

## Environnements de dépôts des Formations maastrichtiennes et paléogènes des secteurs de Garadaoua et de Garadoumé du bassin des lullemeden (région de Tahoua, Centre-sud Niger)

### [ Depositional environments of the maastrichtian and paleogene Formations of the Garadaoua and Garadoumé area in the lullemeden basin (Tahoua region, south-central Niger) ]

Aminou A. Maâzou<sup>1</sup>, Tourba Kamayé<sup>1</sup>, Moussa Konaté<sup>1</sup>, Karimou Laouali Id<sup>2</sup>, Hassan Ibrahim Maharou<sup>1</sup>, Nana Saratou Mahaman Manzo<sup>1</sup>, Habsatou Ousmane<sup>1</sup>, and Diafarou Alzouma Amadou<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire des Eaux Souterraines et Géoressources, Equipe Bassins et Géoressources, BP 10662 Niamey, Niger

<sup>2</sup>Université Abdou Moumouni, Ecole Normale Supérieure, Laboratoire des Eaux Souterraines et Géoressources, Equipe Bassins et Géoressources, BP 10662 Niamey, Niger

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The present study concerns the south-centre of the Nigerien part of the lullemeden intracratonic Basin. A multidisciplinary approach involving sedimentological analysis of facies and determination of fossils has been implemented for the characterization and determination of the Maastrichtian to Paleogene paleoenvironments in the Garadaoua and Garadoumé areas. The stratigraphic series of the study area includes, from the bottom to top, the Formations of: Farin Doutchi, In Wagar, Garadaoua and Ader Doutchi (Ct<sup>1</sup> or Ar). The Maastrichtian Formations of Farin Doutchi and In Wagar, as well as the Paleocene Formation of Garadaoua are fossiliferous. Indeed, the base of the Farin Doutchi Formation contains bivalves, foraminifera and sea urchins, while, In Wagar contains remains of vertebrates and casts of gastropods. In the Garadaoua Formation, presence of the benthic foraminifer *Ranikothalia bermudezi* species made it possible to assign to it an Upper Paleocene age. Moreover, the presence in the Garadaoua Formation of the sea urchin *Linthia sudanensis* species implies, during this periode, the pre-existence of an epicontinental sea in the lullemeden basin. Besides, in the Ader Doutchi Formation, the demonstration of  $\alpha$  and  $\gamma$  oolites, as well as proto-oolites, testifies an agitated environment with at least two oolithization phases.

**KEYWORDS:** Paleoenvironment, Foraminifera, Sea Urchin, Oolithization, *Ranikothalia bermudezi*, *Linthia sudanensis*.

**RESUME:** La présente étude concerne le centre-sud de la partie nigérienne du bassin intracratonique des lullemeden. Une approche pluridisciplinaire impliquant, l'analyse sédimentologique de faciès et la détermination des fossiles, a été mise en œuvre pour la caractérisation et la détermination des paléoenvironnements maastrichtiens et paléogènes dans les secteurs de Garadaoua et de Garadoumé. La série stratigraphique de la zone d'étude comprend de la base au sommet les Formations: de Farin Doutchi, d'In Wagar, de Garadaoua et de l'Ader Doutchi (Ct<sup>1</sup> ou Ar). Les Formations maastrichtiennes de Farin Doutchi et d'In Wagar, tout comme celle, d'âge paléocène de Garadaoua, sont fossilifères. En effet, la base de la Formation de Farin Doutchi renferme des bivalves, des foraminifères et des oursins, celle d'In Wagar contient des restes de vertébrés et des moulages de gastéropodes. Dans la Formation de Garadaoua, la présence de foraminifère benthique de l'espèce *Ranikothalia bermudezi* a permis de lui attribuer un âge paléocène supérieur. Par ailleurs, la présence dans la Formation de Garadaoua, de l'espèce d'oursin *Linthia sudanensis* implique la préexistence à cette période d'une mer épicontinentale dans le bassin des lullemeden. En revanche, dans la Formation de l'Ader Doutchi, la mise en évidence d'oolithes  $\alpha$  et  $\gamma$ , ainsi que de proto-oolithes, témoigne d'un milieu agité associé à au moins deux phases d'oolithisation.

**MOTS-CLEFS:** Paléoenvironnement, Foraminifère, Oursin, Oolithisation, *Ranikothalia bermudezi*, *Linthia sudanensis*.

## 1 INTRODUCTION

Au Crétacé supérieur, le golfe mésogéen existant déjà, à l'Est de l'Air, pénètre dans le Niger occidental. Ce dernier est affecté par une série de cycles sédimentaires où alternent des épisodes franchement marins (calcaires et marnes plus ou moins gréseuses à faunes mésogéennes de mers chaudes épicontinentales) et de dépôts subcontinentaux (argilites et grès riches en végétaux et en restes de vertébrés) [1]. Le schéma paléogéographique du bassin des Iullemeden au Maastrichtien supérieur et au Paléocène-Yprésien est marqué par la présence d'une mer épicontinentale, peu profonde, avec en bordure une plaine côtière marécageuse, parsemée de lagunes littorales [2].

Les dépôts affleurant dans la province géologique de l'Ader Doutchi, en raison de leur importance économique, ont fait l'objet de plusieurs études. Les premiers travaux ont été réalisés par [3], [4], [5], [6]. Par la suite, les recherches se sont poursuivies par les études réalisées par [1], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15]. Des travaux plus récents ont été effectués dans la l'Ader Doutchi par [2], [16], [17]. La sédimentation du bassin des Iullemeden est marquée par des alternances de dépôts marins et de sédiments continentaux dont les limites spatiales et temporelles ne sont pas toujours faciles à déterminer avec précision [11]. Du point de vue sédimentologique, stratigraphique et paléontologique, d'importantes précisions restent à apporter dans les dépôts sédimentaires de l'Ader Doutchi.

La présente étude porte sur les analyses sédimentologiques et paléontologiques des dépôts maastrichtiens et paléogènes affleurant dans les secteurs de Garadaoua et de Garadoumé. Elle vise à réaliser une description des faciès, à identifier le contenu fossilifère et à déterminer les paléoenvironnements.

## 2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La zone d'étude est située entre les longitudes 5° et 7° Est et entre les latitudes 14° et 16°, dans la partie sud de la région de Tahoua (Centre-sud Niger) (Fig. 1). Elle couvre les Départements de Bouza et Keita sur une superficie estimée à 9074 km<sup>2</sup>. Cette zone d'étude est limitée par les Départements d'Abalak au Nord, de Dakoro à l'Est, de Madaoua au Sud, de Malbaza au Sud-Ouest, et d'Illéla et de Tahoua à l'Ouest (Fig. 1).

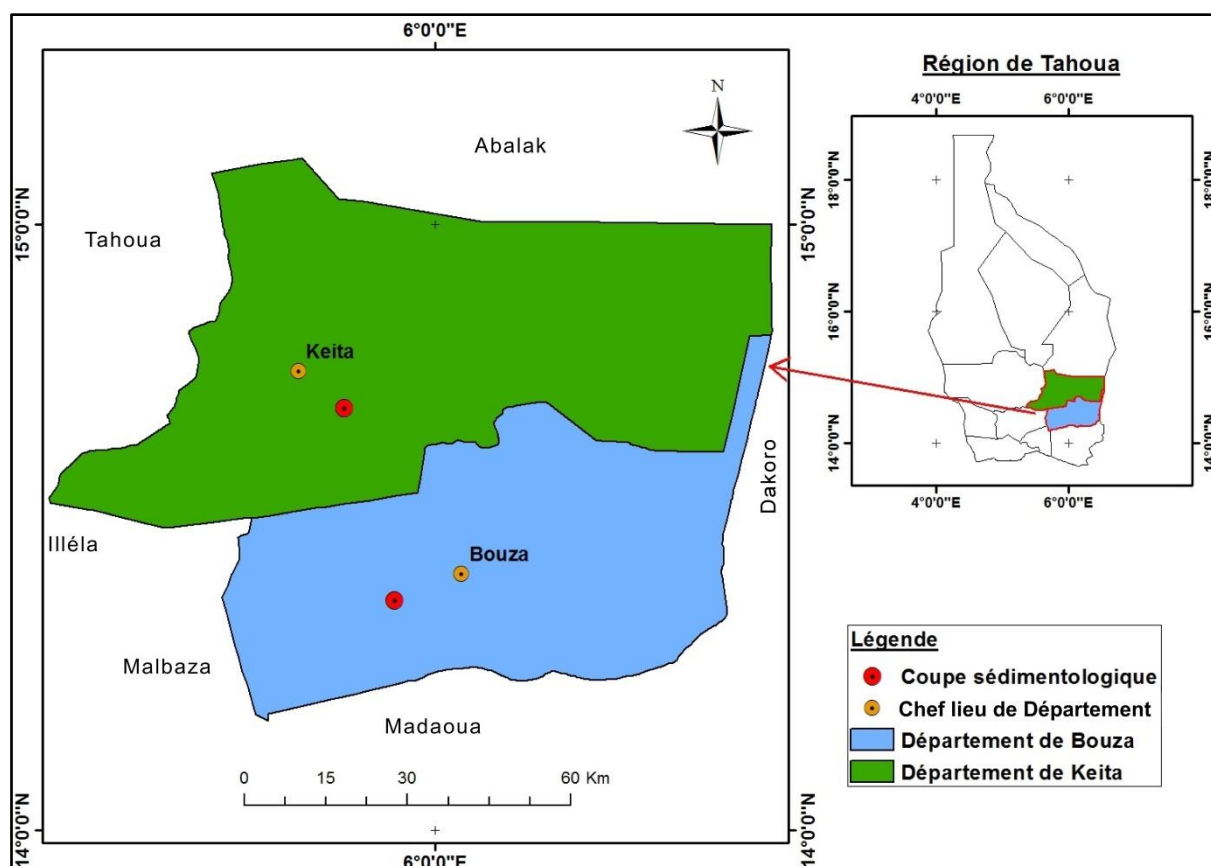


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude et des deux coupes sédimentologiques réalisées

