proviendraient des roches plutoniques et s'interprèteraient comme des indices de magmatisme. La matrice peu importante et mal classée, est formée par de petits grains de quartz, de calcite (micritique), de feldspaths, d'argilites (des paillettes de séricite) et de chlorite (chloritisation du microcline). Des minéraux lourds (apatite, tourmaline, zircon) sont présents. Le ciment est ferrugineux et localement carbonaté. Il s'agit d'un microconglomérat arkosique à matrice gréso-calcaro-argileuse (gréso-calcaro-chloriteuse).

U2b. Elle affleure surtout à Bandemba et à Landiénié-Est mais également sur la route Ndébou-Ibel. C'est un conglomérat de couleur noire, parfois brunâtre à rougeâtre, renfermant des éléments anguleux à subarrondis centimétriques à décimétriques (Figure 10a-b) d'orthose, de plagioclases, de quartz, de micas et de rares fragments d'autres roches (basaltes, schistes...) disposés en bancs horizontaux métriques à plurimétriques. Il présente sur son toit de petits reliefs rectilignes, étroits, régulièrement espacés. Ces conglomérats sont traversés par de nombreux filons de quartz.

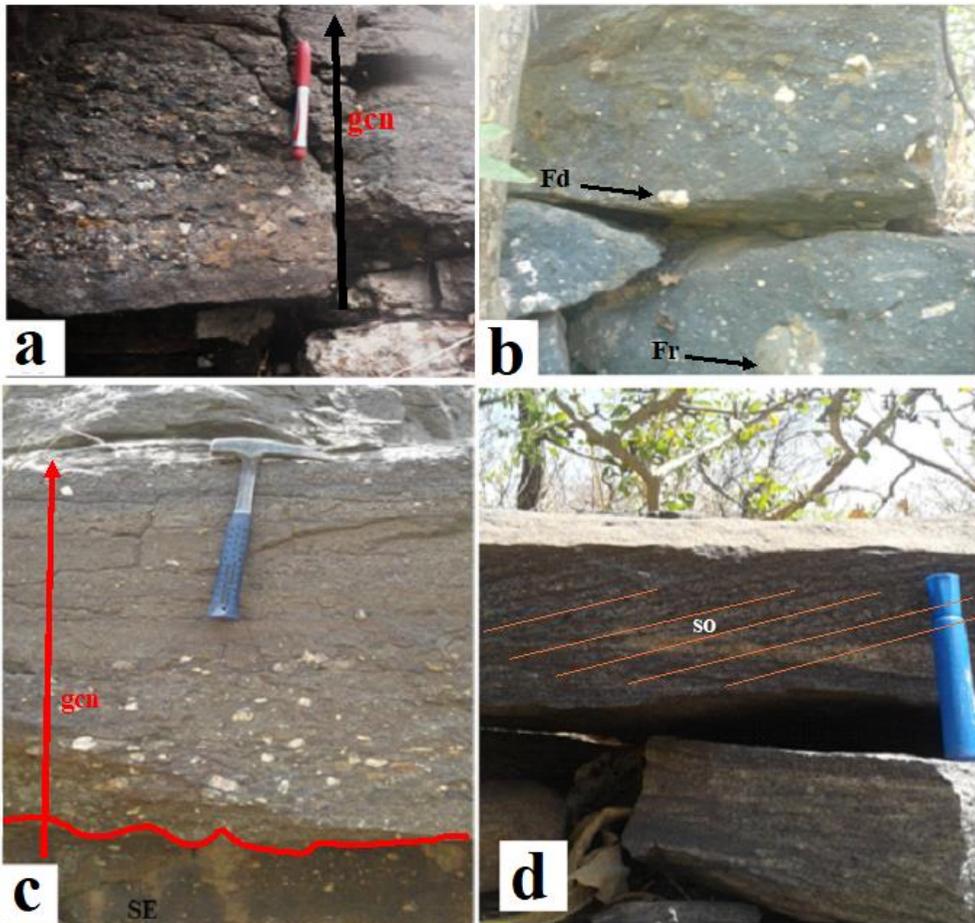


Figure 10 : Conglomérat noir de U2b de Landiéné. **a** & **c** : chenaux à remplissage granodécroissant ; **b** : conglomérats à galets de feldspaths et fragments de roches ; **d** : stratifications obliques, en arêtes de poisson. Fd : Feldspaths, Fr : Fragments de roches, Gcn : granoclassement normal, so : stratifications obliques, SE : Surface d'érosion

