

Caractérisation pétrographique et sédimentologique des grès d'âge paléogène du bassin de Termit : bloc Agadem (Niger oriental)

Laouali IBRAHIM SARKI^{1*}, Bohari ABDU DODO¹, Moussa HAROUNA¹
Laboratoire de Géologie, Equipe Bassins sédimentaires et Géoressources, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, B.P. 10662 Niamey, Niger

RESUME

La présente étude portant sur la caractérisation pétrographique et sédimentologique des grès d'âge paléogène du bassin de Termit (Niger oriental), a pour objectif général de déterminer les environnements de dépôts des grès d'âge paléogène du bassin de Termit. Elle a pour objectifs spécifiques : (1) de déterminer la composition minéralogique de la formation ; (2) d'identifier les structures sédimentaires qui caractérisent les milieux de dépôts. La méthodologie mise en œuvre est basée sur la description pétrographique et minéralogique des échantillons de carottes et les lames minces issues de ses carottes. Cette description a été faite au moyen à l'œil nu au moyen de la loupe pliante binoculaire, au microscope optique et à balayage. La description minéralogique des unités réservoirs montre que le quartz est le minéral le plus abondant accompagné de feldspaths, de micas (muscovite), de fragments de roches. Tous les éléments figurés sont soudés entre eux par un ciment siliceux et argileux. Les stratifications horizontales à subhorizontales observées dans certaines unités réservoirs des prospectifs d'étude, caractérisent un dépôt du chenal du front deltaïque. Les grès à structures massives proviennent des dépôts de sable par les courants hyperpneux des crues fluviales et les courants turbiditiques subaquatiques.

Date of Submission: 28-12-2022

Date of Acceptance: 08-01-2023

I. INTRODUCTION

Le bassin de Termit est l'un des vastes bassins du Niger oriental se trouvant à cheval entre le bassin de Borno au Nigeria et le bassin de Doga-bangor au Tchad (Genik, s. d.-a, s. d.-b; Zanguina et al., 1998). Ce bassin fait partie du sous-système de rift de l'Afrique occidentale (WAS) (Genik, s. d.-b) et constitue avec le sous-système de rift de l'Afrique centrale (CAR), le grand système de rift occidental et central (WCARS) (Figure 1, Figure 2) (Genik, s. d.-a; Makeen et al., 2016; Wang et al., 2017). La formation gréseuse d'âge paléogène du bassin de Termit (Niger oriental) est la principale roche réservoir susceptible de contenir les hydrocarbures ou l'eau (Amadou et al., 2021; Garba et al., 2020; Hamada et al., s. d.). C'est une formation composée exclusivement des grès alternés à des bancs argileux d'épaisseur variable (Garba et al., 2020; Laouali, s. d.; Liu et al., 2019; Wang et al., 2017, 2017). La série sédimentaire est constituée par des grès et d'argiles marines et continentales dont l'épaisseur maximale de dépôt peut dépasser 12000 m (Figure 3) (Genik, s. d.-a; Li, 2021; Liu et al., 2019; Zanguina et al., 1998). L'analyse pétrographique des carottes, a permis de reconstituer les faciès sédimentaires et les environnements des dépôts de la formation paléogène, de déterminer la composition minéralogique et les différents aspects diagenétiques ayant impactés cette formation (Mohd Sumery et al., 2017; Zhao et al., 2020). L'analyse pétrographique des lames minces issues de la formation réservoir, au microscope optique et à balayage montre que cette formation est composée de éléments figurés et de ciments de nature variable. D'un point de vue structural ; le bloc Agadem est l'un des systèmes de Graben d'âge Crétacé inférieur-pliocène du bassin de Termit. Ce bassin est tectoniquement caractérisé par deux séries des failles : les failles précoces d'orientation NW-SE, formées au début Crétacé et les failles tardives d'orientation NNW-SSE, formées au Paléogène (Zhou et al., 2017 ; Lai et al., 2018 ; Liu et al., 2019). D'un point de vue structural, le bassin de Termit (Agadem) est divisé en dix (10) unités structurales majeures (Liu et al., 2019 ; Lai et al., 2020) : Dépression de Moul ; Dépression de Dinga ; Pente est de Trakes ; Pente ouest de Yogou ; Zone de Faille de Dinga ; Plateforme d'Iaguil ; Graben d'Araga ; Plateforme orientale ; Plateforme occidentale ; Soulèvement de Fana (Figure 2)