### 3 CONTEXTE GEOLOGIQUE

#### 3.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

La zone d'étude est située dans la province géologique de l'Ader Doutchi (Fig. 2). Elle fait partie intégrante du bassin des Iullemeden (Fig. 4). Les descriptions lithostratigraphiques réalisées par [5], [4], [8], [10], [13], [15], [17], [16], [18] ont permis de distinguer six (6) Formations, dont l'épaisseur totale est d'environ 250 m. De la base au sommet, peuvent être distinguées les Formations de l'Alanbanya, de Farin Doutchi, d'In-Wagar, de Garadaoua, de l'Ader Doutchi ou Continental terminal 1 (Ct<sup>1</sup>), du Continental terminal 2 (Ct<sup>2</sup>) et du Continental terminal 3 (Ct<sup>3</sup>). Les Formations du Ct<sup>2</sup> et du Ct<sup>3</sup> sont regroupés par [13], dans la Formation de Birni N'Konni ou K (K1, K2 et K3). Cette dernière, ainsi que la Formation de l'Alanbanya, n'a pas été étudiée dans cet article.

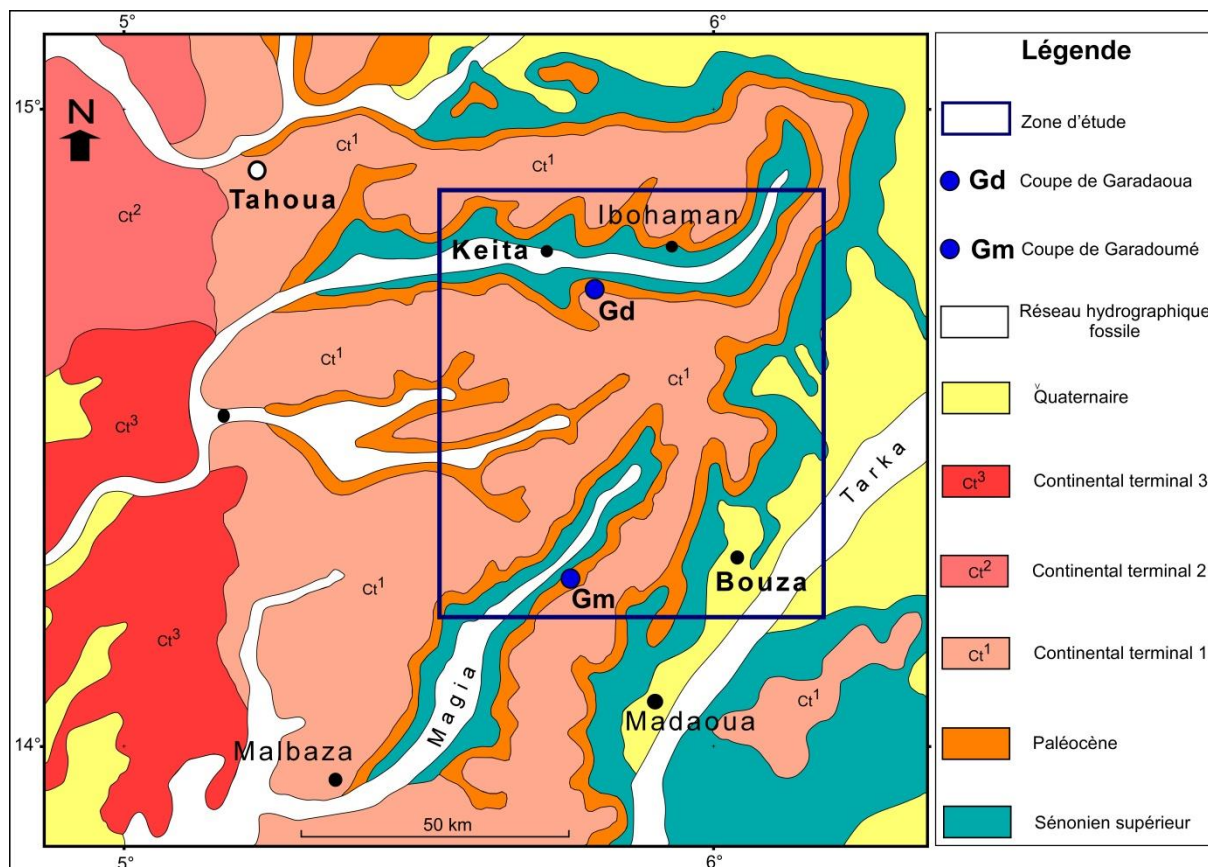


Fig. 2. Carte géologique de la zone d'étude (extraite de [5], modifiée)

#### 3.2 PALEOGEOGRAPHIE DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude fait partie intégrante du grand bassin des Iullemeden, dont l'histoire géologique est caractérisée par deux grandes périodes de transgressions marines séparées par une longue période de régression allant du Permien au Crétacé inférieur [19]. Selon [20], ces processus de transgression et de régression ont permis de mettre en évidence trois incursions marines, qui se sont produites pendant le Paléozoïque (au Silurien, au Dévonien moyen et supérieur et au Carbonifère inférieur), auxquelles il faut ajouter les cinq incursions marines du Méso-Cénozoïque [4], [16], [21]. Le Crétacé supérieur (Cénomaniens supérieur-Maastrichtien) (96 à 65 Ma) et le Paléogène (Paléocène supérieur-Yprésien) (65 à 46 Ma) sont marqués par cinq incursions marines (notées T1, T2, T3, T4 et T5) [4], [12], [15] (Fig. 3.).

Pour la plupart des auteurs, ces transgressions viendraient d'abord du Nord-Est (T1, T2 et T3) puis du Nord-Ouest (T4 et T5) (Fig. 3.). Elles se sont produites principalement au Cénomaniens supérieur (T1 et T2), au Turonien inférieur (T3), au Maastrichtien (T4) et au Paléocène-Yprésien (T5). Ces transgressions ont été datées par des Ammonites. Seules les deux dernières transgressions (T4 et T5) ont été analysées dans la présente étude. D'autres auteurs, comme [22], [23], regroupent les deux premières transgressions (T1 et T2) en une seule, car ces auteurs estiment qu'il s'agit d'une même transgression qui aurait affecté le Cénomaniens supérieur et le Turonien inférieur avec des fluctuations mineures du niveau marin [24].

Le schéma paléogéographique de [4] est aujourd’hui abandonné au profit de celui proposé par [14], [25], [26], [27]. Pour ces derniers auteurs, les transgressions atteignent le bassin des Iullemeden par des chenaux maritimes étroits, situés au droit des fossés tectoniques ou des gouttières topographiques. Elles s’étalent pour former des mers intérieures [24] (Fig. 3.).