La roche présente des chenaux à remplissage conglomératique granodécroissant (Figure 10a et c). Dans les parties plus fines, elle présente un rubanement constitué d'une alternance de bandes sombres, riches en minéraux noirs et de bandes claires quartzieuses. Elle présente des stratifications obliques, entrecroisées et parfois en arêtes de poisson (Figure 10d) et rarement un granoclassement inverse, parfois un débit en blocs et des crochons de faille.

En lames minces (Figure 11a-b), les éléments sont des quartz, des feldspaths, des fragments de roches. Les quartz sont sub-anguleux, monocristallins ou polycristallins. Les feldspaths sont constitués de plagioclases et de microclines. Les fragments de roches sont constitués d'arkoses, de marbres, de schistes et de roches magmatiques.

La matrice est constituée de cristaux de très petite taille de mica blanc en paillettes ou en aiguilles (séricite), de rares tablettes de micas fortement chloritisés, de fins cristaux de quartz, de la micrite et d'argiles.

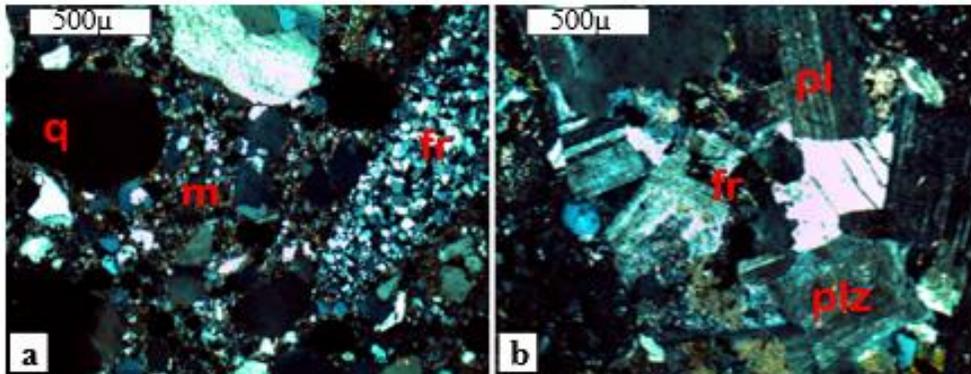


Figure 11 : Vue au microscope des conglomérats de Landiéné. fr : fragments de roches, m : matrice, q : quartz, pl : plagioclases, plz : plagioclases zonés

L'unité 3 (U3)

Elle est constituée de calcaires et dolomies concrétionnées formant un horizon discontinu épais de quelques mètres, très localisé dans le secteur de Landiéné. Elle est également observable dans le secteur de Namel où elle passe latéralement à des phosphates et des schistes graphiteux (Bassot, 1966 ; Villeneuve, 2006 ; Delor et al., 2010b) mais également sur la route de Ndébou-Salémata. Il s'agit d'une roche compacte, blanchâtre à gris-verdâtre et à surface mamelonnée (Figure 12a). La structure est parfois concentrique, rappelant celle des stromatolites. La recristallisation est très marquée. La barytine et les filonnets de chert parfois bréchiques observés à Pelloungue y sont absents. Le litage est plan, rarement oblique. Elle présente des fractures, des structures de flambage, et des slumps. Ces niveaux sont très souvent mollement ondulés et montrent souvent de très beaux synclinaux.

Au plan microscopique, la roche est constituée de minéraux de calcite fortement déformés et de dolomite de très petite taille (Figure 12b). Elle est parfois entièrement constituée de dolomicrite à oxydes de fer. On y observe des filonnets de calcite et de silice. Mais également des cristaux d'évaporites multicolores, allongés, aciculaires. Il s'agit d'une dolomie calcaire à évaporites.