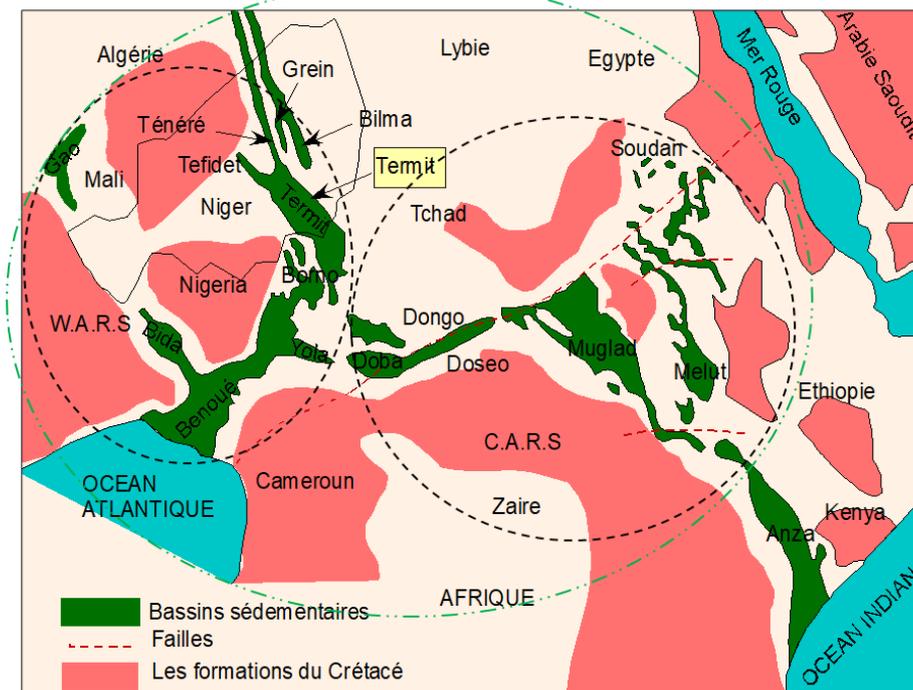


Figure 1 : Grand système de rift de l'Afrique occidentale et centrale (WCARS) avec localisation du sous-système occidental (WAS) et central (CAS) (Genik, s. d.-b).

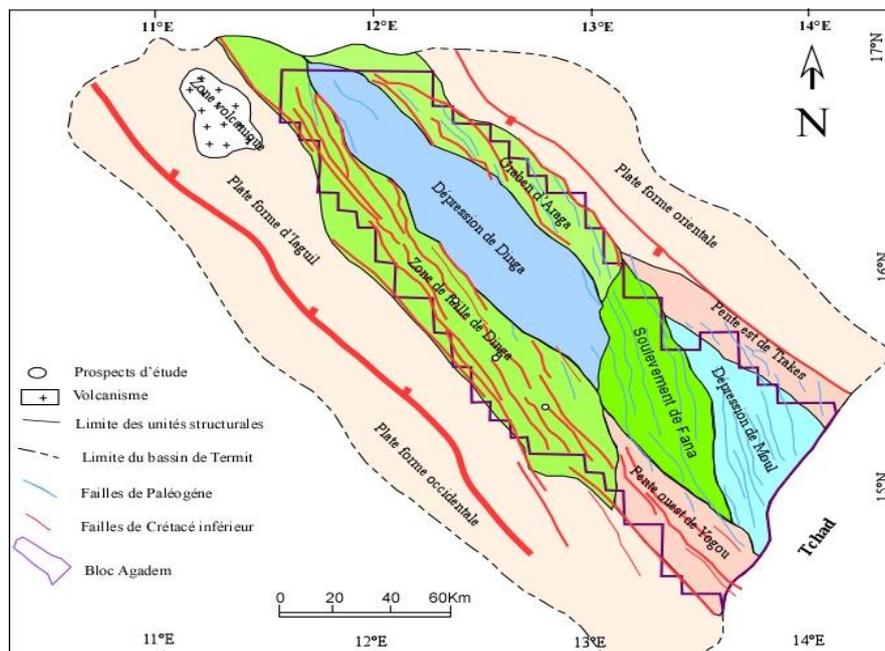


Figure 2 : Bassin de Termit et ses unités structurales du bassin de Termit Unités structurales du bloc Agadem (Genik, 1993 ; Wan *et al.*, 2014 ; Lai *et al.*, 2018 ; Liu *et al.*, 2019)

