

Intrusion de basaltes tholéiitiques dans la Réserve Naturelle Communautaire de Dindéfélo (Bassin de Madina Kouta) : implications pétrographique et géodynamique

Mamadou DIONE*, Cheikh Ibrahima YOUM, Diomaye YATTE et Elhadji SOW

Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, BP 5005-Fann, Sénégal

(Reçu le 17 Mars 2026 ; Accepté le 05 Mai 2026)

* Correspondance, courriel : Mamadou32.dione@ucad.edu.sn

Résumé

Cette étude vise à identifier et caractériser les intrusions basaltiques tholéiitiques recoupant le socle birimien et le bassin de Madina Kouta, au sein de la Réserve Naturelle Communautaire de Dindéfélo (Sénégal oriental), et à en discuter les implications géodynamiques. La méthodologie combine des levés de terrain (cartographie des dykes et sills), des analyses pétrographiques en microscopie polarisante et des analyses géochimiques par fluorescence X (XRF). Les résultats révèlent que ces basaltes présentent une texture microlitique porphyrique, avec un assemblage minéralogique composé d'olivine, de pyroxène et de plagioclase. Les données géochimiques confirment une signature tholéiitique subalkaline, caractéristique d'un contexte extensif intracontinental, lié aux réactivations panafricaines en bordure du Craton Ouest Africain. Ces occurrences documentent pour la première fois un magmatisme basique extensif dans le bassin de Madina Kouta, offrant de nouvelles perspectives pour la compréhension de l'évolution crustale et la valorisation géopatrimoniale de la région.

Mots-clés : *Basaltes tholéiitiques, Madina Kouta, Dindéfélo, Craton Ouest Africain, Panafricain, géodynamique, géopatrimoine, Sénégal oriental.*

Abstract

Intrusion of tholeiitic basalts in the Dindefelo Community Nature Reserve (Madina Kouta Basin) : petrographic and geodynamic implications

This study aims to identify and characterize the tholeiitic basalt intrusions crosscutting the Birimian basement and the Madina Kouta Basin within the Dindefelo Community Nature Reserve (eastern Senegal), and to discuss their geodynamic implications. The methodology combines field surveys (mapping of dykes and sills), petrographic analyses using polarizing microscopy, and geochemical analyses by X-ray fluorescence (XRF). The results reveal that these basalts exhibit a porphyritic microlitic texture, with a mineral assemblage composed of olivine, pyroxene, and plagioclase. Geochemical data confirm a subalkaline tholeiitic signature, characteristic of an intracontinental extensional setting linked to Pan-

African reactivations affecting the margin of the West African Craton. These occurrences document for the first time an extensive basic magmatism in the Madina Kouta Basin, providing new insights into crustal evolution and enhancing the geoheritage value of the region.

Keywords : *Tholeiitic basalts, Madina Kouta, Dindefelo, West African Craton, Pan-African, geodynamics, geoheritage, eastern Senegal.*

1. Introduction

Le socle précambrien de l'Afrique de l'Ouest constitue une archive géologique majeure, témoin des processus de formation et d'évolution de la croûte continentale [1 - 3]. Au sein de la Boutonnière de Kédougou-Kéniéba (BKK), le magmatisme, le métamorphisme et la tectonique ont façonné la géodynamique régionale [4], fournissant un cadre essentiel pour comprendre l'évolution du Craton Ouest Africain (COA). Le bassin de Madina Kouta, extension sud-ouest du bassin de Taoudéni, constitue une archive sédimentaire clé du Néoprotérozoïque en Afrique de l'Ouest [5, 6]. Situé à la jonction entre le socle birimien de la BKK et la couverture sédimentaire, le secteur de la Réserve Naturelle Communautaire de Dindéfelo (RNCD) enregistre une histoire géologique polyphasée, marquée par l'orogénèse éburnéenne, le rifting continental, la sédimentation glaciaire et les réactivations panafricaines [7, 8]. Les travaux pionniers ont principalement reposé sur des observations de terrain et des corrélations stratigraphiques, sans analyses pétrographiques ni géochimiques détaillées [9 - 12]. Si les intrusions doléritiques postérieures y sont bien décrites [13], la présence de basaltes tholéitiques au sein des formations sédimentaires, signalée pour la première fois par Youm [8], n'avait pas été formellement documentée ni caractérisée. Au cours de la dernière décennie, des avancées significatives ont été réalisées sur l'évolution géodynamique du COA. [14] ont mis en évidence la formation d'une marge passive néoprotérozoïque sur la bordure orientale du craton, en lien avec le cycle supercontinental Rodinia-Gondwana. Villeneuve et Rossignol [15] ont proposé de nouvelles corrélations entre les ceintures orogéniques bordant les cratons ouest-africain et amazonien. Dans le bassin de Madina Kouta, l'identification d'une triade glaciaire néoprotérozoïque [12] a renforcé l'importance de ce secteur pour l'enregistrement des paléoclimats globaux. Par ailleurs, des études sur les provinces tholéitiques ouest-africaines ont montré un contrôle extensif post-panafricain [16 - 18]. Toutefois, les intrusions basaltiques du bassin de Madina Kouta n'avaient encore jamais fait l'objet d'une caractérisation pétrographique et géochimique détaillée. La dimension géopatrimoniale de la RNCD a été récemment soulignée [19], mais sans intégrer ces nouveaux affleurements magmatiques. Ainsi, malgré les progrès stratigraphiques et tectoniques, l'origine, l'âge et le contexte géodynamique des basaltes tholéitiques de la région restent mal contraints. L'objectif de cette étude est triple : (i) caractériser pétrographiquement et géochimiquement ces intrusions, (ii) déterminer leur affinité magmatique et leur source mantellique, et (iii) discuter leurs implications géodynamiques pour l'évolution de la bordure occidentale du COA, tout en évaluant leur potentiel pour la valorisation géopatrimoniale de la RNCD.