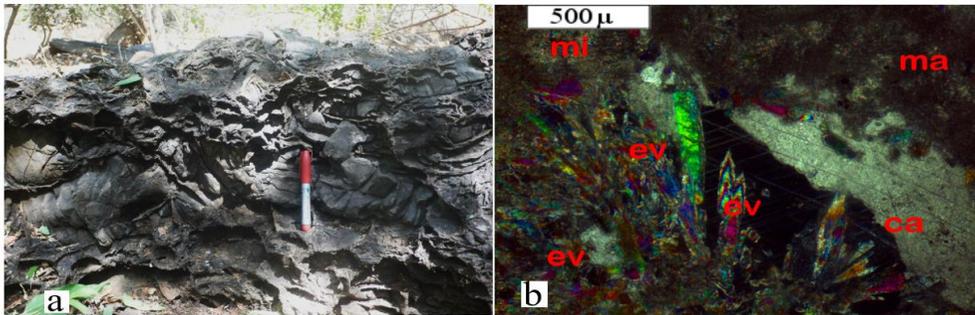


Figure 12 : Calcaires dolomitiques de U3. **a** : surface mamelonnée stromatolitique avec recristallisations de silice et calcite ; **b** : vue microscopique montrant la présence de cristaux d'évaporites. ca : calcite, ev : évaporites, ma : matière organique, mi : micrite

L'unité 4 (U4)

Cette unité, discontinue, repose sur les unités antérieures. Elle est constituée de siltites argileuses à intercalations de niveaux de silexites (Figure 13a-b). Son épaisseur maximale est observée dans la zone de Ndébou-Namel. Ce niveau est décrit pour la première fois dans la zone de Landiéné. Ces siltites argileuses sont très finement litées. Leurs teintes mauves à violettes, parfois blanchâtres sont liées à la présence de la muscovite. Elles sont parfois associées à des grès fins, feldspathiques et argileux, souvent sous l'aspect de grauwacke. Ces grès sont disposés en bancs centimétriques à métriques avec des surfaces érosives ; on y observe des slumps de petite taille, des convolutes et des fantômes de HCS. Les niveaux de silexites intercalaires présentent des litages en mamelon, des structures oeillées et rubanées, des slumps, ainsi que des fracturations conjuguées. Contrairement à la Vallée de Walidiala, les premiers niveaux repères métriques de silexites n'affleurent pas dans la zone de Landiéné-Bandafassi.

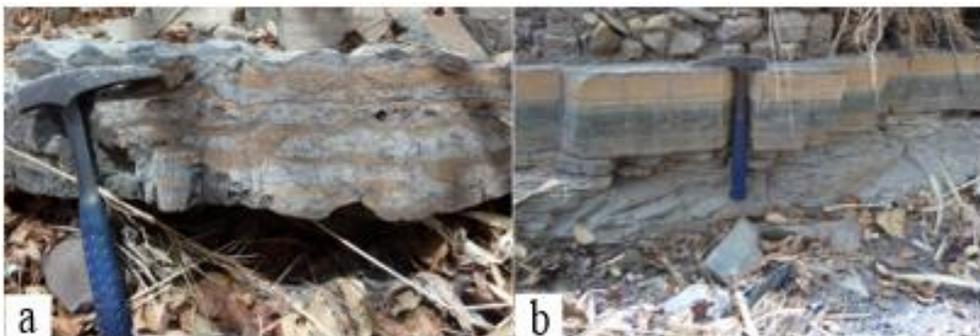


Figure 13 : Niveaux de silexites de Landiéné. **a** : Silexites oeillées ; **b** : Silexites rubanées

Microscopiquement, les niveaux de silexites sont constitués de petits cristaux de quartz et de plagioclases. Le ciment est microcristallin et

constitué principalement de silice mais aussi d'oxyde de fer (Figure 14a). On y observe aussi des HCS à éléments d'origine volcanique (Figure 14b). Il s'agit de silexites à faible proportion détritique et volcanogène.