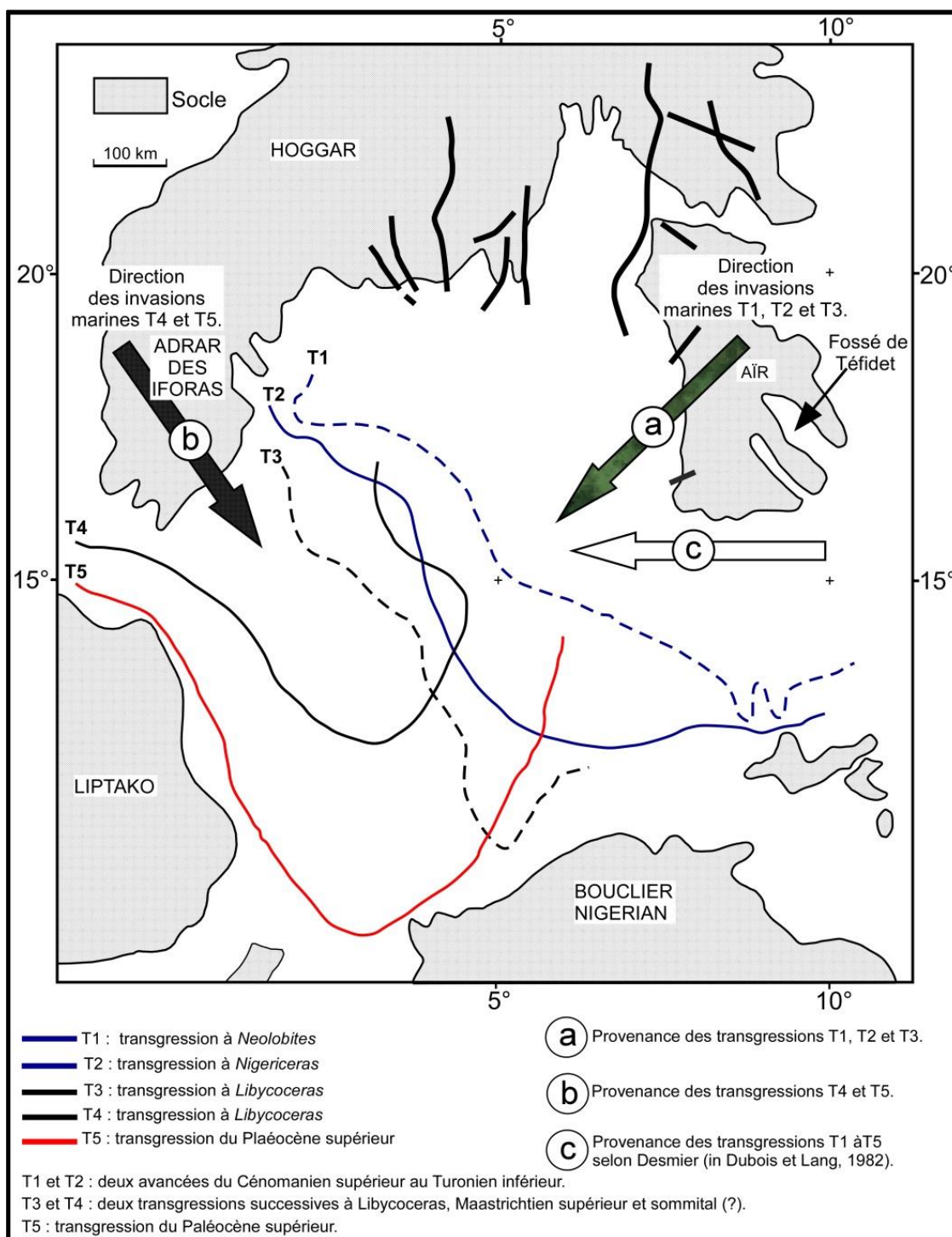


Fig. 3. Extension des transgressions marines du Crétacé supérieur et du Tertiaire dans le bassin des Iullemeden [4], [15], [24]

Le bassin des Iullemeden correspond à un domaine de sédimentation intracratonique [28], affecté par des mouvements épirogéniques [29], qui auraient favorisé une migration des aires de dépôts vers le Sud-Ouest pendant le Mésozoïque et le Cénozoïque. Les dépôts maastrichtiens et paléogènes affleurent dans le bassin des Iullemeden, formant une auréole allant du Mali (Nord-Ouest) au Nigéria (Sud-Ouest) en passant par le Niger occidental [1] (Fig. 4.). Ce qui a permis la mise en place des dépôts paléozoïques au Nord et des dépôts méso-cénozoïques au Sud.

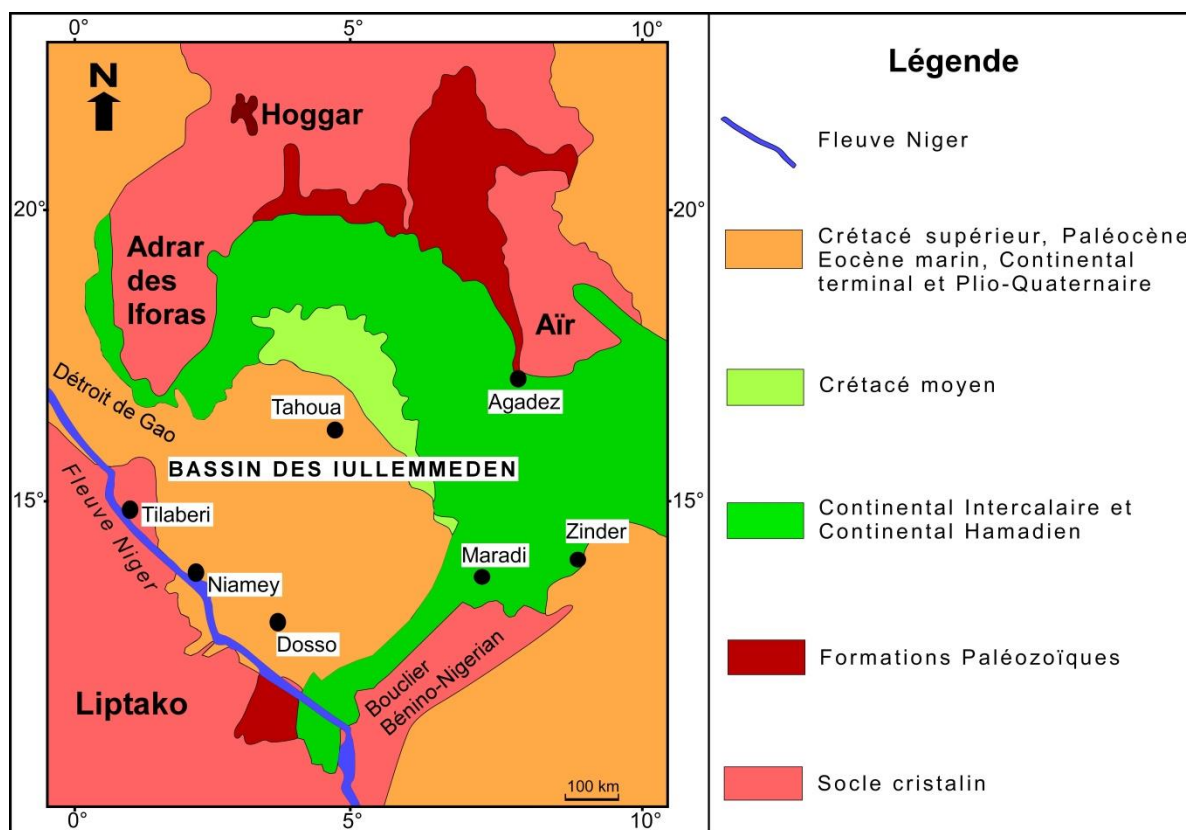


Fig. 4. Carte géologique simplifiée du bassin des Iullemmeden ([4], modifiée)

#### 4 APPROCHE METHODOLOGIQUE

La démarche adoptée est essentiellement basée sur les travaux de terrain et de laboratoire:

- Les travaux de terrain ont consisté à la description et à l'échantillonnage des différents affleurements, ainsi qu'à la description et à la récolte des macrofossiles. Au total, plus de 200 macrofossiles ont été récoltés.
- Les travaux de laboratoire concernent la confection des lames et leur observation au microscope polarisant. Les lames minces ont été confectionnées sur les échantillons provenant: **(i)** du niveau calcaire marneux à gypse de la Formation de Farin Doutchi, **(ii)** des calcaires et des calcaires marneux du membre de Tamaské de [15] ou G2 de [4] et, **(iii)** des grès ferrugineux à oolithes ferrugineuses des séries sidérolitiques de l'Ader Doutchi. Ainsi, un total de 79 lames minces ont été confectionnées. Après identification des microfossiles, des microphotographies ont été réalisées.

#### 5 RESULTATS

Les deux coupes levées ainsi que les échantillonnages prélevés, dans le cadre de cette étude, sont localisés dans la partie sud de la province géologique de l'Ader Doutchi, respectivement dans les secteurs de Garadaoua (Département de Keita) et de Garadoumé (Département de Bouza) (Fig. 1.). La coupe de Garadaoua est située à 10 km, au Sud-Est de la ville de Keita, à proximité du village de Garadaoua, tandis que celle de Garadoumé est localisée à environ 15 km, au Sud-ouest de la ville de Bouza (Fig. 5.), non loin du village de Kaoura Goga.



Fig. 5. Localisation des coupes sédimentologiques de Garadaoua et de Garadoumé. Le paysage se présente en brousse tigrée. Pl: Plateau; Va: Vallée (Image GoogleEarth, 2021)

## 5.1 DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE

La coupe sédimentologique de Garadaoua a été levée à proximité du village de Garadaoua. Elle débute au point de latitude N 14°41'57,7" et de longitude E 05°50'27,4". Son sommet s'observe au point de latitude N 14°40'47,9" et de longitude E 05°51'34,6". La coupe de Garadaoua a une puissance d'environ 145 m. La coupe sédimentologique de Garadoumé a été réalisée dans les environs du village de Kaoura Goga. Ses dépôts de base sont situés au point de latitude N 14°23'25,8" et de longitude E 5°55'26,6". Elle se termine sur le plateau du village de Hilin Jirgui, au point de latitude N 14°22'29,9" et de longitude E 05°50'27,4". La coupe de Garadoumé a une puissance d'environ 150 m.

La compilation des données de terrain des deux coupes sédimentologiques levées (Fig. 12.) a permis d'établir la colonne lithostratigraphique synthétique (Fig. 12.) de la zone d'étude qui comprend quatre (4) ensembles sédimentaires. De la base au sommet, il s'agit:

### 5.1.1 DES FORMATIONS ARGILO-SABLEUSES DE L'ALANBANYA ET DE FARIN DOUTCHI

Cet ensemble de base comprend 5 faciès (Fig. 6., Fig. 12.).