2. Matériel et méthodes

2-1. Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude se situe dans la Réserve Naturelle Communautaire de Dindéfelo (RNCD), au sud-est du Sénégal (région de Kédougou), à la frontière du Mali et de la Guinée. Elle présente un relief accidenté et une végétation luxuriante et est bordée au nord et à l'ouest par le Parc National du Niokolo Koba et au sud par le massif du Fouta-Djalon. Cette position confère à la RNCD une importance écologique et patrimoniale particulière (*Figure 1*). Elle a été créée dans le cadre d'un programme de gestion intégrée des ressources Naturelles [19, 20].

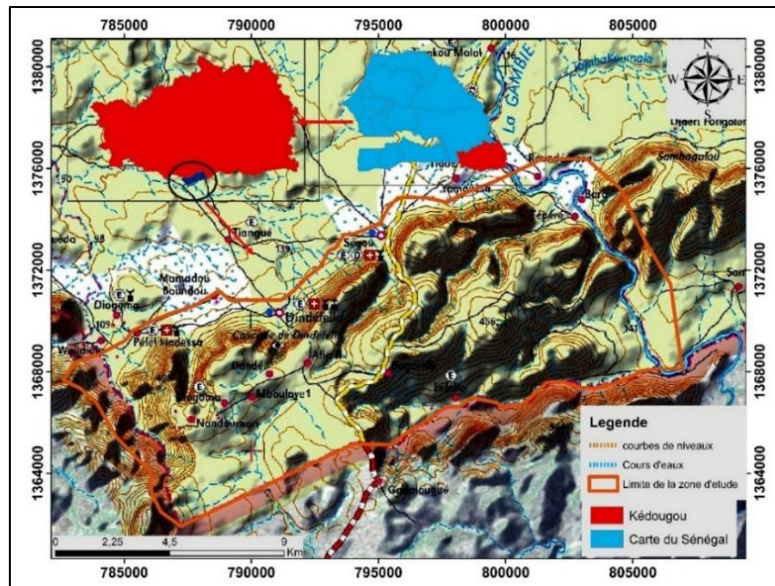


Figure 1 : Carte de Localisation de la RNCD

2-2. Contexte géologique

La RNCD se trouve à l'interface entre le socle birimien de la BKK et le bassin sédimentaire de Madina Kouta (**Figure 2**) [21 - 23]. Le socle, d'âge paléoprotérozoïque, est composé de schistes, marbres et granitoïdes, témoins de l'orogénèse éburnéenne [1 - 4, 9]. La couverture sédimentaire méso à néoprotérozoïque comprend les groupes de Ségou, Walidiala et Mali [5, 8, 9]. Elle débute par des conglomérats de base, évolue vers des dépôts de plate-forme carbonatée (groupes de Ségou et de Walidiala), puis est marquée par des formations glaciaires édiacariennes à dropstones [6, 10, 12, 24]. L'ensemble est recoupé par des intrusions magmatiques tardives : dolérites [13] et basaltes tholéitiques [8, 25].