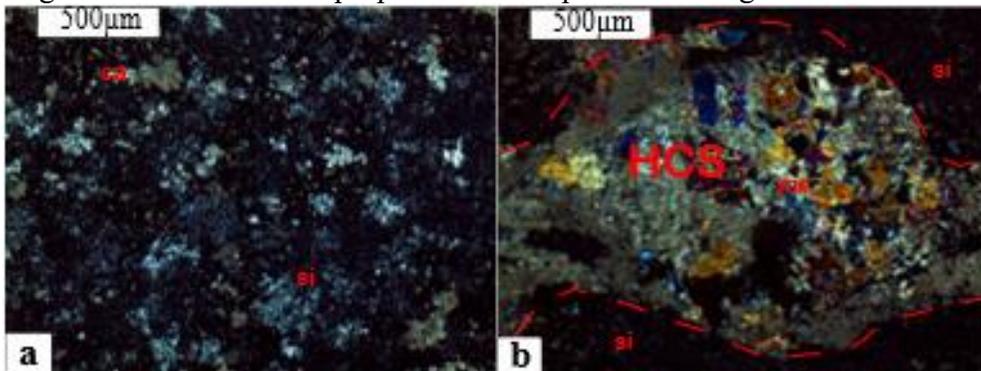


Figure 14 : Vue au microscope des niveaux de silexites avec structure en mamelon. ca : calcite, HCS : hummocky Cross Stratification (Litage en Mamelon), mv : matériel volcanique, si : silice

Discussion

Les caractéristiques des dépôts de l'unité 1 de Bandafassi-Landiéné (conglomérat à éléments anguleux à subanguleux et à matrice grés-argileuse faiblement calcaire surmonté de pélites à débit en plaquettes alternant avec des bancs de grès) sont similaires à celles de la Formation de Walidiala 1 observée dans la vallée de Walidiala et interprétées comme déposées dans un environnement glacio-marin. L'origine glaciaire des conglomérats est confirmée par la présence dans les niveaux sus-jacents (grès du sommet de U1a et argilites de U1b) de blocs lâchés (dropstones) recoupant ou déformant le litage originel. L'Unité 1 correspond donc à un dépôt glaciaire. Par rapport à la vallée de Walidiala, des différences existent : (i) les éléments du conglomérat sont ici tous originaires du socle granitique ou métamorphique sur lequel ils reposent ; (ii) l'absence de phases carbonatées dans l'Unité 1b et (iii) l'absence de dépôts turbiditiques à Bandafassi-Landiéné. Du premier cas, nous pouvons déduire que le Supergroupe de Ségou-Madina Kouta ne s'est pas déposé dans cette partie du bassin et que le Supergroupe des Mauritanides s'est déposé directement sur le socle dont il a mobilisé, à sa base, sur une courte distance, les matériaux constituant ses éléments figurés et sa matrice. L'absence, dans cette partie du bassin, du Groupe de Ségou fortement carbonaté, est à mettre en rapport avec la rareté dans l'unité 1 de la composante carbonatée qui, dans la vallée de Walidiala, serait remobilisée à partir des dépôts sous-jacents. L'absence de turbidites dans cette partie du bassin est interprétée par Villeneuve (2006) comme des dépôts effectués dans la partie amont d'une paléo-vallée coulant vers l'Ouest (Namel et Walidiala) en direction du sillon

falémien très profond. Ceci atteste du caractère continental des formations glaciaires dans la zone de Landiéné-Bandafassi (Affaton, 1990).

