

## Analyse pétrosédimentaire des dépôts maastrichtiens et paléocène-yprésiens de la région de Kao et indices de minéralisations phosphatées (Région Tahoua, Niger Central)

### [ Petrosedimentary analysis of maastrichtian and paleocene-ypresian deposits in the Kao region and indices of phosphate mineralization (Tahoua Region, Central Niger) ]

*Aguede Komi, Aminou A. Maâzou, Hassane Bouba, Tourba Kamaye, and Ahmed Yacouba*

Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Géologie: Eaux Souterraines et Géoressources, BP 10662, Niamey, Niger

Copyright © 2024 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:** This study concerns the south-central part of the lullemeden intracratonic basin. The main objectives of the study were sedimentological analysis of the various facies and preliminary description of the nodules bearing phosphate mineralization in the Agougaran sector (Kao area, northern Ader Doutchi). The phosphate-bearing rocks are phospharudites. These occur as nodules of variable size and morphology. The phosphate nodules are hidden in the marl limestones or in attapulgitic schists of the Barmou Member. Attapulgitic schists contain the highest concentrations of nodules bearing phosphate mineralization. In the mineralized levels, nodules are either scattered or organized in layers or beds. The faunal association of the Barmou Member, which encases in the mineralized nodules, is made up of nautilus, bivalves, sea urchins, gastropods, foraminifera and ostracods. This faunal association testifies to the emplacement of phosphate mineralization-bearing deposits in a confined marine environment.

**KEYWORDS:** lullemeden basin, phosphate nodules, Dinosaurs, Garadaoua.

**RESUME:** Cette étude a été réalisée dans le centre sud du bassin intracratonique des lullemeden. Les principaux objectifs de cette étude ont consisté à l'analyse sédimentologique des différents faciès et à la description des nodules porteurs des minéralisations phosphatées du secteur de Agougaran (région de Kao, Ader Doutchi nord). Les roches porteuses des minéralisations phosphatées sont des phospharudites. Ces derniers se présentent sous forme de nodules de taille et de morphologie variables. Les nodules phosphatés sont dissimulés dans les marno-calcaires ou dans les schistes à attapulgitiques du Membre de Barmou. Les schistes à attapulgitiques renferment les plus fortes concentrations de nodules porteurs de minéralisations phosphatées. Dans les niveaux minéralisés, les nodules sont soit épars, soit organisés en couches ou lits. L'association faunique du Membre de Barmou, encaissant les nodules minéralisés, est constituée de nautilus, de bivalves, d'oursins, de nautilus, de gastéropodes, de foraminifères et d'ostracodes. Cette association faunique témoigne d'une mise en place, des dépôts porteurs des minéralisations phosphatées, dans un environnement marin confiné.

**MOTS-CLEFS:** Bassin des lullemeden, Nodules phosphatés, Dinosaures, Garadaoua.

## 1 INTRODUCTION

Les premiers indices de phosphates sont signalés dans le bassin des lullemeden par Monod [1], dans la vallée du Tilemsi au Mali, dans les assises du Paléocène supérieur ou de l'Yprésien. Au Niger un horizon de coprolithes phosphatés de 10 à 15 cm de puissance a été décrit dans la coupe de l'Éocène à proximité de la localité de Barmou au Nord-Est de Tahoua [1], à la base d'une séquence d'argiles vertes papyracées surmontant les calcaires marneux, fossilifères.

Les épisodes de phosphatogenèse réalisés dans le centre du bassin des lullemeden correspondent à deux événements bien localisés et limités dans le temps [1]: Le premier, de faible importance, prend place au tout début du Danien (aujourd'hui reconnu comme

base du Thanétien) et consiste en la formation de granules de phosphates associés à des tests de bivalves et à de la pyrite dans la partie basale des séquences marneuses de cet étage. Le deuxième épisode, d'une plus grande ampleur, consiste en niveaux ou nappes de nodules phosphatés inclus dans les argiles et sables de l'Yprésien, surmontant la dalle de calcaire à *Linthia Sudanensis* (site d'Innakeur, Gaoye, Nord immédiat de Tahoua). Ces deux épisodes coïncident chacun avec l'amorce d'une transgression marine [1]. Le support lithologique des concentrations phosphatées est constitué dans les deux cas des argiles à attapulгите [1].

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 [1], [2], [3], [4]. Par la suite, les recherches se sont poursuivies par les études réalisées par [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Des travaux plus récents ont été effectués dans la l'Ader Doutchi par [8], [15], [16], [17], [18]. La sédimentation du bassin des lullemeden 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 [10].

Les travaux antérieurs ont porté essentiellement sur le contexte géologique général sans mettre l'accent sur la typologie des nodules porteurs des minéralisations phosphatées. L'objectif de cette étude préliminaire est de réaliser des études sédimentologiques des différents faciès de la coupe de Agougaran (Fig. 1.) et la description pétrographique de quelques nodules phosphatés récoltés dans la région étudiée.

## 2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La zone d'étude correspond à la partie centrale du bassin des lullemeden (Fig. 2.), située dans la partie Nord Est de la région de Tahoua (Fig. 1.). Elle correspond au Département de Tchintabaraden. Ce dernier fait partie intégrante de la province géologique de l'Ader Doutchi, dans sa partie nord. La coupe sédimentologique levée est localisée au point de latitude 15° et 16° Nord et de longitude 5° et 7° Est (Fig. 1.).