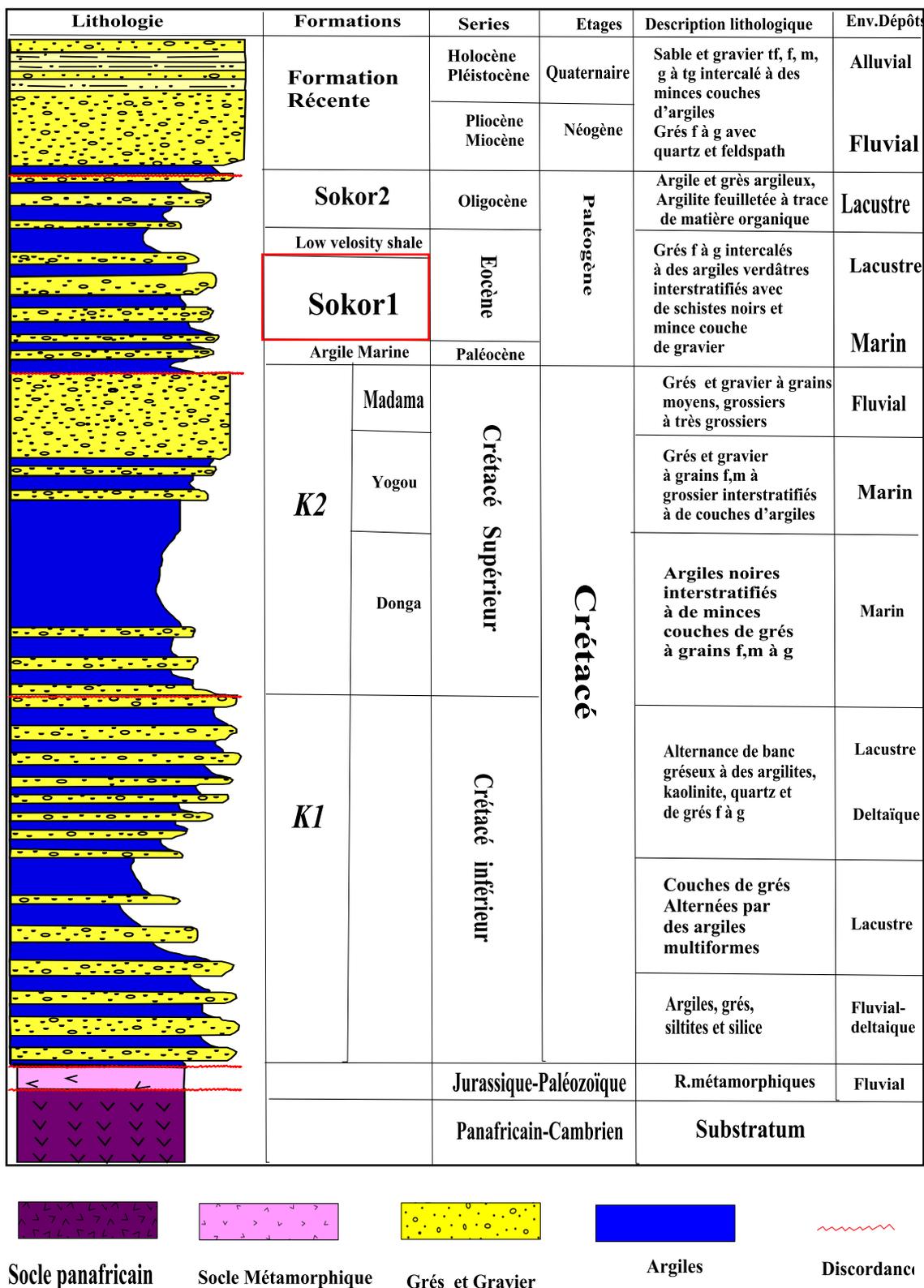


Figure 3 : Colonne litho-stratigraphique du bassin de Termit(Genik, s. d.-a)f : fin ; g : grossier ; tg : très grossier ; R : roche, tf : très fin, m : moyen.

II. MATERIEL ET METHODES

Les carottes prélevées dans la formation réservoir du bassin de Termit, ont été conservées dans les caisses à la Cellule de Documentation Pétrolière du Niger (CDP) (**Figure 4**). L'échantillonnage des carottes à la Cellule de Documentation Pétrolière s'effectue de manière suivante : Prélèvement de l'échantillon à l'aide du marteau pour concasser les roches consolidées, Observation à la loupe des différents éléments figurés dans l'échantillon dans le prélèvement, Marquage de la profondeur d'échantillonnage à l'aide d'un marqueur, Plastification et étiquetage des échantillons prélevés. Les échantillons de carottes prélevés ont fait l'objet d'une analyse macroscopique qui consiste à l'observation et à la reconnaissance des éléments constitutifs de la roche à l'œil nu et à la loupe pliante de grossissement : x10 Lentille : (Ø : 27mm). Les critères de reconnaissance de la roche à étudier sont basés sur l'aspect, la couleur, la texture, la composition minéralogique, la classification et le test à l'acide chlorhydrique (HCL). A l'issue de cette analyse un nom est attribué à la roche. Pour caractériser les grès, la vérification des éléments constitutifs (détritiques) dont la taille des grains est comprise entre 63 µm et 2 mm par granulométrie est nécessaire afin d'apprécier leurs paramètres sédimentologiques. Cette analyse est complétée par l'observation microscopique qui est plus descriptive et analytique. La microscopie optique et la microscopie électronique à balayage ont fait l'objet de cette analyse afin d'observer les différentes lames minces et sections polies confectionnées.