Dans l'Unité 2, l'abondance des feldspaths, des minéraux lourds (zircon) et des micas dans les microconglomérats arkosiques de l'Unité 2 confirme leur caractère continental prononcé, souligné par des stratifications planes et obliques de toutes tailles. Ces faciès proviendraient du transport en masse sur de très faibles distances d'un matériel d'une importante arène granitique ou dioritique, imbibée d'eau, qui s'est déposé dans des lacs périglaciaires peu étendus (Villeneuve, 2006 ; Shields et al., 2007a et b). Cette arène pourrait correspondre aux massifs de granodiorites claires situés quelques kilomètres à l'Est de Landiéné. Les caractères des galets rencontrés vers le toit des arkoses peuvent éventuellement indiquer un environnement périglaciaire (Biju-Duval et Gariel, 1969). Les galets de schistes orientés parallèlement à la stratification indiquent des paléocourants orientés principalement vers l'Ouest.

Les conglomérats noirs à éléments anguleux à subarrondis de quartz, d'orthose, de plagioclases, de micas et de rares fragments d'autres roches, présentant des stratifications obliques, entrecroisées parfois en arêtes de poisson et des chenaux à remplissage conglomératique granodécroissant sont interprétés comme des dépôts deltaïques à fluviaux. Ils témoigneraient d'un maximum de régression et/ou du rebond isostatique succédant au retrait des glaces (Shields et al., 2007a). Avec la présence de microreliefs rectilignes, étroits à crêtes aigues orientées, de stries et cannelures plus ou moins bien conservées, ce conglomérat pourrait être interprété comme une moraine continentale ayant été modelée par une avancée de la glace (Biju-Duval et Gariel, 1969).

Les dépôts de l'unité 2 se sont donc produits dans une ancienne vallée glaciaire dont les moraines tapissaient le fond et les parois, vallée qui a été ensuite envahie par la mer pour devenir un fjord (Villeneuve, 2006). Ces conclusions sont en adéquation avec celles de Fullgraf et al. (2010a et b) qui ont avancé une mise en place en contexte fluvio-glacio-lacustre. Au niveau séquentiel, l'unité 2 de Landiéné marque un épisode de progradation majeur corrélé à la régression majeure reconnue régionalement, aussi interprétée comme la réponse au rebond isostatique succédant au retrait des glaces (Shields et al., 2007a et b).

Les calcaires et dolomies concrétionnés de Landiéné-Namel (Unité 3) correspondraient à des dépôts post-glaciaires reposant sur les diamictites continentales de Landiéné et des bassins de Taoudéni et des Voltas en général. La particularité de ce dépôt est l'existence des évaporites jamais signalés dans le bassin. Le milieu de dépôt de cette unité correspond à un milieu peu profond : subtidal à supratidal avec des périodes d'émersion allant à des milieux évaporitiques.

Au Sénégal oriental, l'ensemble des structures et figures sédimentaires rencontrées dans les grès et silexites de l'Unité 4 de Landiénié (slumps de petite taille, laminations convolutées HCS, plis et failles syn-sédimentaires) suggèrent un environnement de dépôt distal (plateforme externe) (Villeneuve, 1984 ; Brinkmann et Meinhold, 2007) avec des faciès d'affinité turbiditique. En Mauritanie, Lahondère et al. (2005) y décrivent la présence de turbidites à composante volcano-sédimentaire et interprètent la Formation comme typique d'un domaine de talus océanique.

Bien que les faciès de la base du BMK soient absents, les faciès rencontrés dans le secteur de Landiénié ont leurs équivalents dans la vallée de Walidiala et dans les bassins africains. Ils correspondent aux dépôts du Supergroupe 2 de Villeneuve (1989), Culver et Hunt (1991) et Shields et al. (2007a et b), équivalent du Supergroupe des Mauritanides de Delors et al. (2010b) (Tableau 1).

Les trois termes de la série de référence de ce Supergroupe « tillite, dolomie, cherts (ou silexites) » sont ainsi identifiés dans la zone de Landiénié - Bandafassi. Si les deux premiers termes étaient déjà cités dans certains travaux, le troisième terme vient d'être cité pour la première fois dans cette partie du Bassin. Il s'agit d'une série de base reconnue presque partout dans la couverture du Craton Ouest Africain (Bassot, 1966 ; Trompette, 1973 et 1981 ; Deynoux, 1980 et 1983 ; Deynoux et al., 2006 ; Le Page, 1983 ; Affaton, 1990 ; Culver et Hunt, 1991 ; Lahondère et al., 2005 ; Shields et al., 2007a et b ; Delors et al., 2010b ; Fullgraff et al., 2010b). Ceci montre que les bassins africains (Taoudéni, Voltas, Gourma...), bien que séparés dans l'espace, ont eu la même évolution durant le Néoprotérozoïque.