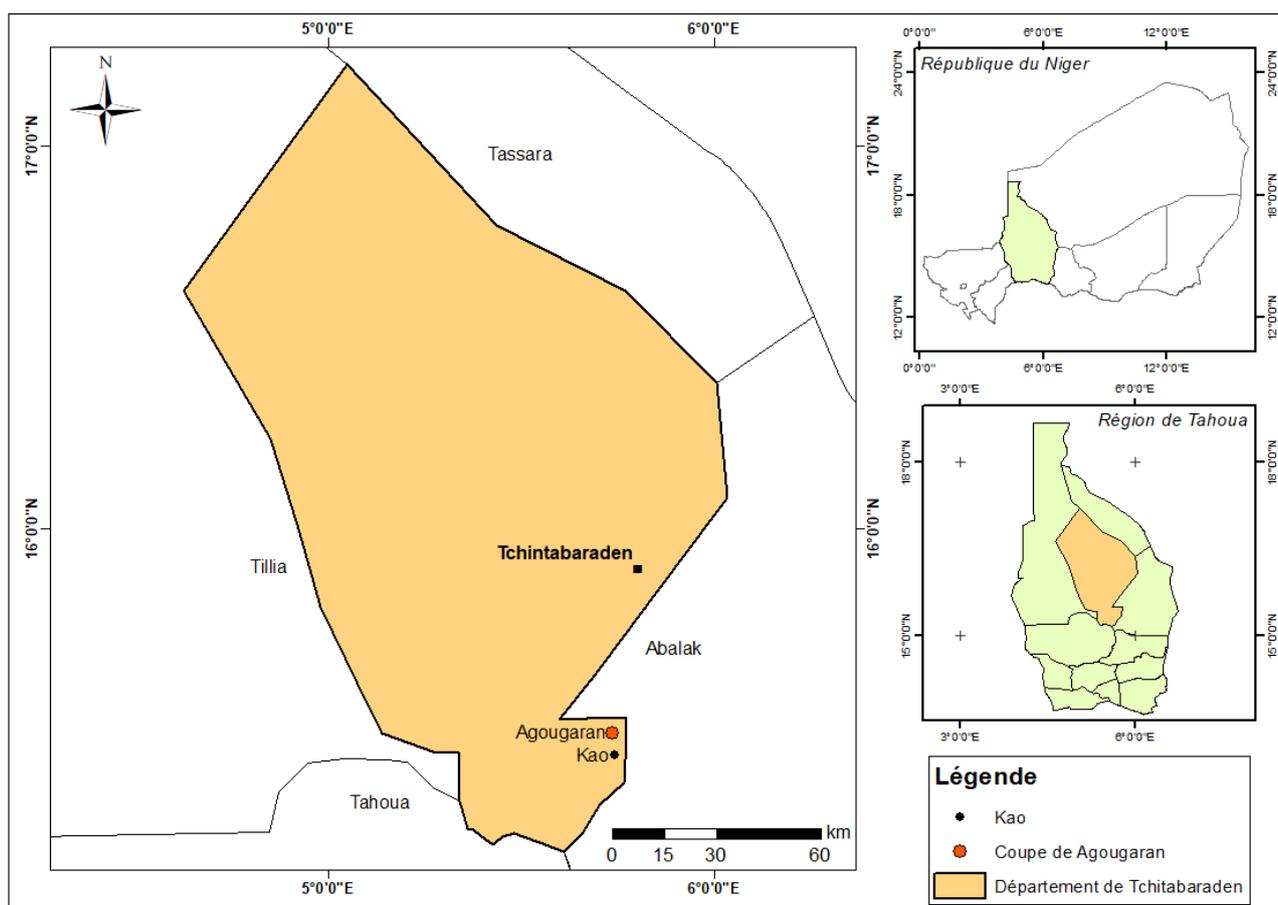


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude et de la coupe sédimentologique de Agougaran

### 3 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

#### 3.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL ET LOCALE

Le bassin des lullemeden est un vaste bassin intracratonique ouest-africain qui occupe la quasi-totalité du Niger occidental, une partie des territoires du Mali au Nord-Ouest, de l'Algérie au Nord, du Bénin et du Nigéria au Sud (Fig. 2.). La zone d'étude fait partie intégrante du bassin des lullemeden (Fig. 2.). Les premières études, au niveau local, ont été réalisés par [1], [3], [10], [12].

La colonne lithostratigraphique du bassin des lullemeden comporte des formations sédimentaires se reposant sur le socle précambrien allant du primaire au tertiaire. Il s'agit des: (i) Séries dévono-carbonifères du sous-bassin de Tim Mersoï; (ii) Séries continentales paléo-mésozoïques: Séries du Continental intercalaire (Permien au Cénomaniens inférieur) et Séries du Continental hamadien (Crétacée supérieur) et (iii) Séries marines (Cénomaniens supérieur à Éocène inférieur); et (iv) Série Éocène à Miocène du Continental terminal.

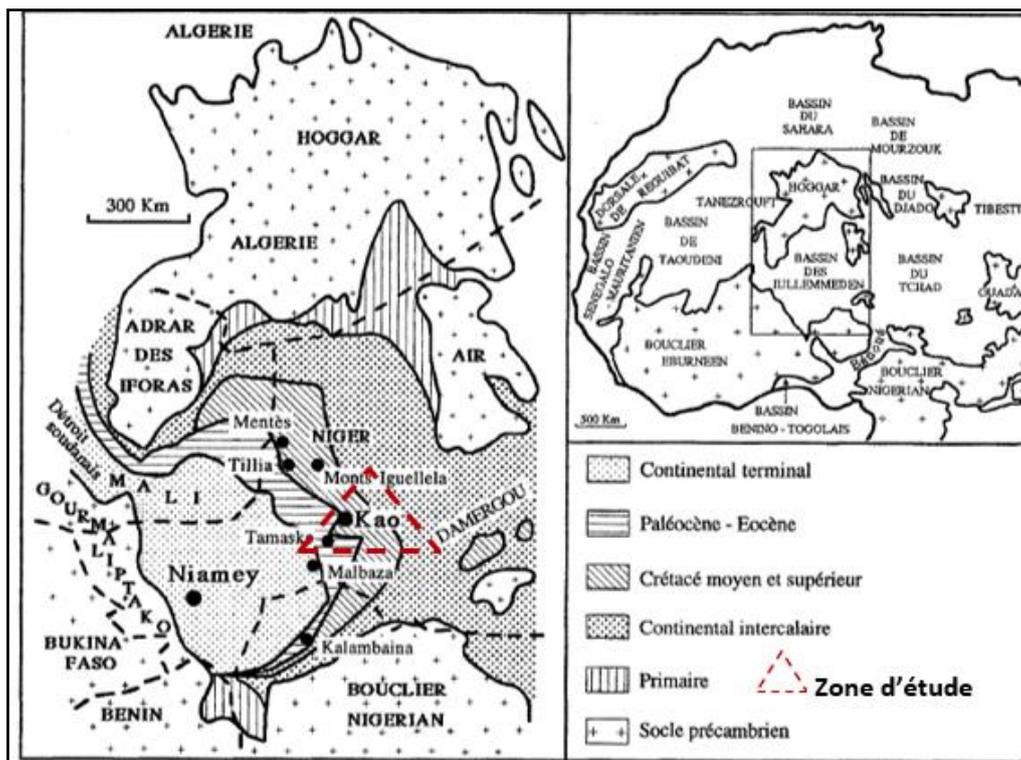


Fig. 2. Carte géologique simplifiée du bassin des lullemeden montrant la localisation de la région d'étudiée [5]

Dans le secteur de Kao, les formations sédimentaires affleurantes vont de la formation maastrichtienne de Farin Douchi à la formation Yprésienne à Miocène Continental terminal 1 (Ct<sup>1</sup>). Deux formations attribuées au Crétacé supérieur marquent la base des levés de terrain. Il s'agit des formations de Farin Douchi et d'In Wagar. Elles sont constituées de sables, de silts et d'argiles. Des bancs d'oolithes ferrugineux apparaissent sous forme de lentilles interstratifiées. Il s'agit des dépôts marins côtiers à marins lagunaires [15]. La partie médiane de la colonne est représentée par la formation Paléocène-Yprésienne de Garadaoua. Cette formation dernière est constituée de calcaires plus ou moins marneux, encadrés par des schistes papyracés mis en place dans des milieux marins à marins confinés. Le sommet de la colonne correspond à la formation de l'Ader Douchi ou, d'âge Yprésien à Miocène, riche en matériaux ferrugineux (grès, argiles, silts, oolithes). Cette formation est désignée sous le terme Série sidérolitique ou le Continental terminal 1 (Ct<sup>1</sup>) [1], [3], [10], [18].