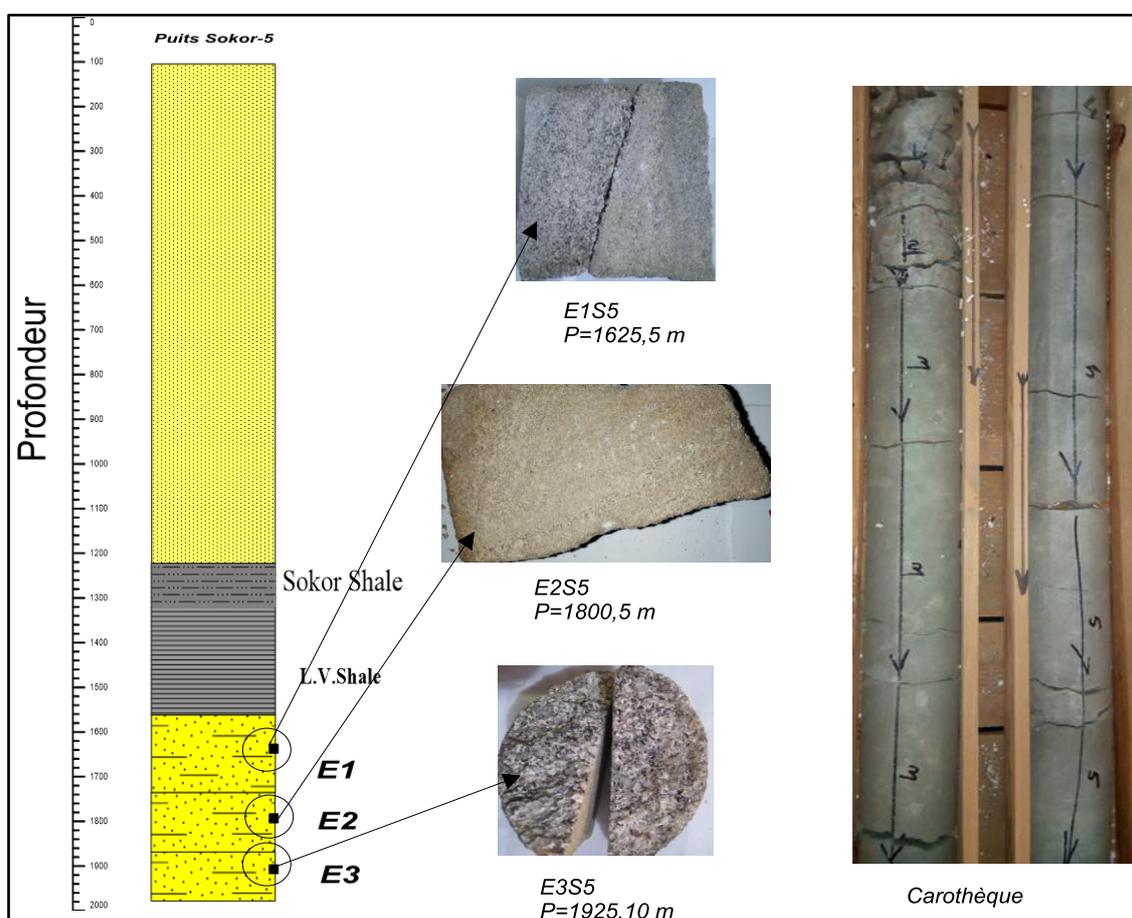


Figure 4 : Colonne litho-stratigraphique montrant les unités gréseuses et la profondeur de prélèvement des carottes. Les carottes sont conservées dans la carothèque de la Cellule de Documentation Pétrolière (CDP) du Niger.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Lithologie et environnement de dépôts des grès de la formation paléogène

Les carottes prélevées d'une longueur de 54,5 m sont issues de la formation réservoir d'âge paléogène. Cette formation est subdivisée en unités réservoirs où sont identifiées des caractéristiques lithologiques, stratigraphiques et sédimentologiques témoignant de leur environnement de dépôts (Garba et al., 2020; Sarki Yandoka et al., 2017). Cette formation est constituée de trois (3) unités réservoirs gréseuses (Figure 5).

Unité réservoir E1 (1675 m à 1736 m)

L'unité réservoir E1 a une épaisseur d'environ 61 m et 5 échantillons ont été prélevés. Elle est constituée de grès intercalés à des minces couches d'argiles noires feuilletées. Elle se caractérise par une homogénéité lithologique

de grès laminés massifs et bien classés (**Figure 5a**). Les grains sont fins à très fins, subanguleux à subarrondis et sont consolidés par un ciment siliceux et argileux. Les structures sédimentaires observées sont massives, laminations subhorizontales (L_{sub}) et entrecroisées (Le). Ces structures sont associées à des minces lits silteux riches en pyrite (**Figure 5a**). On note la présence de la kaolinite (K) et de débris carbonés (Dc) (**Figure 5a**). Les sédiments ne comportent pas de carbonates. Par ailleurs d'autres échantillons, sous lumière UV, présentent des plages de fluorescence, témoignant de la présence de traces d'huile.

Unité réservoir E2 (1736 m à 1869 m)

L'unité réservoir E2 a une épaisseur d'environ 133 m et 5 échantillons ont été prélevés. Les grains sont fins à très fins, subanguleux à subarrondis et sont consolidés par un ciment siliceux, argileux et ferrugineux (**Figure 5b**). Les argiles contenues sont grises et les grès sont clairs et parfois gris. Les structures sédimentaires observées sont massives, on note la présence de la kaolinite (Ka), de la pyrite (Py) et des débris carbonés (Dc) (**Figure 5b**). Les sédiments ne comportent pas de carbonates. Certains échantillons, sous lumière UV, présentent des plages de fluorescence, témoignant de la présence de traces d'huile.