Tableau 1 : Corrélation entre la zone de Landiénié-Bandafassi et la vallée de Walidiala

Zone de Landiénié-Bandafassi			Vallée de Walidiala			Age
Unités	Sous-unités	Lithologie	Formation	Membre	Formation	
Unité 4		Siltites argileuses violettes à intercalations de niveaux de silexites	Nandoumari	Fougou	M2	EDIACARIAN
Unité 3		Calcaires et dolomies concrétionnés et évaporitiques		Bowal	M1	
Unité 2	U2b	Conglomérat noir à galets de quartz		Tanagué	W3	
	U2a	Microconglomérats arkosiques à galets de schistes verts				
Unité 1	U1b	Argilites silteuses à intercalations de niveaux gréseux très fins	Hassana Diallo	Diagoma	W2	
	U1a	-Argilites silteuses finement laminées -Bancs de grès-pélites conglomératiques par endroits -Conglomérat polygénique		Pelel		

Conclusion

Cette étude a permis d'identifier dans le secteur de Landiéné/Bandafassi 4 unités lithostratigraphiques qui ont été parfaitement corrélées à celles connues dans la vallée de Walidiala. Ainsi, les trois marqueurs stratigraphiques caractéristiques des séries sédimentaires des bassins ouest africains « tillite, dolomie, cherts », connus sous l'appellation de Triade ont été identifiées. Ces dépôts du Supergroupe des Mauritanides (Supergroupe 1 des bassins africains) reposent ici directement sur le socle. La rareté, dans l'unité 1 de la composante carbonatée, serait liée à un non-dépôt dans la zone de Landiéné-Bandafassi du Groupe de Ségou fortement carbonaté. L'absence de turbidites dans cette même unité 1 est interprétée comme un indicateur du caractère continental des formations glaciaires dans cette zone.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Affaton, P. (1990). *Le bassin des Volta (Afrique de l'Ouest) : une marge passive, d'âge protérozoïque supérieur, tectonisée au Panafricain (600 ± 50Ma)*. Editions ORSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris, 500 pp.
2. Arnould, M., Ayme, J. M., et Guillaume, R. (1960). *Nouvelle stratigraphie des séries primaires du Nord du Fouta Djallon (Guinée-Sénégal)*. Bulletin de la Société Géologique de France, Série 7, Vol. 1, 631-634.
3. Bassot, J. P. (1966). *Etude géologique du Sénégal oriental et de ses confins guinéo-maliens*. Mémoires du B.R.G.M., Vol. 40, 322 p.
4. Biju-Duval, B. et Gariel, O. (1969). *Nouvelles Observations sur les Phénomènes Glaciaires « Eocambriens » de la Bordure Nord de la Synclise de Taoudeni, entre le Hank et le Tanezrouft, Sahara Occidental*. Palaeogeography, Palaeoclimatol., Palaeoecol., 6, 283-315. Elsevier Publishing Company, Amsterdam - Printed in The Netherlands.
5. Brinckmann, J. et Meinhold, K. D. (2007). *La géologie de la chaîne des Bassarides et des terrains environnants au Nord-Ouest de la Guinée*. Geologische Jahrbuch. Hannover, B, SB1, 446 p.