#### 3.2 PALÉOGÉOGRAPHIE DE LA ZONE D'ÉTUDE

Au Crétacé supérieur, le golfe mésogéen existant déjà à l'Est de l'Aïr pénètre dans le Niger occidental (Fig. 3.). Il est à l'origine de la mise en place des séries sédimentaires où s'alternent des dépôts marins (calcaires et marnes plus ou moins gréseux à faunes mésogéennes de mers chaudes épicontinentales) et des dépôts subcontinentaux (argillites et grès riches en végétaux et en restes de vertébrés) [5] (Tableau 1.).

Tableau 1. Comparaison des transgressions méso-cénozoïques dans le bassin des lullemmenden

Systèmes	NIGER									
	Greigert (1966)		Greigert et Pougnet (1967)		Dikouma <i>et al.</i> (1993)		Laouali-Idi 2020			
Pliocène Miocène	Continental terminal				Formation de Birni N'Konni		Grès ferrugineux Ct <sup>1</sup> )			
Eocène (Yprésien)			Continental terminal	Grès argileux du moyen Niger Argiles et sables à lignites Argiles et grès ferrugineux et latérites de l'Ader Doutchi		Formation de l'Ader Doutchi		Schistes papyracés Marnes Schistes papyracés	T6	
	Schistes papyracés									
Paléocène	Calcaires et marnes		T5	Schistes papyracés à <i>Lockhartia</i> et calcaires et marnes blanches à <i>Operculonoides (Ranikothalia)</i>		Formation de Gandoua Membre de Barmou Membre de Tamaské Membre de Kao	Schistes papyracés		T5	
	Schistes papyracés								Calcaires et marnes Schistes papyracés	
Sénonien supérieur	Calcaires à <i>Libyoceras</i>		T4	Grès fins de "Upper Sandstones"		Formation d'In Wagar		T5	T4	
	Grès et argiles									
	Calcaires à <i>Libyoceras</i>		T3	Marnes et calcaires des "Mosasaurus shales" Grès fins de "Lower sandstones"		Formation de Farin Doutchi		T4	T3	
Grès et argiles										
Sénonien inférieur et moyen	Calcaires marins et continentaux (attapulgite)				Calcaires et argiles vertes de Zakak		Séries sénoniennes			
Turonien supérieur	Série des calcaires blancs		Argiles calcaires (attapulgites)		Calcaires blancs		Formation des calcaires blancs			
Turonien inférieur	Série des Monts Iguellala	Calcaires à <i>Nigericeras</i>	T2	Grès et argiles glauconieux de Monts Iguellala	à <i>Nigericeras</i>		Formation des Monts Iguellela	T3	Calcaires à <i>Nigericeras</i>	T2
		Calcaires à <i>Neolobites</i>	T1		à <i>Neolobites</i>			T2	Calcaires à <i>Neolobites</i>	T1
Céno-manien inférieur	Groupe de Tégama							T1		

Les transgressions (5 à 6) (Fig. 3.) marines depuis le Céno-manien-turonien à l'Yprésien dans le bassin des lullemmenden font encore l'objet de débats [3], [5], [12], [19] et [20]. Les formations levées dans le cadre de cette étude ont été déposées par les deux dernières transgressions. La minéralisation phosphatée est portée par la dernière transgression (transgression du Paléocène supérieur-Yprésien) dans le bassin des lullemmenden (Fig. 4.).