Unité réservoir E3 (1869 m à 1925 m)

L'unité réservoir E3 a une épaisseur d'environ 56 m et 5 échantillons ont été prélevés. Elle est constituée de grès fins à moyens, anguleux à subarrondis. Les grains sont consolidés par un ciment siliceux et argileux (**Figure 5c**). Les argiles sont grises à noirâtres et les grès clairs et parfois beiges. Les structures sédimentaires sont massives, le sommet de l'unité est composé de matière organique (MO), et des silts (**Figure 5c**). Une intercalation d'un banc argileux centimétrique est observée au milieu de l'unité. On note à sa base, la présence la Kaolinite (Ka), de la pyrite (Py), de débris carbonés (Dc), de galet (Gal) mous imbriqué et des laminations planes (Lp) et entrecroisées (Le) (**Figure 5c**). Les sédiments ne comportent pas de carbonates. Certains échantillons, sous lumière UV, présentent des plages de fluorescence, témoignant de la présence de traces d'huile.

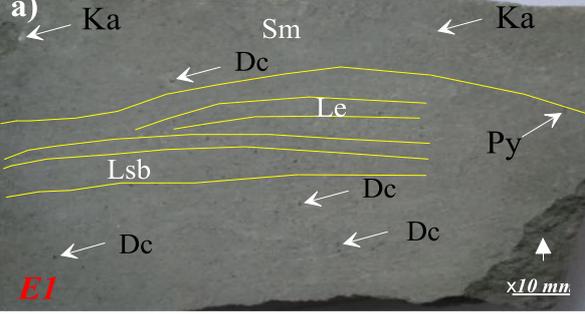
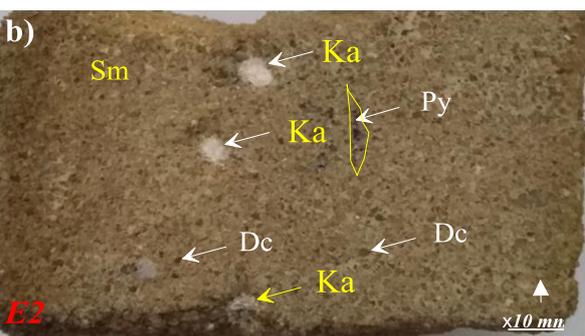
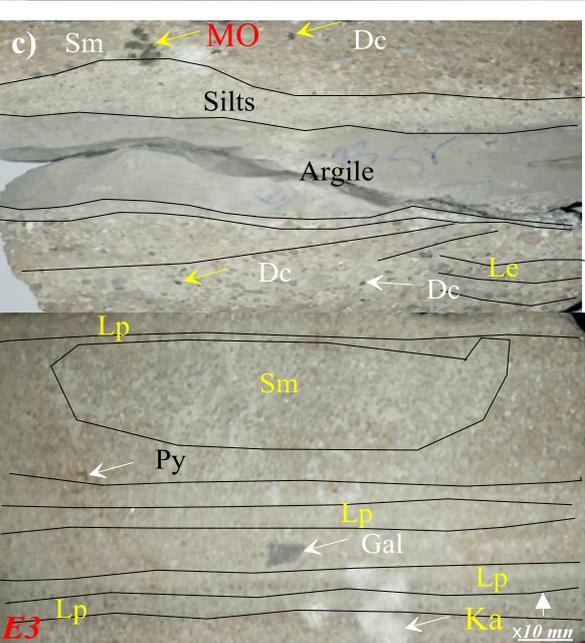
Carottes prélevées des unités réservoirs	Structures sédimentaires observées et quelques minéraux traces
 <p>a) ← Ka Sm ← Ka ← Dc Le Lsb ← Dc ← Dc ← Dc ← Dc <i>E1</i> ×10 mn</p>	<p>Structures massives (Sm)</p> <p>Présence de la kaolinite (Ka), de la pyrite (Py) et de débris carbonés (Dc)</p> <p>Grès à grains fins à très fins</p> <p>Présence des laminations subhorizontales et des laminations entrecroisées</p>
 <p>b) Sm ← Ka ← Py ← Ka ← Dc ← Dc ← Ka <i>E2</i> ×10 mn</p>	<p>Structures massives (Sm)</p> <p>Présence de la kaolinite (Ka), de la pyrite (Py) et des débris carbonés (Dc).</p> <p>Grès à grains fins, moyens à grossiers</p>
 <p>c) Sm ← MO ← Dc Silts Argile ← Dc ← Dc ← Le Lp Sm ← Py ← Gal ← Lp ← Lp ← Lp ← Ka <i>E3</i> ×10 mn</p>	<p>Structures massives (Sm) et des silts</p> <p>Intercalation d'un banc argileux centimétrique</p> <p>Présence la Kaolinite (Ka), de la pyrite (Py), de drébris carbonés (Dc) et de galet (Gal) mous imbriqué</p> <p>Laminations planes et entrecroisées</p>

Figure 5 : Description des structures sédimentaires sur une succession verticale des différentes unités réservoirs de la formation paléogène de Sokor-1 du puits Sk-5 (Observation à la loupe pliante de grossissement : x10 Lentille : (Ø : 27mm)).

2. Pétrographie et minéralogie des grès de la formation paléogène

L'analyse pétrographique des lames minces issues des unités réservoirs, au microscope optique et à balayage montre que la roche est composée par : d'éléments figurés et les Ciments.