- Le **faciès 1**, d'une épaisseur d'environ 11 m, est constitué à sa base par des argiles silteuses bariolées (bleu, lie de vin, verte, jaunâtre), des argiles schisteuses bariolées (gris, lie-de-vin et bleu) dans la partie médiane et des argiles massives blanches, plus ou moins silteuses au sommet. Ce faciès renferme dans les fractures, des filonnets discontinus de gypse en plaquettes pluricentimétriques. Par endroit, des taches jaunâtres de natrojarosites ( $\text{Na Fe}_3 (\text{OH})_6 (\text{SO}_4)_2$ ) ou de jarosites ( $\text{K}^+ \text{Fe}^{3+}_3 (\text{OH})_6 (\text{SO}_4^{2-})_2$ ) ont été observées. Elles affleurent sur environ 2 m à Garadaoua.
- Le **faciès 2** affleure sur environ 3 m (Fig. 6.). Il est constitué d'argilites compactes, schisteuses par endroit. Les niveaux de base, d'environ 0,2 m, sont constitués de calcaires argileux, de couleur blanchâtre à rougeâtre voire jaunâtre, très riches en fossiles de lamellibranches, de foraminifères et d'Oursins (Fig. 6., B). Ces argilites, de couleur blanche ou noirâtre, se présentent, par endroit, sous forme de bancs décimétriques. Localement, ces argilites renferment parfois de gypse en filonnets, pluri-millimétriques à centimétriques, horizontaux ou dans les fractures.
- Le **faciès 3**, d'une puissance de 5 à 7 m d'épaisseur, est constitué d'alternances d'argilites silteuses grises à verdâtres et de siltites argileuses blanchâtres. Ce faciès renferme, par endroits, des blocs pluridécimétriques d'argilites bariolées (noire et lie-de-vin) (Fig. 6., A).

- Le **faciès 4**, est représenté par des argiles schisteuses, friables, de couleur grise à rougeâtre (Fig. 6., A). D'une puissance d'environ 0,3 à 0,8 m, il est constitué de sables très fins.
- Le **faciès 5**, d'environ 1,5 m d'épaisseur, représente la limite supérieure de la première falaise. Il est constitué de grès latéritiques oolithiques, ferrugineux, présentant des alternances de niveaux grés-argileux compacts et de minces niveaux d'argilites (pluricentimétriques à décimétriques).

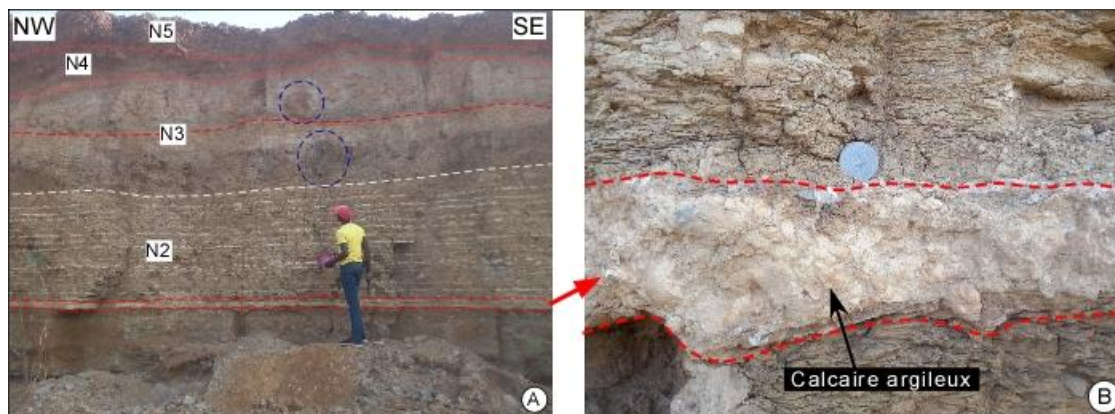


Fig. 6. Formation de Farin Douchi (Falaise 1). (A) de la base au sommet: argilites gypsifère présentant un niveau de calcaires argileux à gypse (FD1 ou faciès 2 ou N2), alternance d'argiles silteuses et de siltites argileux à blocs (faciès 3 ou N3), argiles schisteuses (faciès 4 ou N4) et grès argileux oolithique ferrugineux (faciès 5 ou N5). (B) calcaires argileux, riches en fossiles de lamellibranches, limités à leur base par une discordance de ravinement

#### 5.1.2 LES ARGILITES SABLEUSES ET LES SABLES ARGILEUX DE LA FORMATION D'IN WAGAR

La Formation d'In Waggar renferme 3 faciès (Fig. 7., Fig. 12.)

- Le **faciès 6** a une puissance de 3 à 5 m (Fig. 7.). Il est constitué de sables très fins et d'argilites consolidées, de couleur bariolée. Au niveau de certains affleurements, des argilo-siltites friables, de couleur grisâtre, jaunâtre et blanchâtre ont été observées. Elles sont limitées par une surface durcie, constituée d'argilites sableuses, de couleur lie-de-vin. Le faciès 6 présente des stratifications obliques ainsi que des moulages de fossiles (Fig. 7.).
- Le **faciès 7**, d'une puissance d'environ 5 m (Fig. 7.), est constitué, à sa base par des argilites et de sables fins de couleur bariolée. La partie médiane est représentée par une alternance de litages obliques plans, associée à des siltites argileuses et à de sable de couleur jaune à blanche. On note, localement, la présence d'importants dépôts de nodules phosphatés, millimétriques à pluricentimétriques (Fig. 7., B). La partie supérieure, de ce faciès, est constituée d'argilites sableuses de couleur bariolée. Elle présente également des traces de terriers et de moulages de fossiles. Localement, des ossements et des dents de vertébrés ont été observés.
- Le **faciès 8**, d'une épaisseur comprise entre 0,5 à 2 m (Fig. 7.), marque la limite supérieure de la deuxième falaise. Il est constitué d'une alternance de latérites sableuses et de grès ferrugineux argileux compacts. Ces dépôts, de couleur bariolée, sont localement très riches en nodules phosphatés ou ferrugineux.

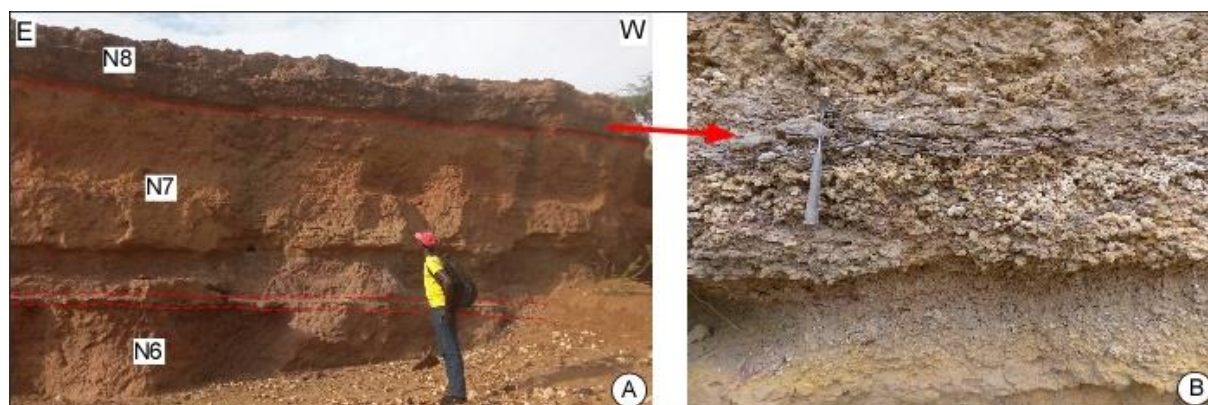
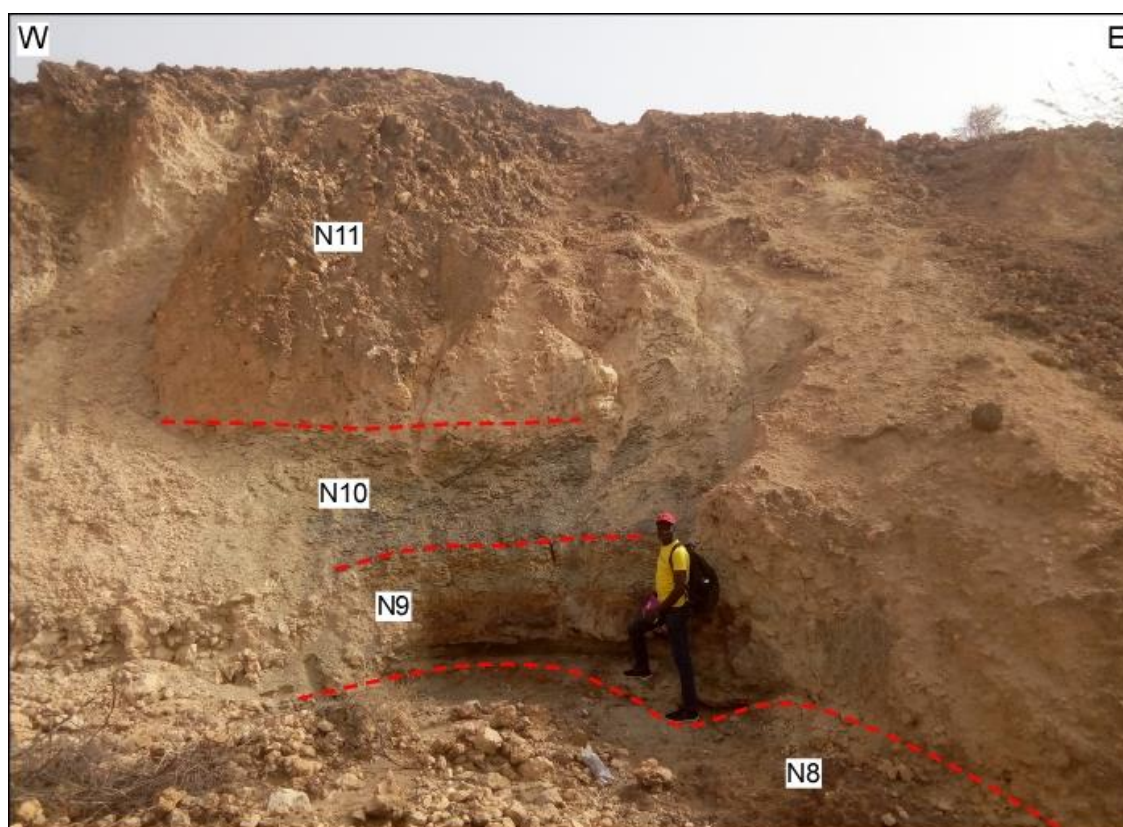


Fig. 7. Formation d'In Waggar ou Falaise 2. (A) sables argileux (IW1 ou faciès 6 ou N6), limités par une surface durcie et surmontés par des sables argileux à litages subhorizontaux (faciès 7 ou N7) et des grès ferrugineux argileux (faciès 8 ou N8). Les faciès 7 et 8 (IW2) sont très riches en nodules phosphatés. (B) nodules phosphatés dans les grès ferrugineux argileux (faciès 8)

### 5.1.3 LA FORMATION MARNO-CALCAIRE DE GARADAOUA

Six faciès ont été distingués dans la Formation marno-calcaire de Garadaoua (Fig. 8., Fig. 12.).