6. Culver, S. J. et Hunt, D. (1991). *Lithostratigraphy of the Precambrian-Cambrian boundary sequence in the southwestern Taoudéni Basin, West Africa*. Journal of African Earth Sciences, Vol. 13, 407-413.
7. Culver, S. J., Repetski, J. E., Pojeta, Jr. et Hunt, D. (1996). *Early and Middle (?) Cambrian Metazoan and Protistan fossils from West Africa*. Journal Paleontology, 70, 1-6.
8. Delor, C., Couëffé, R., Goujou, J. C., Diallo, D. P., Théveniaut, H., Fullgraf, T., Ndiaye, P. M., Dioh, E., Barry, T. M. M., Le Métour, J. et Martelet, G. (2010a). *Carte géologique à 1/200 000 du Sénégal, feuille Saraya-Kédougou Est*. Ministère des Mines, de l'Industrie, de l'Agro-Industrie et des PME, Direction des Mines et de la Géologie, Dakar.
9. Delor, C., Couëffé, R., Goujou, J. C., Diallo, D. P., Théveniaut, H., Fullgraf, T., Ndiaye, P. M., Dioh, E., Blein, O., Barry, T. M. M., Cocherie, A., Le Métour, J., Martelet, G., Sergeev, S. et Wemmer, K. (2010b). *Notice explicative de la carte géologique à 1/200 000 du Sénégal, feuille Saraya-Kédougou Est*. Ministère des Mines, de l'Industrie, de l'Agro-Industrie et des PME, Direction des Mines et de la Géologie, Dakar.
10. Deynoux, M. (1980). *Les Formations glaciaires du Précambrien terminal et de la fin de l'Ordovicien en Afrique de l'Ouest. Deux exemples de glaciation d'inlandis sur une plateforme stable*. Thèse, Université d'Aix-Marseille, 553 pp.
11. Deynoux, M. (1983). *Glaciations du Précambrien terminal et de la fin de l'Ordovicien dans le bassin de Taoudéni, Afrique de l'Ouest*. Introduction à l'excursion scientifique du symposium « Till. Mauritania 83 ». 85 pp.
12. Deynoux, M., Affaton, P., Trompette, R. et Villeneuve, M. (2006). *Pan-African tectonic evolution and glacial events registered in Neoproterozoic to Cambrian cratonic and foreland basins of West Africa*. Journal of African Earth Sciences 46, 397-426
13. Deynoux, M., Durringer, P., Khatib, R., Villeneuve, M. (1993). *Laterally and vertically accreted tidal deposits in the Upper Proterozoic Madina-Kouta Basin, southeastern Senegal, West Africa*. *Sedimentary Geology*, 84, 179-188.
14. Diallo, D. P. (1983). *Contribution à l'étude des séries de Dialé (Birimien) dans les Monts Bassaris, Sénégal oriental (secteur de Bandafassi, Ibel, Ndébou, Landienné)*. Thèse, Université de Dakar, 185 pp.
15. Fullgraf, T., Ndiaye, P. M., Buscaïl, F., Caby, R., Lahondère, D., Le Métour, J., Martelet, G. et Villeneuve, M. (2010a). *Carte géologique*