❖ Éléments figurés

Quartz (SiO₂) : L'étude pétrographique des lames minces des unités réservoirs du puits de Sokor-5 montre que le quartz est le principal élément figuré présent. Les grains de quartz sont subanguleux à anguleux et très rarement subarrondis. Les contacts entre les grains de quartz sont souvent concavo-convexes parfois plan et rarement stylolithique. Le pourcentage de grains de quartz varie de 75.2 à 82%.

Feldspaths : Les feldspaths sont les minéraux secondaires constitutifs des unités réservoirs du puits de Sokor-5. Les feldspaths observés sont essentiellement du microcline présentant des macles en quadrillage et de grande taille. Ils sont parfois corrodés et présentent un cœur fracturé.

Fragments de roches : Les fragments roches observés dans les différentes unités réservoirs sont très fins et ressemblent plus aux grains de quartz polycristallins.

Micas : Les principaux types de micas observés dans les différentes unités réservoirs de prospects d'études sont : la muscovite.

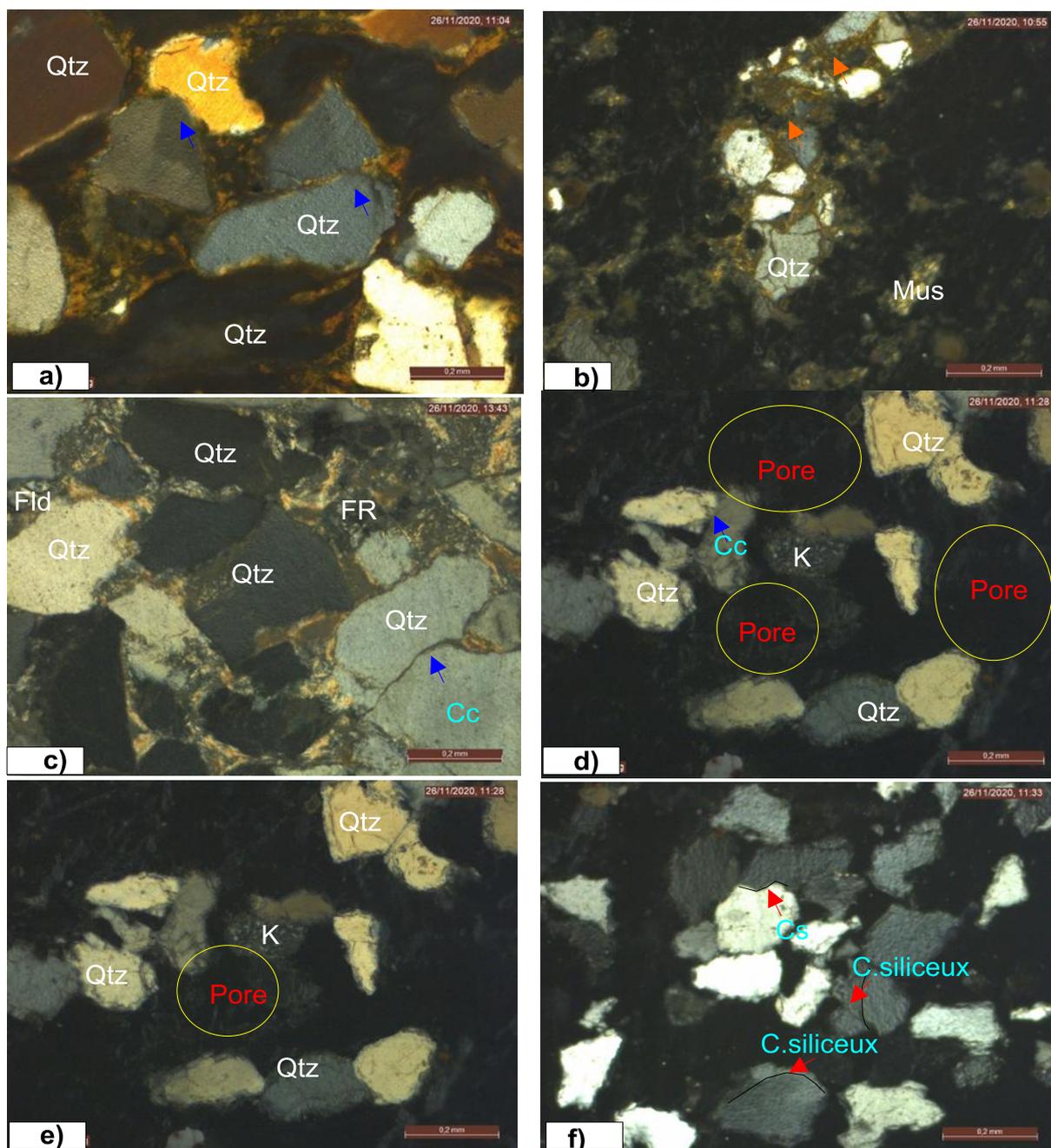


Figure 6 : Microphotographie de lames minces de grès montrant les éléments figurés comme le quartz, le feldspath, le mica et les ciments siliceux et argileux (les contacts concavo-convexes flèche bleue et stylolithiques flèche rouge)

❖ Ciments

Deux types de ciments sont observés dans les unités réservoirs du puits de prospect Sokor : le ciment siliceux et le ciment argileux

Ciment siliceux : Les ciments siliceux présents dans ces unités sont de deux types : le ciment siliceux de nourrissage qui se développe autour de grains de quartz en auréoles et il est le plus fréquent et le ciment siliceux de compaction qui se présente sous formes de traces et suivi par le contact concavo-convexe à stylolithique entre les grains de quartz(**Figure 92a**).