- Le **faciès 9**, d'une épaisseur d'environ 4 m (Fig. 8.), est constitué d'argilites silteuses, plus ou moins, schisteuses ou compactes. Ces argilites de couleur bariolée sont recoupées par des fractures renferment du gypse dendritique et de filonnets de gypse. Les fractures renferment également de la poudre jaunâtre de natrojarosites ( $\text{Na Fe}_3 (\text{OH})_6 (\text{SO}_4)_2$ ) ou de jarosites ( $\text{K}^+ \text{Fe}^{3+}_3 (\text{OH})_6 (\text{SO}_4^2)_2$ ).
- Le **faciès 10**, d'environ 3 m de puissance, est constitué d'argilites et de sables fossilifères (Fig. 8.). Le sommet, plus ou moins marneux, présente des poches de décalcifications.
- Le **faciès 11**, d'une puissance de 7 à 15 m, est constitué de calcaires crayeux, noduleux et argileux. Ce faciès renferme des fossiles de gastropodes, d'oursins, de bivalves, de nautilus et de restes d'huîtres. Il présente à sa base, par endroits, des blocs pluricentimétriques à pluridécimétriques de grès ferrugineux oolithiques (Fig. 8.). En affleurement, sa partie médiane est affectée par une zone de failles, d'orientation globale, N150° (Fig. 8.).



**Fig. 8.** Falaise 3 (Niveaux 8 à 11), constituée: de grès ferrugineux argileux à nodules phosphatés (faciès 8), d'argilites silteuses (membre Kao1 ou faciès 9), d'argilites schisteuses (membre Kao2 ou faciès 10) et de calcaires fossilifères noduleux et argileux (membre Tm1 ou faciès 11)

- Le **faciès 12** est constitué de 10 à 25 m de calcaires crayeux, homogènes, disposés en bancs et en inter-bancs subhorizontaux (Fig. 9.). Les bancs de calcaires, compacts, sont séparés par des inter-bancs de calcaires argileux. Au-dessus des calcaires noduleux, 8 bancs de calcaires et 8 inter-bancs de calcaires argileux ont été identifiés dans le secteur de Garadaoua. Au niveau des affleurements de Garadoumé, sur les calcaires noduleux de base, 5 bancs et 4 interbancs peuvent être distingués. Le faciès 12 renferme des fossiles de gastropodes, d'oursins, de bivalves, de nautilus et d'huîtres.
- Le **faciès 13** est constitué de 5 m de marnes compacts, riches en grès ferrugineux à tendance conglomératique (Fig. 9., B). Ce faciès se débite en blocs. Les marnes sont très riches en fossiles de bivalves et de gastéropodes.
- Le **faciès 14**, d'une épaisseur d'environ 2 m, est constitué de schistes cartons fossilifères, compacts, parfois sableux, de couleur verdâtre ou bleu.



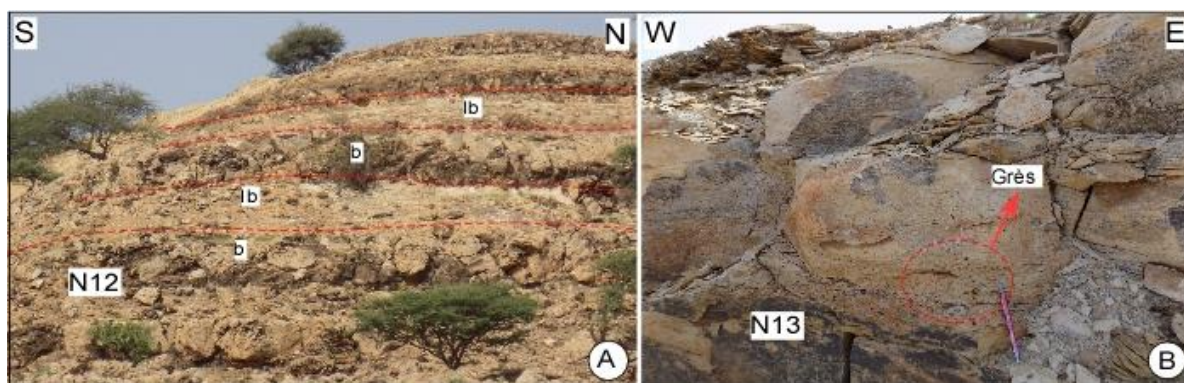


Fig. 9. Falaise 4 (Niveaux 12 à 13), renfermant des calcaires et des marnes fossilifères. (A) alternance de bancs calcaires et d'inter-bancs de calcaires argileux (Tm2, N12). (B) calcaires argileux à grès ferrugineux à tendance conglomératique (Bm1, N13). (b): bancs, (lb): inter-bancs

#### 5.1.4 GRÈS FERRUGINEUX À OOLITHES FERRUGINEUSES ET À ARGILITES LATÉRIQUES DE LA FORMATION DE L'ADER DOUTCHI

La Formation de l'Ader Doutchi est représentée par le faciès 15. Ce faciès, d'une puissance d'environ 45 m, est constitué, à la base, d'argiles silteuses, latéritiques, pisolithiques à oolithes ferrugineuses. La partie médiane est composée d'une alternance de bancs irréguliers. Ces derniers sont constitués d'argiles kaoliniques ou latéritiques, d'oolithes et de pisolithes ferrugineuses. Au sommet, alternent des grès argileux à pisolithes et des oolithes ferrugineuses consolidées, renfermant des bancs latéritiques friables (Fig. 10.). Ce faciès présente des traces de fossiles à la base, ainsi que des ichnotubulures verticales dans les parties médiane et supérieure. La partie supérieure est souvent plissée (Fig. 10.).

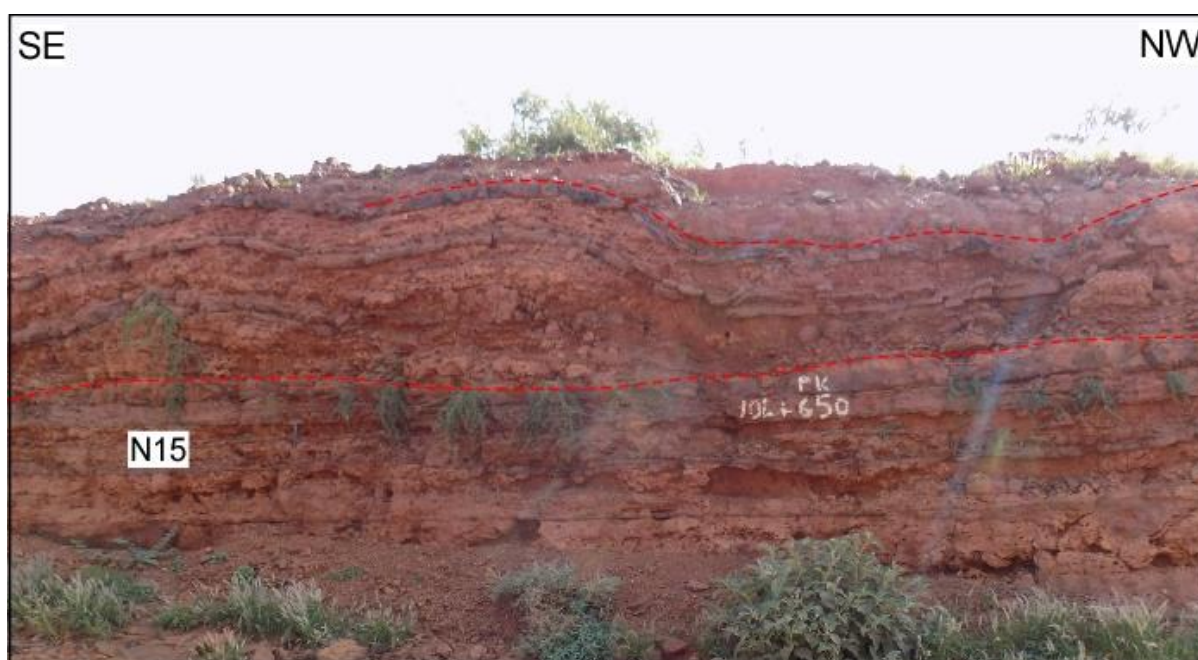


Fig. 10. Falaise 6 (N 15): partie supérieure (Ar3) du Continental terminal 1 (Ct<sup>1</sup>) montrant une alternance de grès ferrugineux oolithiques et d'argiles sableuses dans le secteur de Garadaoua

Des lames minces réalisées sur des échantillons de la série sidérolitique de l'Ader Doutchi (Ar ou Ct<sup>1</sup>) ont permis d'identifier trois types d'oolithes et de pisolithes ferrugineuses. Il s'agit des oolithes  $\alpha$ ,  $\gamma$  et des proto-oolithes (Po) (Fig. 11.). Les oolithes observés présentent les mêmes caractéristiques que celles décrites par [30], [31] dans les dépôts du Continental terminal indifférencié du bassin de Kandi. Ainsi, nous pouvons conclure que les oolithes ferrugineuses du Ct<sup>1</sup>, de par leurs formes, leurs tailles et leurs types témoignent de l'existence d'une oolithisation anté- et synsédimentaire. On note, également, une importante transformation de la pyrite en sidérose. Les parties médiane et supérieure de ce faciès (Faciès 15 ou N15) constituent la sixième falaise (Fig. 10., Fig. 12.).