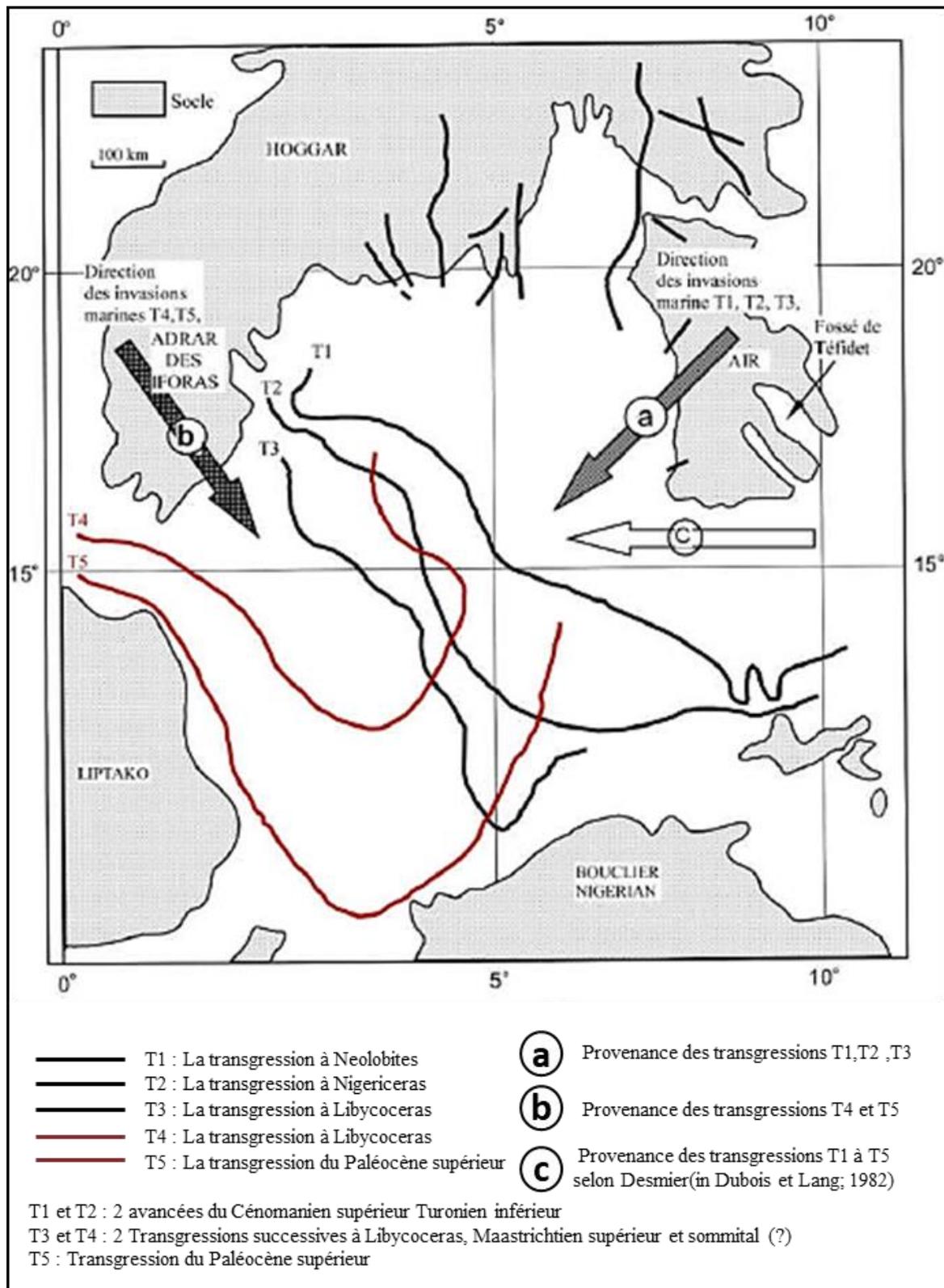


Fig. 3. Paléogéographie des transgressions marines depuis le Cénomanién Supérieur jusqu'à l'Yprésien [3], [18], [19]

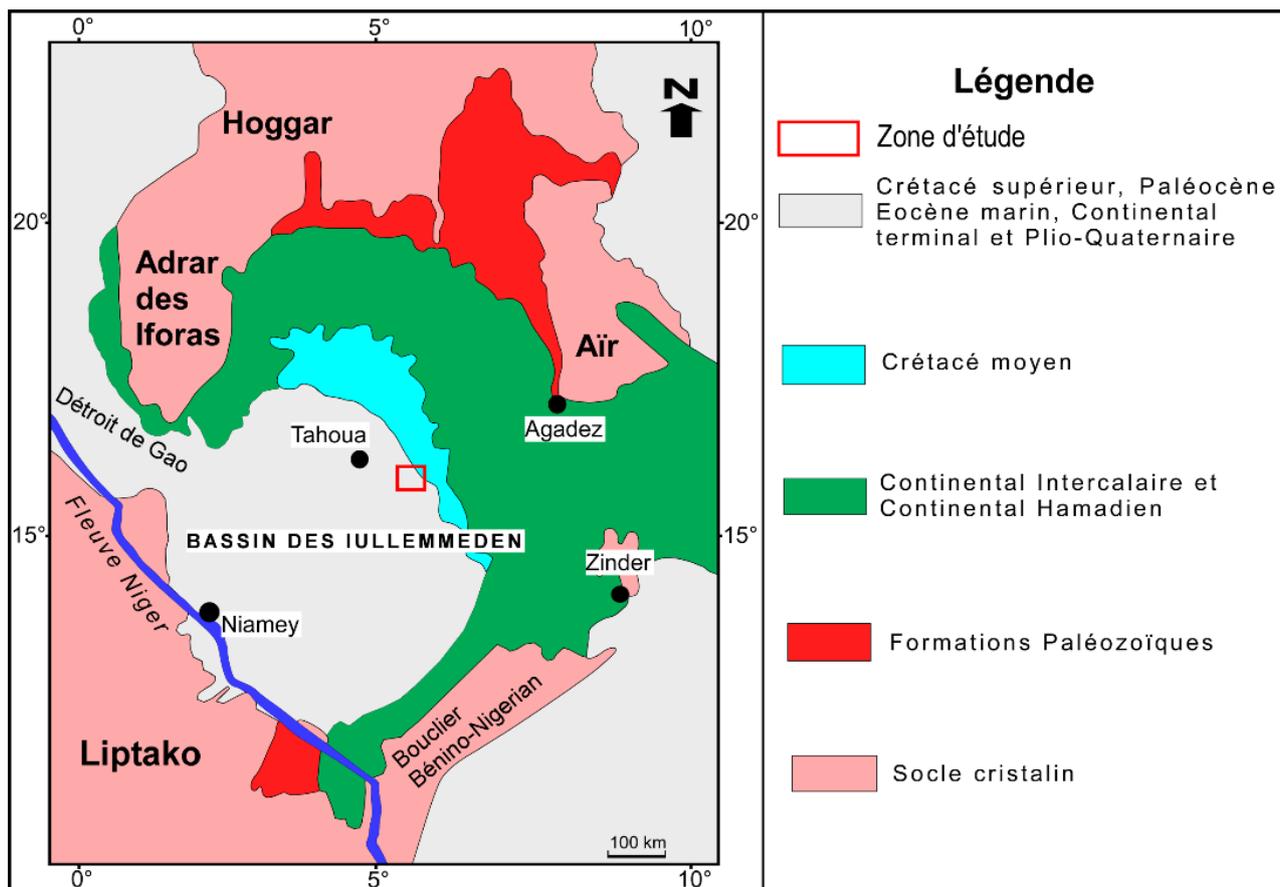


Fig. 4. Carte géologique simplifiée du bassin des Iullemeden montrant la localisation de la zone d'étude (extraite de [1], Modifiée)

#### 4 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

La méthodologie mise en œuvre, au cours de cette étude, est basée sur les travaux de terrain et de laboratoire:

- Les travaux de terrain: les travaux de terrain ont consisté à la description des différents affleurements et aux prélèvements des échantillons dans le secteur de Agougaran
- Les travaux de laboratoire: après l'analyse morphoscopique des différents échantillons à la loupe binoculaire, 25 lames minces de roches et de nodules phosphatés ont été confectionnées. Les analyses des lames ont été réalisées au microscope polarisant

#### 5 RÉSULTATS

##### 5.1 DESCRIPTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE

La coupe sédimentologique de Agougaran (Fig. 11.) a été levée à proximité du village de Agougaran (Fig. 5.). Elle débute au point de latitude N 15°28'7,1" et de longitude E 05°44'7.5" (Fig. 5.). Son sommet se trouve au point de latitude N 15°28'32.7" et de longitude E 05°44'28.9" (Fig. 5.).