Ciment argileux : Le ciment argileux observé par la microscopie optique et à balayage (MEB) dans ces unités est représenté par l'illite, la kaolinite et la montmorillonite (**Figure**).

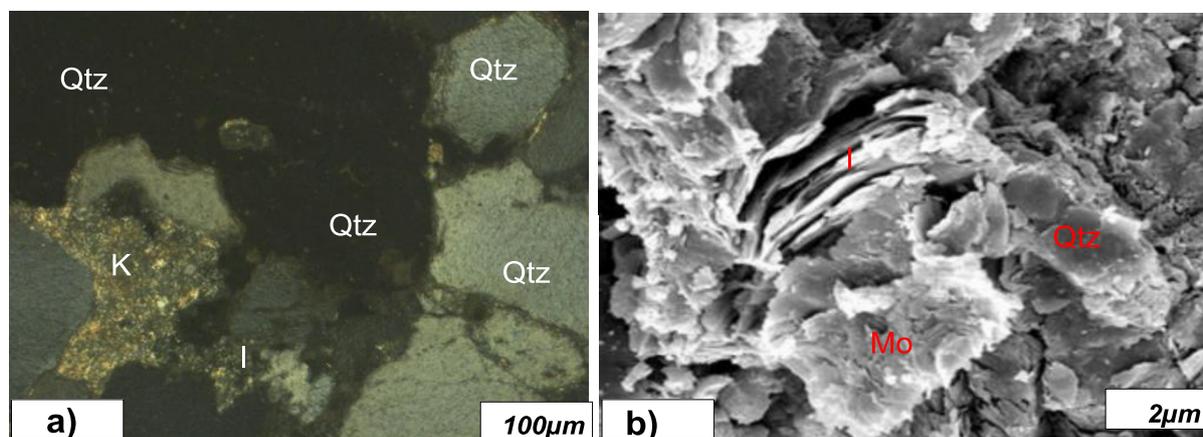


Figure 7 : Microphotographie des lames minces de grès montrant les ciments dans l'espace intergranulaire des grains de quartz (a. MOP et b. MEB)

3. Environnement de dépôts des sédiments du bassin de Termit

L'étude sédimentologique et pétrographiques des unités réservoirs de la formation de Sokor-1 du puits des prospect d'étude ont permis de déterminer leur environnement de dépôts(Zhao et al., 2020)Les différentes structures sédimentaires et les minéraux constitutifs de la formation réservoirs observés ont permis de mieux caractériser les environnements de dépôts(Ning et al., 2018).Les faciès gréseux à structures massives dérivent de sables provenant des écoulements en masse hyper concentrés ou des courants de turbidités sub-aqueux de forte densité qui s'est rapidement et directement déposé à partir de suspensions turbulentes(Amadou et al., 2021; Garba et al., 2020). Les structures d'érosion comme des chenaux sont issus de courant de turbidités au cours de la sédimentation. Les bancs gréseux qui alternent avec des bancs argileux suggèrent un milieu fluvial sous l'influence tidale(Assalé, 2013).Les grains de quartz, plus stables et résistants sont prédominants par rapport aux grains instables, plus fragiles que les grains de feldspath et de mica. Cela traduit une élimination progressive des minéraux fragiles donc une sélectionminéralogique au cours du transporttidale(Assalé, 2013;Akobé et al., 2020). La destruction ou l'altération de ces minéraux fragiles a entraîné l'existence d'une fraction argileuse dans la constitution des grès. La forme arrondie et subarrondie de certains grains signifie qu'ils n'ont pas subi l'effet mécanique d'usure contrairement aux autres grains arrondis et subarrondis.

IV. CONCLUSION

L'analyse pétrographique et minéralogique des grès des unités réservoirs de la formation Sokor-1 de la zone d'étude montre que ces unités sont spécialement constituées des faciès gréseux et argilo-gréseux, composés de grains de quartz, de micas, de feldspaths, de fragments de roches. Tous les éléments figurés sont soudés entre eux par une matrice représentée par de ciment siliceux et argileux.

La description minéralogique des unités réservoirs montre que le quartz est le minéral le plus abondant dans la formation. Des phénomènes diagenétiques ont affecté la composition minéralogique de ces unités réservoirs. Le réseau poreux est caractérisé par une porosité intergranulaire et une porosité secondaire de pression-dissolution.