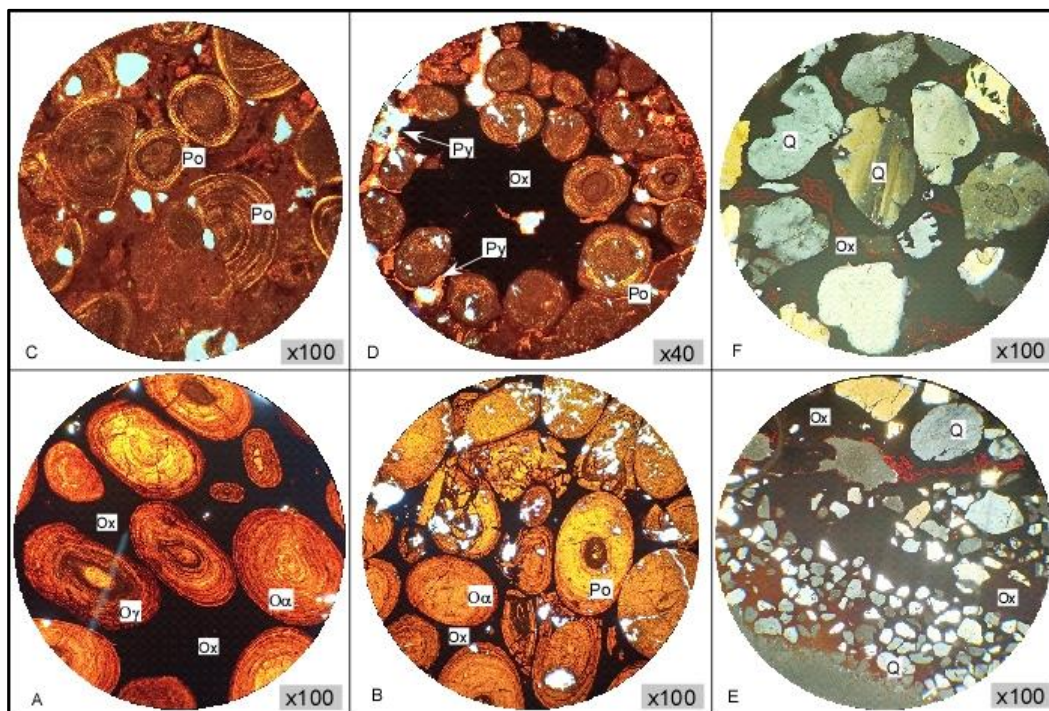


Fig. 11. Microphotographies des différents types d'oolithes ferrugineuses (A, B, C et D). Grès ferrugineux (E et F). ciment riche en oxyde (A, B, C, D, E et F) dans les dépôts du Continental terminal 1 (Ct<sup>1</sup>). Oα (oolithes α), Oγ (oolithes γ), Po (Proto-oolithes), Ox (Oxydes), Q (Quartz)

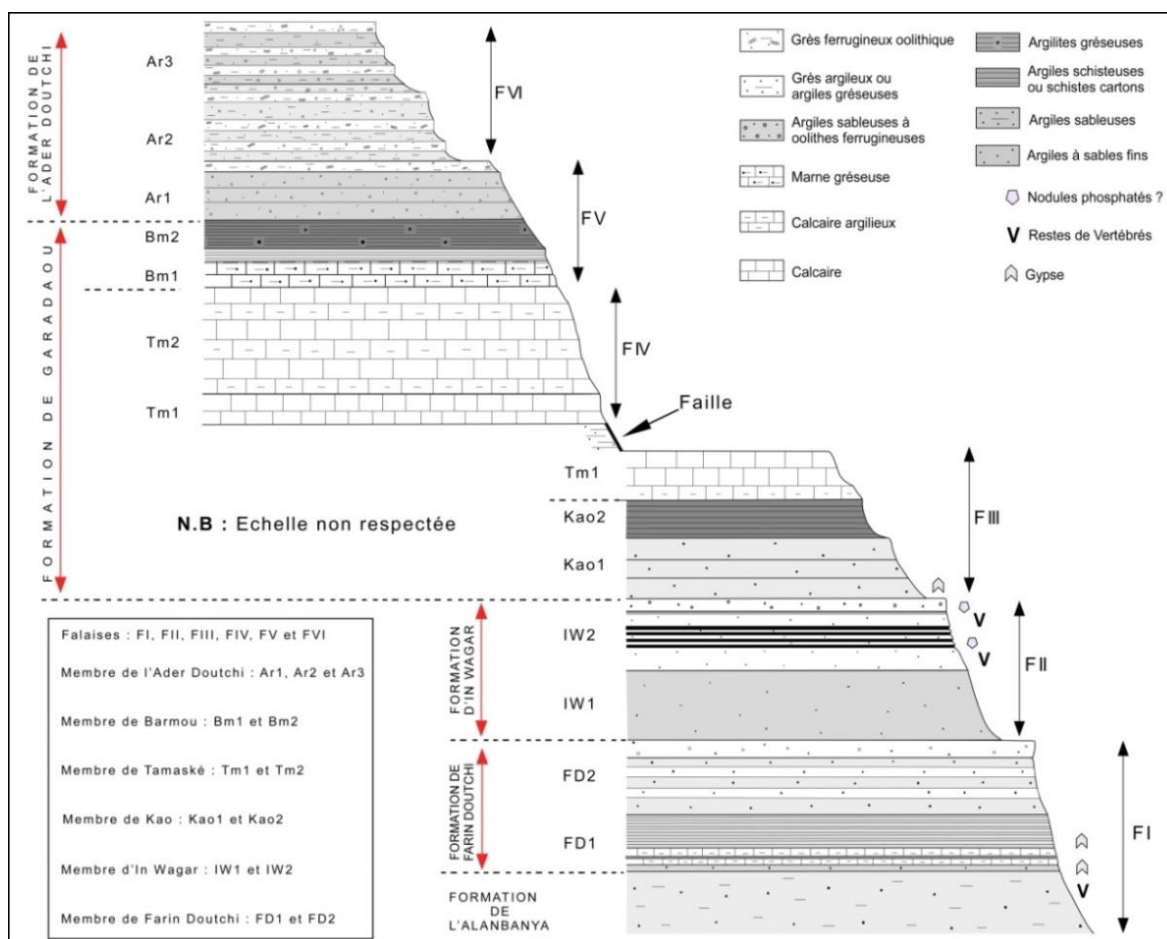


Fig. 12. Coupe sédimentologique synthétique montrant les différents membres et les six (6) falaises (FI à FVI) des secteurs de Garadaoua et de Garadoumé. FD (Farin Doutchi), IW (In Wagar), Tm (Tamaské), Bm (Barmou), Ar (Ader Doutchi)

## 5.2 CONTENU PALEONTOLOGIQUE

Les fossiles (macro et micro) observés au cours de cette étude proviennent des dépôts calcaires et marneux. En ce qui concerne les macrofossiles, plus de 300 fossiles ont été récoltés. Au total, 71 lames minces de calcaires argileux de la Formation de Farin Doutchi et des calcaires et marnes des membres de Tamaské et de Barmou ont été confectionnées et observées. Les résultats obtenus ont permis d'identifier une faune (micro et macro) très diversifiée.

### 5.2.1 MACROFOSSILES

Les macrofossiles des secteurs étudiés sont constitués de bivalves, d'oursins, de gastropodes, de nautilus et de restes d'huîtres (Fig. 13.). Les calcaires à gypse de la première falaise sont très riches en fossiles de lamellibranches (Fig. 13., a). Un important cimetière de lamellibranches a permis d'identifier une mince couche de calcaires argileux à la base de la Formation de Farin Doutchi (Fig. 13., a). La présence de l'espèce d'oursins, *Linthia sudanensis*, dans les calcaires de la Formation de Garadaoua indique, d'après les anciens auteurs, [23], [15], l'existence d'une mer épicontinentale.