**Fig. 5.** Localisation de la coupe sédimentologique réalisée dans le secteur de Agougaran (Extrait de Google Earth 2023)

La compilation des levés des différents affleurements a permis de réaliser la coupe sédimentologique synthétique de la zone d'étude. La coupe de Agougaran ou Agougaran Agadé a une puissance d'environ 102 m. La coupe réalisée comprend 4 ensembles sédimentaires. Ces derniers sont formés d'un ou de plusieurs faciès. De la base au sommet, il s'agit de la:

#### 5.1.1 FORMATION ARGILO-SABLEUSE DE FARIN DOUTCHI

L'observation des affleurements de la formation de Farin Doutchi a permis de dégager 3 faciès. De la base au sommet, il s'agit des faciès 1, faciès 2 et faciès 3 (Fig. 11.):

- Le **faciès 1**, d'une épaisseur d'environ 18 m (Fig. 6. a), il est constitué à sa base d'argiles silteuses de teinte bariolée (bleu, lie de vin, verte, jaunâtre), des argiles schisteuses bariolées 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. Le faciès 1 présente 3 niveaux. Le niveau de base est constitué en majorité d'argiles de couleur jaunâtre contenant des gypse dans les fractures. Ces dépôts présentent des tâches jaunâtres (Fig. 6. c) de natrojarosite ( $\text{Na Fe}_3 (\text{OH})_6 (\text{SO}_4)_2$ ) ou de jarosite ( $\text{K}^+ \text{Fe}^{3+}_3 (\text{OH})_6 (\text{SO}_4)^{2-}_2$ ). Le niveau médiant est constitué des argiles blanchâtres qui se débitent en plaquettes contenant du gypse dans les fractures et du gypse dendritique. Le sommet est constitué d'argiles feuilletées de couleur grise
- Le **faciès 2**, d'une épaisseur d'environ 16 m, est constitué d'argiles gréseuses ferrugineuses oolithiques (Fig. 6. d) présentant des alternances de niveaux grés-argileux, compacts
- Le **faciès 3** est constitué d'argilites compactes, plus ou moins schisteuses (Fig. 6. f). Les niveaux de base sont constitués de calcaires argileux de teinte bariolée (blanchâtre, rougeâtre, jaunâtre). Ces argiles sont riches en fossiles de lamellibranches, de foraminifères et d'oursins (Fig. 6.)

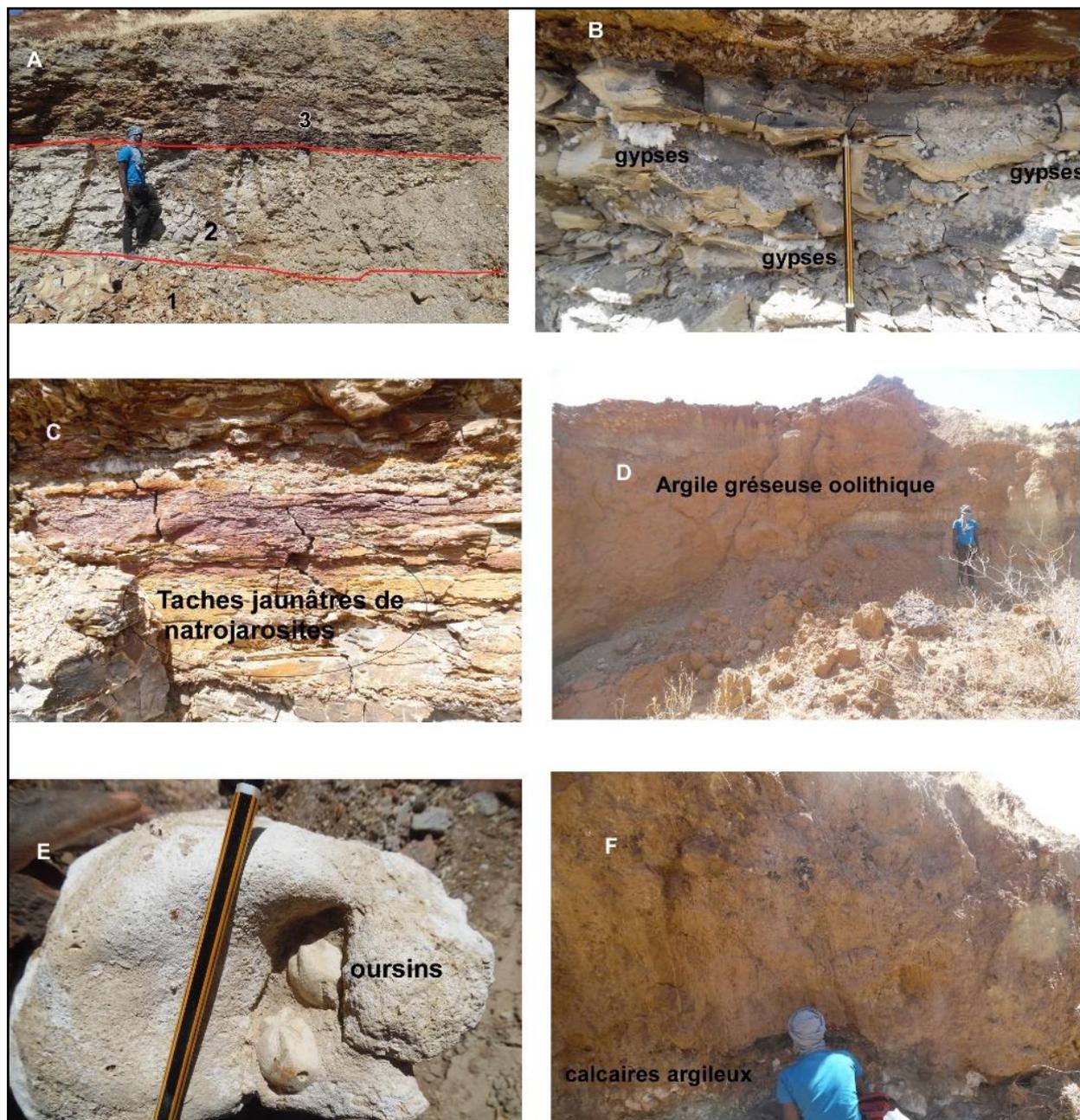


Fig. 6. Formation argilo-sableuses de Farin Douchi; E- fossiles d'oursins

### 5.1.2 FORMATION ARGILO-SABLEUSE D'IN WAGAR

Cet ensemble d'une épaisseur d'environ 17 m comprend 3 faciès (Fig. 11.):