Lesstratifications horizontales à subhorizontales observées dans certaines unités réservoirs des prospect d'étude, caractérisent un dépôt du chenal du front deltaïque. Les grès à structures massives proviennent des dépôts de sablespar les courantshyperpicnaux des crues fluviales et les courants turbiditiques subaquatiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Amadou, H., Ehirim, C. N., & Dagogo, T. (2021). Well-Based Quantitative Reservoir Characterization of Eocene Sokor-1 Formation, Termit Basin, Niger. *International Journal of Geosciences*, 12(02), 159- 169. <https://doi.org/10.4236/ijg.2021.122010>

- [2]. Assalé, F.Y.P. (2013). Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations sédimentaires connexes à la faille des lagunes (Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody (Côte d'Ivoire), 441p.
- [3]. Akobe A.C., Amani E.M., Diangone E., N'da Y. F., Monde S., Wognin. A., Valérie. A. K. (2020). Caractérisation pétro-sédimentaire des grès d'âge crétacé de la marge d'Abidjan du bassin sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire (zone abidjan-adiaké). *International Journal of Development Research* Vol. 10, Issue, 01, pp. 33532-33539
- [4]. Garba, N. A., Yao, K. A., Harouna, M., & Fea, I. (2020). Petrographic characterization of Campanian sandstones in the Termit basin (Niger) : Diagenetic implication on the reservoir quality. *30(1)*, 12.
- [5]. Genik, G. J. (s. d.-a). *Petroleum Geology of Cretaceous-Tertiary Rift Basins in Niger, Chad, and Central African Republic*. 33.
- [6]. Genik, G. J. (s. d.-b). Regional framework, structural and petroleum aspects of rift basins in Niger, Chad and the Central African Republic (C.A.R.). 17.
- [7]. Hamada, G. M., Al-Awad, M. N. J., & Almalik, M. S. (s. d.). Log Evaluation of Low—Resistivity Sandstone Reservoirs. 10.
- [8]. Laouali, I. S. (s. d.). THEME : Analyse et interprétation des données diagaphiques d'un puits d'exploration pétrolière et caractérisation des réservoirs : Cas du bloc d'Agadem ; Exemple de puits de Koulele Deep-. 85.
- [9]. Li, Q. (2021). Analysis on the Control of Faults on the Formation of P-1 Reservoir in Syncline Area of X Oilfield. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 769(3), 032039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/769/3/032039>
- [10]. Liu, J., Zhang, G., Li, Z., Tang, Y., Xiao, H., Lai, H., & Yang, C. (2019). Oil charge history of Paleogene–Eocene reservoir in the Termit Basin (Niger). *Australian Journal of Earth Sciences*, 66(4), 597- 606. <https://doi.org/10.1080/08120099.2019.1568301>
- [11]. Makeen, Y. M., Abdullah, W. H., Ayinla, H. A., Hakimi, M. H., & Sia, S.-G. (2016). Sedimentology, diagenesis and reservoir quality of the upper Abu Gabra Formation sandstones in the Fula Sub-basin, Muglad Basin, Sudan. *Marine and Petroleum Geology*, 77, 1227- 1242. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.08.015>
- [12]. Mohd Sumery, N. F., Lo, S. Z., & Salim, A. M. A. (2017). Lacustrine Environment Reservoir Properties on Sandstone Minerals and Hydrocarbon Content : A Case Study on Doba Basin, Southern Chad. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 88, 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/88/1/012005>
- [13]. Ning, Z., Xia, G., Jiangqin, H., Zhongmin, C., Guangya, Z. (2018). Sedimentary Characteristics and Lithological Trap Identification of Distant Braided Delta Deposits: A Case on Upper Cretaceous Yogou Formation of Termit Basin, Niger. *Proceedings of the Third International Conference on the Progress of Energy and Environment. Research (CAEER 201)*, E3S Web of Conferences **53**, 03020 ,10p.
- [14]. Sarki Yandoka, B. M., Abdullah, W. H., Abubakar, M. B., Adegoke, A. K., Maigari, A. S., Haruna, A. I., & Yaro, U. Y. (2017). Hydrocarbon potential of Early Cretaceous lacustrine sediments from Bima Formation, Yola Sub-basin, Northern Benue Trough, NE Nigeria : Insight from organic geochemistry and petrology. *Journal of African Earth Sciences*, 129, 153- 164. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.12.009>
- [15]. Wang, X., Wan, L., Jiang, Z., Liu, R., Wang, X., Tang, W., Gao, Y., Liu, S., & Xu, W. (2017). Controlling factors and accumulation model of hydrocarbon reservoirs in the Upper Cretaceous Yogou Formation, Koulele Area, Termit Basin, Niger. *Journal of Earth Science*, 28(6), 1126- 1134. <https://doi.org/10.1007/s12583-016-0936-5>
- [16]. Zanguina, M., Bruneton, A., & Gonnard, R. (1998). AN INTRODUCTION TO THE PETROLEUM POTENTIAL OF NIGER. *Journal of Petroleum Geology*, 21(1), 83- 103. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1998.tb00647.x>
- [17]. Zhao, N., Zhang, G., Gao, X., & Huang, J. (2020). Sedimentary Characteristics and Reservoir Model of Distant Braided Delta Deposits : A Case on Upper Cretaceous Yogou Formation of Termit Basin, Niger. In J. Lin (Éd.), *Proceedings of the International Field Exploration and Development Conference 2019* (p. 2252- 2269). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2485-1_205

Laouali IBRAHIM SARKI, et al. "Caractérisation pétrographique et sédimentologique des grès d'âge paléogène du bassin de Termit : bloc Agadem (Niger oriental)." *International Journal of Engineering and Science*, vol. 13, no. 1, 2023, pp. 03-11.