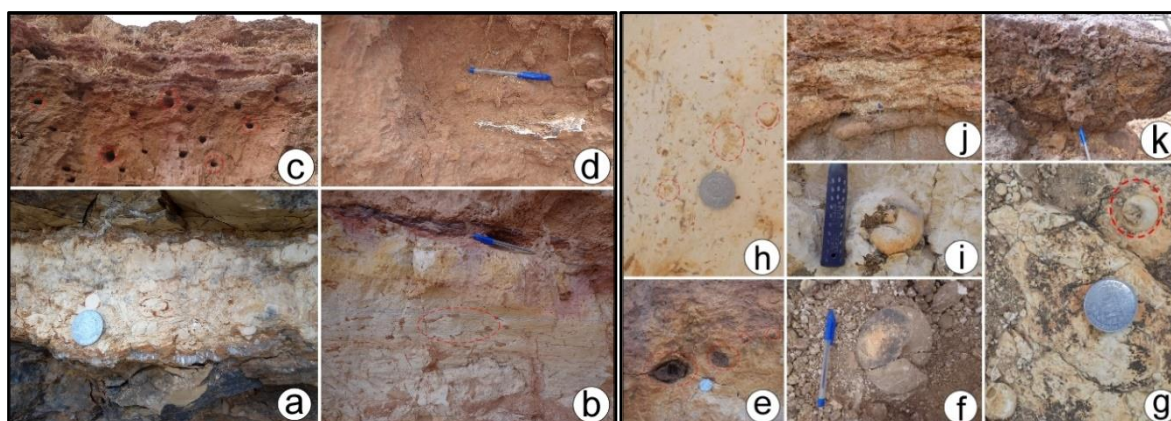
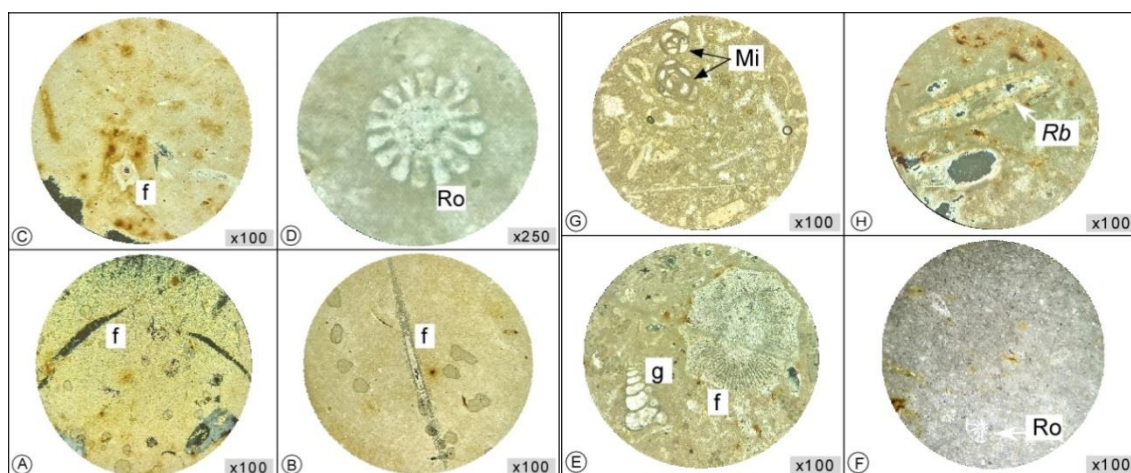


Fig. 13. Macrofossiles et traces de fossiles. (a) calcaires argileux à lamellibranches et à gypse secondaire (FD1, faciès 2). (b) ichnotubulures termitiques (IW1, faciès 7). (c) moulage de fossiles (IW1, faciès 7). (d) ossements de vertébrés (IW2, faciès 7). (e) restes d'huîtres dans les calcaires (Tm2, faciès 12). (f et i) espèces de nautilus *Deltoïdonotilus Moli* (Tm2, faciès 12). (g) calcaires très riches en coquilles de bivalves et de gastéropodes (Tm2, N12). (h) traces de bivalves et de moulages de gastropodes (Bm2, faciès 14). (j) traces de terriers (Ar2, faciès 15). (k) ichnofossiles (Ar1, faciès 15)

### 5.2.2 MICROFOSSILES

Compte tenu de la qualité des échantillons, les microfossiles présentés dans cette partie proviennent des observations de lames minces des calcaires argileux à lamellibranches (faciès 2) de la Formation de Farin Doutchi et des calcaires et des marnes de la Formation de Garadaoua (Fig. 14.). Les observations des lames minces montrent la présence de microfossiles de foraminifères, de bivalves et des radioles d'oursins (Fig. 14.). Les calcaires et les marnes de la Formation de Garadaoua renferment des foraminifères benthiques de l'espèce *Ranikothalia bermudezi*. D'après les travaux de [23], [15], l'espèce *Ranikothalia bermudezi* indique un âge paléocène supérieur.



**Fig. 14.** Microphotographies de calcaires montrant des microfossiles de foraminifères (Rb, f et Mi), de gastropodes (g) et d'oursins (Ro) dans les secteurs de Garadaoua et de Garadoumé. A, B, C et D: calcaires argileux de la Formation de Farin Doutchi. E, F, G et H: calcaires et marnes de la Formation de Garadaoua. (f): foraminifères, espèce de foraminifères *Ranikothalia bermudezi* (Rb), sous-famille de foraminifères *Miliolae* (Mi); Radioles d'Oursins (Ro)

## 6 DISCUSSION

Les observations de terrains ont concerné six (6) falaises dans les secteurs de Garadaoua et de Garadoumé. Les levés effectués sont similaires aux descriptions réalisées par les anciens auteurs ([4], [15], [23]), des Formations d'Alambanya, de Farin Doutchi, d'In Wagar, de Garadaoua et du Continental terminal 1 (Ct1). L'identification des falaises dans les affleurements de l'Ader Doutchi est inédite. La Formation d'Alambanya n'affleure pas en totalité sur les coupes réalisées. Les Formations de Farin Doutchi et d'In Wagar ont été subdivisées, chacune, en deux membres, qui ont été nommés: FD 1 et FD 2 pour la Formation de Farin Doutchi et IW1 et IW2 pour la Formation d'In Wagar. En effet, FD 1 correspond à la Formation F1 de [13] tandis que FD2 regroupe la F2, F3 et la W1 de [13] ou les FD2 et FD3 de [1]. Les membres IW1 et IW2 sont similaires aux descriptions de [1] dans la région de Kao. [1] distinguent au sein de la Formation d'In Wagar deux membres bien individualisés. Ils sont, chacun, épais d'environ 15 m dans la région de Kao. Le membre inférieur (IW1), équivalent de W2 de [13], est gréseux et ferrugineux avec des niveaux oolithiques, des débris de bois et des fructifications. Pour notre part, les observations lithologiques ont permis de placer la base du premier membre de la Formation d'In Wagar de [15] au sommet du niveau de grès ferrugineux oolithiques. Le membre supérieur (IW2) de [15], dans notre secteur d'étude, est tantôt silto-argileux ou tantôt silto-sableux. Ce membre est très riche en nodules phosphatés. Le membre IW2 contient des ossements et des dents de vertébrés. [15], [1] indiquent que le membre supérieur (IW2), équivalent de W3 et W4 de [13], est à dominante silto-sableuse avec des siltites noires bioturbées et des niveaux sableux à grands litages obliques ou horizontaux. Le membre IW2 contient des niveaux ferrugineux à bivalves (*Aphrodina*), des racines et des fructifications.

Les membres de la Formation de Garadaoua (membre de Kao, membre de Tamaské et membres de Barmou) de [15], ont été subdivisés, chacun, dans la présente étude, en deux membres. Ces derniers sont nommés: Kao1 et Kao2 pour le membre de Kao, Tamaské 1 (Tm1) et Tamaské (Tm2) pour le membre de Tamaské et Barmou 1 (Bm1) et Barmou 2 (Bm2) pour le membre de Barmou (Fig. 12.).

Nous avons subdivisé la Formation de l'Ader Doutchi ou Ct<sup>1</sup> en 3 membres: Ar1, Ar2 et Ar3 (Fig. 12.). Les membres inférieur et médian (Ar1 et Ar2) de la Formation de l'Ader Doutchi ne sont pas plissés (Fig. 12.).

Du point de vue paléontologique, les macrofossiles observés sont constitués de gastéropodes, de nautilus, d'oursins, de bivalves et de restes d'huîtres. Les microfossiles identifiés sont constitués de radioles d'oursins, de gastéropodes et de foraminifères. On note la présence dans les calcaires de la Formation de Garadaoua, de l'espèce de foraminifère benthique *Ranikothalia bermudezi* et de l'espèce d'Oursins *Linthia sudanensis*. L'association *Ranikothalia bermudezi* (et éventuellement *R. tessieri*), *Linthia sudanensis* et *Plesiolampas saharae*, observée dans le membre de Tamaské, caractérise le Paléocène supérieur dans de nombreux pays d'Afrique (Nigeria, Mali, Algérie notamment) [1]. Par ailleurs, l'ostracofaune indique également un âge paléocène supérieur [32]. Ce qui rejoint les conclusions de [8], qui a attribué un âge thanétien (Paléocène supérieur) à la série calcaire de Malbaza. La même association faunique a été signalée par [15] dans la région de Kao (Ader Doutchi Nord). Par ailleurs, l'âge paléocène supérieur du membre de Tamaské est en accord avec les attributions stratigraphiques de [4], [7], [10], [15], [8], [23], [12], [13].

Dans la Formation du Continental terminal 1, des oolithes de type  $\alpha$ ,  $\gamma$  et des proto-oolithes et des oolithes composites ont été identifiés. On note la présence de la pyrite entre certaines oolithes ferrugineuses. Les observations de lames minces mettent en évidence

une altération de la pyrite en sidérose. D'après les travaux de [30], [31], dans le continental terminal indifférencié du bassin de Kandi, ces dépôts sont d'âge d'oligocène à miocène.