- Le **faciès 4**, d'environ 11 m est constitué de sables argileux très consolidés (Fig. 7. a.1). Au niveau de certains affleurements, des argilo-siltites friables, de couleur grisâtre à jaunâtre et blanchâtre ont été observés. Ces dépôts sont limités, au sommet, par une surface durcie, constituée d'argilites sableuses, de couleur lie-de-vin
- Le **faciès 5**, d'une puissance d'environ 3 m. Il est constitué, à sa base par des grès argileux (Fig. 7. b) très fins (Fig. 7. a. 2), La partie médiane est représentée par une alternance de siltites argileuses et de sables à litages obliques plans. La partie supérieure, du faciès 5 est constituée d'argilites sableuses. Ces dépôts présentent des traces de terriers et de moulages de fossiles (Fig. 7. d). Localement, des ossements et des dents de vertébrés ont été observés
- Le **faciès 6**, d'une épaisseur qui varie entre 1 à 3 m, marque la limite supérieure de la deuxième falaise. Il est constitué d'une alternance de latérites (Fig. 7. e), sableuses et de grès ferrugineux argileux compacts (Fig. 7. a. 3). Ces dépôts, de couleur bariolée, sont localement très riches en nodules phosphatés ou ferrugineux



*Fig. 7. Différents affleurements de la formation argilo-sableuse d'In Wagar dans le secteur de Agougaran*

### 5.1.3 FORMATION ARGILO-CALCAIRE DE GARADAOUA

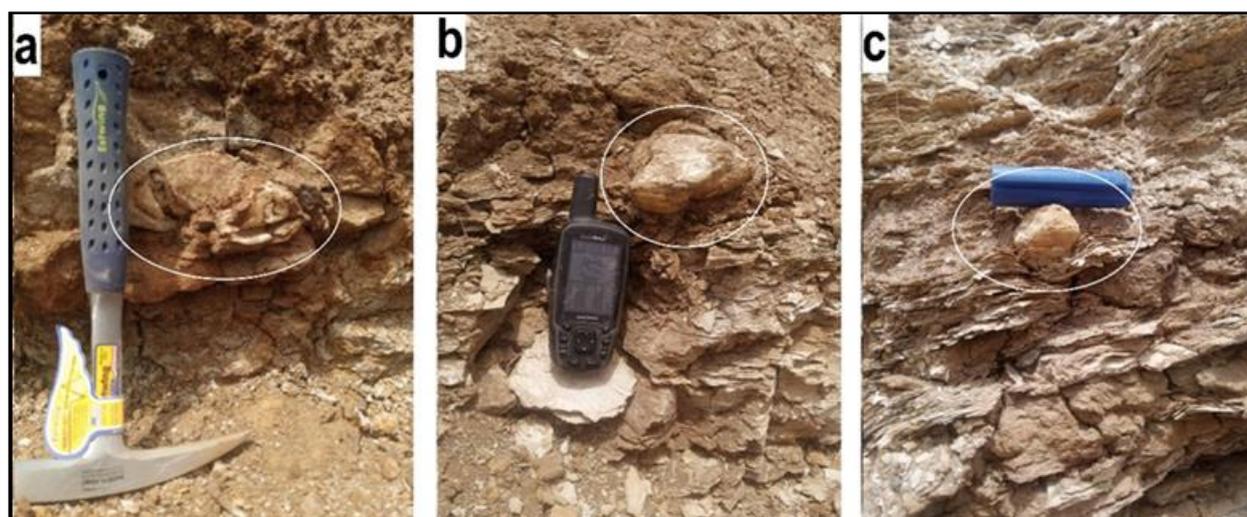
La formation argilo-calcaire de Garadaoua comprend 3 faciès (Fig. 11.):

- Le **faciès 7**, d'une épaisseur d'environ 3 m, est constitué de 2 niveaux. Un premier niveau d'environ 2 m est constitué d'argilites silteuses, plus ou moins, schisteuses ou compactes. Ces argilites de couleur bariolée sont recoupées par des fractures renfermant du gypse dendritique et de filonnets de gypse. Les fractures renfermant également de la poudre jaunâtre de natrojarosites ou de jarosites. Le second niveau d'environ 1 m de puissance est constitué d'argilites et de sables fossilifères. Le sommet, plus ou moins marneux, présente des poches de décalcification (Fig. 8. a)
- Le **faciès 8**, d'une puissance de 20 m (Fig. 8. c), est constitué de 2 niveaux. Le niveau de base d'environ 15 m est constitué de calcaires crayeux, noduleux et argileux. Ce faciès renferme des fossiles de foraminifères, gastropodes, d'oursins, de bivalves, de nautilus et d'huîtres. Au-dessus des calcaires noduleux, 8 bancs de calcaires francs séparés par des inter-bancs de calcaires argileux ont été identifiés



**Fig. 8.** Différents affleurements de la formation argilo-calcaire de Garadaoua dans le secteur de Agougaran; a- Membre de Kao, b- et d- moulage de fossiles; c- calcaires du Membre de Tamaské (1. Calcaires noduleux de base, 2. Alternance de bancs calcaires); e- calcaires crayeux dans le Membre de Tamaské; f- et g- niveau marno-calcaire du Membre de Barmou; h- fossiles de bivalves; i- restes de nautilus

- Le faciès 9 est constitué de 5 m de marnes gréseuses ferrugineuses à tendance conglomératique (Fig. 8. f et g) et d'argiles schisteuses. Les nodules phosphatés se localisent dans cette séquence argileuse (Fig. 9.). Les argiles qui emballent les nodules sont des attapulgités de teinte grise à brun-verdâtre. Ces nodules de taille et de morphologie variable, emballés dans les argiles, se libèrent facilement. Les nodules sont des phospharudites. Les niveaux marneux sont riches en fossiles de bivalves (Fig. 9. h), de foraminifères de gastéropodes, de nautilus et d'huîtres



**Fig. 9.** Nodules phosphatés dans la séquence argileuse de la formation de Garadaoua

5.2 GRES FERRUGINEUX À OOLITHES FERRUGINEUSES ET LATERITES DE LA FORMATION DE L'ADER DOUTCHI

- Le faciès 10, d'une puissance d'environ 10 m, ce faciès représente la formation de l'Ader Doutchi dans le secteur d'étude (Fig. 11.). Il est constitué à la base des argiles silteuses, latéritiques à oolithes ferrugineuses (Fig. 10. a). La partie supérieure est composée d'une alternance de bancs irréguliers constitués d'argiles kaoliniques ou latéritiques et de grès oolithiques ferrugineux (Fig. 10. b)



Fig. 10. Différents affleurements des grès ferrugineux de la formation de l'Ader Doutchi