- à 1/200000 du Sénégal, feuille Linkering/KoldaKédougou Ouest. Ministère des Mines, de l'Industrie, de l'Agro-Industrie et des PME, Direction des Mines et de la Géologie, Dakar.
16. Fullgraf, T., Ndiaye, P. M., Couëffé, R., Buscail, F., Caby, R., Blein, O., Lahondère, D., Le Métour, J., Martelet, G., Sergeev, S., Tegye, M. et Villeneuve, M. (2010b). *Notice explicative de la carte géologique à 1/200000 du Sénégal, feuille Linkering/Kolda-Kédougou Ouest*. Ministère des Mines, de l'Industrie, de l'Agro-Industrie et des PME, Direction des Mines et de la Géologie, Dakar.
 17. Lahondère, D., Roger, J., Le Métour, J., Donzeau, M., Guillocheau, F., Helm, C., Thiéblemont, D., Cocherie, A. et Guerrot, C. (2005). *Notice explicative des cartes géologiques à 1/200 000 et 1/500 000 de l'extrême sud de la Mauritanie*. DMG, Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott, Rapport BRGM/RC-54273-FR, 610 p.
 18. Le Page, A. (1983). *Les grandes unités des Mauritanides, aux confins du Sénégal et de la Mauritanie. L'évolution structurale de la chaîne, du Précambrien supérieur au Dévonien*. Thèse, Université de Marseille (France), 518 p.
 19. Sarr, D., Fall, M., Ngom, P. M., Ndiaye, P. M., Kane, C. H., Ba, M. (2012). *Geomechanical Characterization of Sandstones Cliffs of Segou (Senegal, West Africa) in the Madina Kouta Basin*. *International Journal of Geosciences*, 3, 166-174.
 20. Shields, G. A., Deynoux, M., Culver, S. J., Brasier, M. D., Affaton, P. et Vandamme, D. (2007a). *Neoproterozoic glaciomarine and cap dolostone facies of the southwestern Taoudéni Bassin (Walidiala Valley, Sénégal/ Guinea, NW Africa)*. *C. R. Geoscience* 339, 186-199.
 21. Shields, G. A., Deynoux, M., Strauss, H., Paquet, H. et Nahon, D. (2007b). *Barite-bearing cap dolostone of the Taoudéni Bassin, northwestern Africa: Sedimentology and isotopic evidence for methane seepage after a Neoproterozoic glaciation*. *Precambrian Research*, 153, 209-235.
 22. Trompette, R. (1973). *Le Précambrien supérieur et le Paléozoïque inférieur de l'Adrar de Mauritanie (bordure occidentale du bassin de Taoudéni, Afrique de l'Ouest). Un exemple de sédimentation de craton. Etude stratigraphique et sédimentologique*. *Trav. Lab. Sci. Terre, Univ. St Jérôme, Marseille*, B, 7, 702 pp.
 23. Trompette, R. (1981). *Late Precambrian Tillites of the Volta Basin and the Dahomeyides orogenic belt (Benin, Ghana, Niger, Togo and Upper-Volta)*. In: Harland, W.B., Hambrey, M.J. (Eds.), *Earth's Pre-Pleistocene Glacial Record*. Cambridge Univ. Press, 135-139.

24. Villeneuve, M. (1981). *Résultats préliminaires d'une Synthèse géologique du Sud du Fouta Djallon (Guinée)*. Comptes Rendus Sommaires Société Géologique de France 2, 55-59.
25. Villeneuve, M. (1984). *Etude géologique de la bordure SW du craton ouest-africain-La suture panafricaine et l'évolution des bassins sédimentaires protérozoïques et paléozoïques de la marge NW du continent de Gondwana*. Thèse de Doct., Université d'Aix-Marseille III, 552 p.
26. Villeneuve, M. (1989). *The geology of the Madina-Kouta basin (Guinea-Senegal) and its significance for the geodynamic evolution of the western part of the West African Craton during the Upper Proterozoic period*. Precambrian Research, Vol. 44, 305-322.
27. Villeneuve, M. (2006). *Les dépôts glaciaires du Néoprotérozoïque à l'Ordovicien supérieur dans la partie sud-ouest du craton Ouest-africain : cadre géodynamique et paléogéographique*. Africa Geoscience Review, Vol. 13, No. 2: 185- 210 pp.
28. Villeneuve, M. et Cornée, J. J. (1994). *Structure, evolution and palaeogeography of the West African craton and bordering belts during the Neoproterozoic*. Precambrian Research 69, 307-326.
29. Villeneuve, M. & Da Rocha Araujo, P. T. (1984). *La stratigraphie du bassin paléozoïque de Guinée (Afrique de l'Ouest)*. Bulletin Société Géologique France 26, 1033-1039.
30. Youm, C. I. (2019). *Le bassin de Madina Kouta (Sénégal oriental) : contribution à l'étude lithostratigraphique sédimentologique et pétrographique. Valorisation géopatrimoniale et développement*. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 291 p.
31. Youm, C. I., Errami, E., Sow, E. H. (2018). *Neoproterozoic Dindéfélo waterfall geosite (DCNR, Bassari country, Eastern Senegal): biodiversity and geodiversity between conservation and valorization*. Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences An International Peer Review E-3 Journal of Sciences, Vol. 8(3), 197-224.