## 7 CONCLUSION

L'analyse sédimentaire et paléontologique des Formations maastrichtiennes et paléogènes des secteurs de Garadaoua et de Garadoumé (région de Tahoua, centre-sud du Niger) a permis de mettre en évidence au niveau des six (6) falaises étudiées: les Formations d'Alambanya, de Farin Doutchi, d'In Wagar, de Garadaoua et du Continental terminal 1. Ces différentes Formations ont été subdivisées, chacune, en deux ou plusieurs membres.

Les associations de fossiles (macro et micro) de gastéropodes, d'oursins, de nautilus, de bivalves de foraminifères indiquent que les Formations de Farin Doutchi, d'In Wagar et de Garadaoua se sont mises en place dans un milieu marin. La présence de l'espèce de foraminifères benthique *Ranikothalia bermudezi* suggère un âge Paléocène supérieur de la Formation de Garadaoua. Tandis que la présence de l'espèce d'oursin *Linthia sudanensis* indique un environnement de dépôt de type mer épicontinentale.

La présence des oolithes de types  $\alpha$ ,  $\gamma$  et des proto-oolithes dans la Formation continentale de l'Ader Doutchi (Ar ou Ct1) caractérise un milieu agité, ayant subi plusieurs phases, d'oolithisation.

## REFERENCES

- [1] M. Dikouma, J. Lang, and A. Pascal, "Transgression Maastrichtiennes et paléogènes dans le bassin des lullemeden (Niger), " Newsl. Stratigr, 29 (2). Berlin. Stuttgart, pp. 105-124p, 1993.
- [2] K. Laouali Idi, A. Sani, and M. Konaté, "Analyse Du Remplissage Sédimentaire De La Partie Centrale Du Bassin Des lullemeden (Niger Central) Pendant La Période Allant Du Crétacé Supérieur Au Paléocène-Yprésien Et Transgressions Associées, " European Scientific Journal, ESJ, 17 (29), 16, 2021.
- [3] C. Monciardini, "Etude micropaléontologique de la série marine crétacé-tertiaire du bassin des lullemeden, principalement dans la subdivision de Ménaka (Soudan occidental), " Rap. BRGM, inédit, 14 p, 1959.
- [4] J. Greigert, "Description des Formations crétacées et tertiaires du bassin des lullemeden (Afrique occidentale), " -Pub. Direct. Mines et Géol. Niger, 2 et Mém. BRGM, 32, 234 p, 1966.
- [5] J. Greigert, and R. Pognet, "Carte géologique de la république du Niger au 1/2.000, " BRGM ed. Paris, France, 1965.
- [6] J. Greigert and R. Pognet, "Essai de description des Formations géologiques de la république du Niger, " B.R.G.M., n°46, 238p, 1967.
- [7] H. Dubois, "Etude géologique des Formations Oolithiques ferrugineuses du bassin des lullemeden (République du Niger), " Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université de Niamey et d'Orléans, 123p, 1979.
- [8] K. Alzouma, "Etude pétrologique de la série sédimentaire tertiaire du bassin de Malbaza (Niger), " Thèse spécialité, Univ. Orléans-Niamey, 159 p, 1982.
- [9] K. Alzouma, "Fluctuations du niveau marin au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque dans le bassin intracratonique des lullemeden (Niger, Afrique Occidentale). Biochronologie et dynamique des corps sédimentaires, " Thèse de Doctorat d'état, Université de Niamey, 330 p, 1992.
- [10] D. Dubois and J. Lang, "Étude lithostratigraphique et géomorphologique du Continental terminal et du Cénozoïque inférieur dans le bassin des lullemeden (Niger), " Bulletin de l'I.F.A.N., t 43, série A, n° 1-2,42p, 1981.
- [11] L. Boudouresque, "Contribution de la paléopalynologie à la reconstitution floristique, stratigraphique et paléogéographique de la bordure occidentale du bassin des lullemeden au Crétacé supérieur et au Paléocène (Niger et Mali, Afrique de l'Ouest), " Thèse spécialité, Univ. Orléans-Niamey, 285p, 1980.
- [12] L. Boudouresque, D. Dubois, J. Lang, and J. Trichet, "Contribution à la stratigraphie et à la paléogéographie de la bordure occidentale du bassin des lullemeden au Crétacé supérieur et au Cénozoïque (Niger et Mali, Afrique de l'Ouest), " Bull. Géol. Fr (7) 24, n°4, 685-695p, 1982.
- [13] M. Hanon, "Cartes géologiques au 1/100.000 de l'Ader Doutchi (16 feuilles), " DRGM Niger. AGCD Belgique, 1984.
- [14] Y. J. C. Bellion, "Histoire géodynamique post-paléozoïque de l'Afrique de l'Ouest d'après l'étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudéni, lullemeden, Tchad), " Thèse Univ. Avignon, 296 p, 1987.
- [15] M. Dikouma, "Fluctuations du niveau marin au Maastrichtien et au paléocène dans le bassin intracratonique des lullemeden (Ader-Doutchi, Niger), " Thèse Doctorat. Univ. Dijon-Niamey, 272 p, 1990.
- [16] K. Laouali Idi, "Études sédimentologique, paléontologique, paléogéographique et structurale des dépôts d'âge maastrichtien à yprésien du bassin des lullemeden (Niger central), " Thèse de doctorat Unique, Université de Niamey, 131p, 2020.
- [17] K. Laouali Idi and M. Konaté, "Extraction de réseaux de fractures en milieu sédimentaire par les techniques de la télédétection intégrant une analyse statistique et structurale: cas des Formations méso-cénozoïques du bassin des lullemeden, Niger Central, " Afrique Science 15 (5) (2019) 39 – 53.15p, 2019.

- [18] K. Laouali Idi, M. Konaté, and A. Sani, "Geochemical Study of the In Wagar and Garadaoua Formations of the lullemeden Basin in South Central Niger (West Africa): Nature of the Sediments, Paleoclimatic Conditions and Paleoalteration of Source Rocks, " *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS) – Volume-7, Issue-8, August 2021* ISSN: 2395-3470, 2021.
- [19] C. Kilian, "Des principaux complexes continentaux du Sahara, " *C.R. Soc.géol.Fr.*, pp. 109-111, 1931.
- [20] F. Joulia, *Carte géologique de reconnaissance de la bordure sédimentaire occidentale de l'Air au 1/500.000*. Editions du BRGM, Orléans, France, 1965.
- [21] C. A. Kogbe, and J. Lang, "Upper Cretaceous and Paleogene marine fluctuations in the sub-Saharan intracratonic lullemeden basin, " *Africa Geoscience Review*, 1 (2/3), 1 – 5, 1994.
- [22] B. Mathey, J. Lang, K. Alzouma, and C. Pierre, "Nouvelle interprétation des premiers mouvements marins du Crétacé supérieur dans la partie orientale du Bassin des lullemeden (Niger, Afrique de l'Ouest), " *15ème Coll. Géol. afr. Nancy. Pub. occas.*, p. 104, 1990.
- [23] K. Alzouma, "Fluctuations du niveau marin au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque dans le bassin intracratonique des lullemeden (Niger, Afrique Occidentale), " *Africa Geoscience Review*, Vol. 1, No. 2. Univ. Dijon-Niamey, pp. 131-281, 1994.
- [24] Miko, "Dynamique sédimentaire des Formations détritiques et ligneuses du continental terminal dans les Bassin des lullemeden (Niger), " *Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université de Niamey et de Dijon*, 328 p, 1999.
- [25] S. W. Petters, "Maastrichtian-Paleocene foraminiferal from North-West Nigeria and their paleogeography, " *Acta Paleontologica Polonica*, 23, n°2, 131-152, 1978.
- [26] R. A. Reymont and R. V. Dingle, "Paleogeography of Africa during the cretaceous period, " *Pal. Pal. Pal.* 59, n°1-2, 93-116, 1987.
- [27] C. Meisters, K. Alzouma, J. Lang, B. Mathey, and A. Pascal, "Les ammonites du Niger (Afrique occidentale) et la transgression transsaharienne au cours du Cénomano- Turonien, " *Géobios*, n°25, fasc. 1, pp. 55-100, 1992.
- [28] J. Bertrand-Sarfati, J. Fabre, and A. Moussine Pouchkine, "Géodynamique des aires sédimentaires cratoniques: quelques exemples sahariens, " *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine*, 1,1, 217-231, 1977.
- [29] H. Faure, "Reconnaissance géologique des Formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger oriental, " *Editions du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, publication N°1, 630p, 1966.
- [30] A. K. I. Fatiou, M. Konaté, S. Yessoufou, C. L. G. Adissin, M. Heckmann, and H. Saley Garba, "Geology, Mineralogy and Geochemistry of the Oligocene oolitic iron ore of the Kandi Basin Continental Terminal Formation (North-East Benin, South-West Niger), " *Scientific Research Publishing, International Journal of Geosciences*, 10, 491-512p, 2019a.
- [31] A. K. I. Fatiou, M. Konaté, C. L. G. Adissin, S. Yessoufou, M. Tossou, M. Heckmann, and H. Saley Garba, "Etude préliminaire du contenu sporo-pollinique et caractérisation des grès ferrugineux de la Formation du Continental terminal, Bassin de Kandi (Nord-est Bénin), " *European Scientific Journal*, Vol. 15, N°24, ISSN: 1857 – 7881 (Print) e – ISSN 1857 – 7431, 2019b.
- [32] G. Carbonnel, K. Alzouma, and M. Dikouma, "Les ostracodes paléocènes du Niger, Taxonomie, un témoignage éventuel de l'existence de la mer transaharienne ?, " – *Géobios*, 23: 685 – 695, (1990).