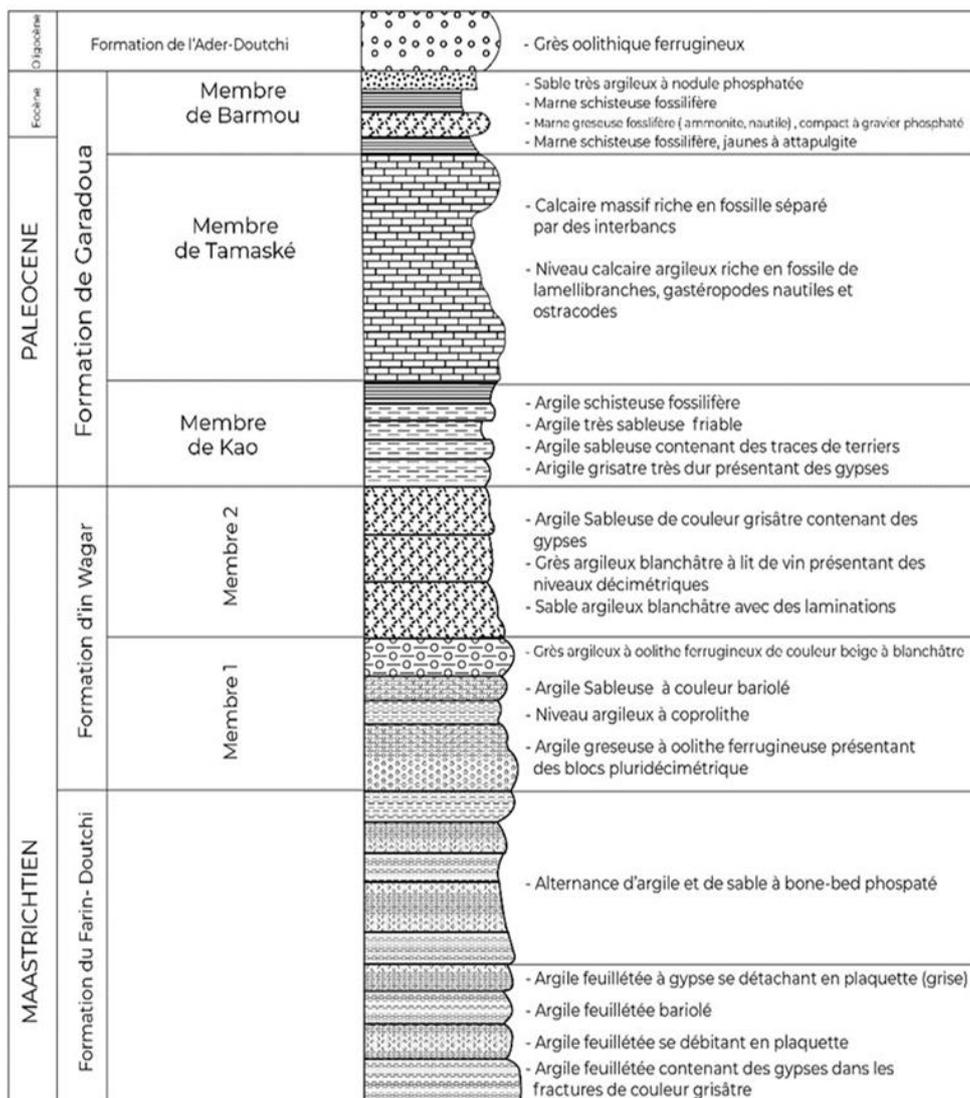


Fig. 11. Coupe sédimentologique synthétique du secteur d'Agougaran

### 5.3 ANALYSES DES NODULES PHOSPHATÉS

#### 5.3.1 DESCRIPTION MORPHOSCOPIQUE DES NODULES PHOSPHATÉS

La morphologie des nodules est pluridimensionnelle (Fig. 9. e et Fig. 12.): les plus petits ont environ quelques millimètres à plusieurs centimètres de diamètre (Fig. 12. a). Ils se présentent sous forme moulée dans les fossiles (Fig. 12. b et c) et sous forme de grains ou de baguettes (Fig. 12. a, c, d, et e). Les plus grands nodules sont sous forme de baguettes de plusieurs centimètres de longueur (Fig. 12. a et e).

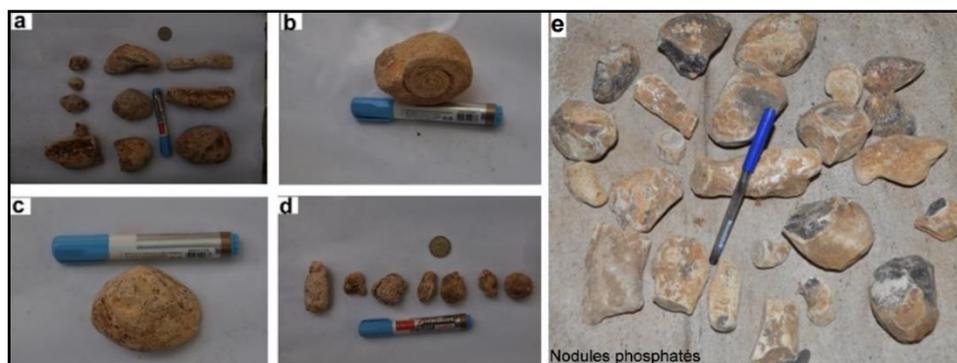


Fig. 12. Différents nodules phosphatés récoltés dans le Membre de Barmou (a, c, d, e et f), b fossile de nautilie

#### 5.3.2 DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES NODULES PHOSPHATÉS

Les microfossiles sont des indicateurs paléocéologiques des anciens milieux de vie. Les associations et la taphonomie permettent de caractériser les sédiments continentaux ou marins et de décrypter les conditions de dépôt. Sensibles aux variations des conditions physico-chimiques environnementales, ils présentent un grand intérêt en paléocéologie et pour les reconstitutions paléogéographiques. Les empreintes de bivalves, de gastéropodes, de brachiopodes et d'huîtres observées sur le terrain sont indicateurs d'un milieu marin. Les observations des lames mince (Fig. 13.) de nodules phosphatés ont montrées des microfossiles de foraminifères et d'ostracodes. Les marnes de la formation de Garadaoua renferment des foraminifères benthiques de l'espèce *Ranikothalia bermudezi*. Après le maximum transgressif qui correspond à la mise en place du Membre de Tamaské, un épisode régressif a entraîné le recul momentané de la mer associé à la mise en place du Membre de Barmou.

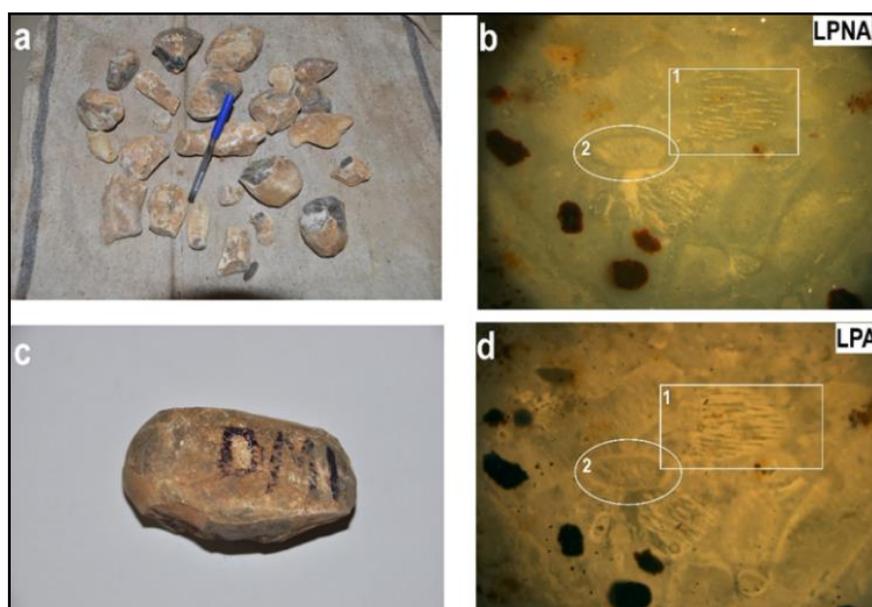


Fig. 13. Morphologie des nodules phosphatés de la région de Tahoua; a- et c prise de vue des nodules phosphatés; b- et d- microphotographies des nodules phosphatés montrant les microfossiles; a- et c nodules phosphatés récoltés dans les schistes papyracés et les marno-calcaires du Membre de Barmou b- et d- 1- restes de foraminifères, 2- ostracodes

## 6 DISCUSSION

Les observations de terrain ont concerné le secteur d'Agougaran. Les levés effectués sont similaires aux descriptions réalisées par les anciens auteurs [14], [18], des formations d'Alanbanya, de Farin Doutchi, d'In Wagar, de Garadaoua et du Continental terminal 1 (Ct<sup>1</sup>). La minéralisation phosphatée est essentiellement concentrée dans les argiles marneuses supérieures de la formation argilo-calcaire de Garadaoua, plus précisément dans le Membre de Barmou. Ces informations sont similaires aux descriptions réalisées par les anciens auteurs [3], [16]. La macrofaune (bivalves, gastéropodes, brachiopodes et huîtres) associée à la microfaune (foraminifères de l'espèce *Ranikothalia bermudezi* et ostracodes) observées dans les dépôts argilo-calcaires de la formation de Garadaoua dans le secteur de Agougaran confirment la nature marine des différents milieux de dépôts. Ceci est en accord avec les travaux les travaux de [3], [4], [5], [8], [14], [15], [16], [17] réalisés dans le bassin des lullemeden. L'espèce *Ranikothalia bermudezi* indique un âge paléocène supérieur. Le milieu de dépôt des nodules phosphatés (Membre de Barmou) est constitué de schistes papyracés. Ces dépôts sont associés à un épisode l'épisode régressif yprésien. Le niveau marneux renferme des bivalves, des foraminifères, des gastropodes, des nautilus, des huîtres et des ostracodes. Cette association faunique est identique à celle identifiée au cours des travaux de [16] dans la région de Malbaza. Des études récemment réalisées par [17] indiquent une association faunique similaire dans la formation de Garadaoua dans les secteurs de Garadaoua et de Garadoumé (Ader Doutchi sud).

## 7 CONCLUSION

L'analyse sédimentologique des différents faciès du secteur de Agougaran a permis de réaliser une coupe lithologique synthétique des dépôts d'âge Crétacé-tertiaires. L'association faunique observée sur le terrain est constituée de bivalves, de gastéropodes, de nautilus, d'huîtres et de brachiopodes. Les microfossiles identifiés sont en majorité des foraminifères associés à l'ostracofaune. L'analyse des macrofossiles et des microfossiles indique que les dépôts de la formation argilo-calcaire de Garadaoua ont été mis en place dans un milieu marin. Les fortes concentrations de nodules porteurs des minéralisations phosphatées ont été observées dans les niveaux marneux et dans schistes à attapulgite du Membre de Barmou. Les niveaux à minéralisations phosphatées ont été mis en place dans un environnement de type marin confiné.

## REFERENCES

- [1] J. Greigert and R. Pougnet, «Essai de description des Formations géologiques de la république du Niger, » B.R.G.M., n°46, 238p., 1967.
- [2] 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.
- [3] J. Greigert, «Description des Formations crétacées et tertiaires du bassin des lullemeden (Afrique occidentale), » –. Pub. Direct. Mines et Géol. Niger, 2 et Mem. BRGM, 32, 234 p., 1966.
- [4] J. Greigert, and R. Pougnet, «Carte géologique de la république du Niger au 1/2.000, » BRGM Ed. Paris, France, 1965.
- [5] M. Dikouma, J. Lang, and A. Pascal, «Transgression Maastrichtiennes et paléogènes dans le bassin des lullemeden (Niger), » Newsl. Stratigr, 29 (2). Berlin. Stuttgart, pp. 105-124, 1993.
- [6] 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.
- [7] K. Alzouma, «Etude pétrologique de la série sédimentaire tertiaire du bassin de Malbaza (Niger), » Thèse spécialité, Univ. Orléans-Niamey, 159 p, 1982.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] M. Hanon, «Cartes géologiques au 1/100.000 de l'Ader Doutchi (16 feuilles), » DRGM Niger. AGCD Belgique, 1984.
- [13] 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.
- [14] 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.

- [15] 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.
- [16] K. Laouali Idi, «Etudes 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] A. A. Maâzou, T. Kamayé, M. Konaté, K. Laouali Idi, H. Ibrahim Maharou, N. S. Mahaman Manzo, H. Ousmane, and D. Alzouma Amadou, 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), *International Journal of Innovation and Applied Studies*, ISSN 2028-9324 Vol. 37 No., pp. 702-715, 3 Oct. 2022.
- [18] I. Miko, Dynamique sédimentaire des formations détritiques et ligniteuses du Continental terminal dans le bassin des lullemeden (Niger). Thèse de Doctorat, université de Niamey / Université de Dijon, 324p., 1999.
- [19] C. A. Kogbe & J. Lang., Bassin intracratonique des lullemeden. *Afrique de l'Ouest. Africa géoscience Review*, vol. 1, n° 2/3, 6 p., 1994.
- [20] G. Favreau, Caractérisation et modélisation d'une nappe phréatique en hausse au Sahel: dynamique et géochimie de la dépression piézométrique naturelle du Kori de Dantiandou (Sud-ouest du Niger). Thèse de Doctorat, Univ. Paris Sud-Orsay, 271 p., 2000.