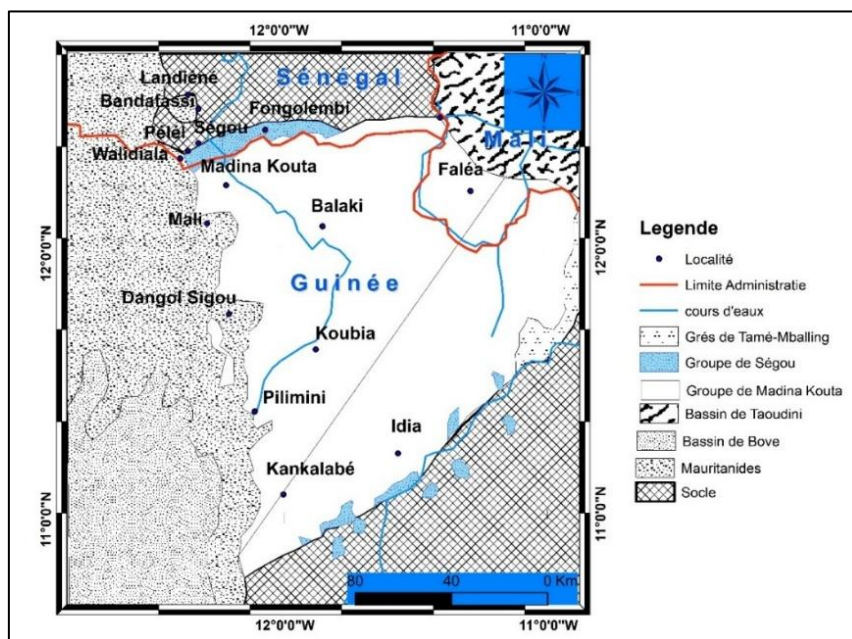


Figure 2 : Carte géologique du bassin de Madina Kouta (modifiée d'après [6])

2-3. Travaux de terrain

Des levés de terrain ont été réalisés dans la vallée de Walidiala. Ils ont consisté en une cartographie lithologique détaillée, des descriptions macroscopiques d'affleurements, des mesures structurales (direction, pendage) et l'analyse des relations géométriques entre intrusions basaltiques et encaissants sédimentaires. Des échantillons représentatifs de basaltes ont été prélevés.

2-4. Pétrographie

Les échantillons ont été préparés en lames minces et étudiés au microscope polarisant LEICA ICC50 HD (Institut Fondamental d'Afrique Noire, IFAN), en lumière naturelle et polarisée analysée, pour déterminer les assemblages minéralogiques, les textures magmatiques et les altérations post-magmatiques.

2-5. Géochimie

Les analyses géochimiques sur roche totale ont été réalisées par fluorescence X (XRF). Les oxydes majeurs ont permis la classification pétrochimique via les diagrammes TAS [26], AFM et de Harker. Les éléments traces immobiles (Zr, Nb, Ti, Y) ont été utilisés pour préciser l'affinité magmatique et le contexte géodynamique.

3. Résultats

3-1. Observations macroscopiques de terrain

Les levés ont permis d'établir une coupe synthétique de la RNCD (*Tableau 1*), localisant les basaltes échantillonnés. La succession lithostratigraphique, du socle birimien au Groupe de Mali, montre une absence des formations du Groupe de Madina Kouta. Le socle birimien (schistes carbonatés, marbres rubanés, schistosité N-189, 45 degrés W) est recouvert en discordance par le Groupe de Ségou composé de conglomérats à ciment carbonaté, calcaires oolithiques, pélites rouges, stromatolithes et de grès quartzitiques. Vient ensuite le Groupe de Walidiala constitué de tillites à dropstones, argilites, arénites quartzueuses, puis le Groupe de Mali des dolomies, silexites, pélites et grauwwacks. Les intrusions basaltiques et doléritiques recoupent le socle et les formations de Pélel et Dindéfelo sous forme de dykes, filons et sills, induisant un métamorphisme épizonal. Les basaltes affleurent principalement en dykes et sills métriques à décamétriques, recoupant les conglomérats, calcarénites et pélites rouges de la Formation de Pélel [8, 25]. Les relations de recoupement indiquent une mise en place post-sédimentaire. Certains corps parallèles à la stratification (*Figure 3B, 3C et 3E*) suggèrent un contrôle par la stratification. Les dykes subverticaux (*Figure 3A et 3D*) présentent des contacts nets. Des structures de refroidissement (fentes de retrait polygonales) sont visibles (*Figure 4C et 4D*). Macroscopiquement, les basaltes sont gris sombre à noir, avec une patine brunâtre en surface (*Figures 4A*).

Tableau 1 : Coupe lithostratigraphique synthétique du secteur de Walidiala avec les intrusions. DOLL : Dolérites ; F, BH ; FBA : Filon basique à Hassana ; IND : Intrusion basique ; F,L: Filon basique ; FCP : Filon colline de Pelloung ; FB,P : Filon basalte de Pelloung ; F, BAW= Filon basique Walidiala

Phanérozoïque				Epaisseurs					
Mauritanides	Mali	Mali	M2	1100		Sill de dolérites			
			M1	1000		Pélites violettes en plaquettes et boules ovoïdes, à Intercalations de silixites et à alternance Calcaires dolomitiques-silixites-pélites			
	Walidiala	Walidiala	W2	900		Calcaires dolomitiques et dolomies calcaires à barytine			
			W1	800		Argilites gréseuses vertes, laminées, avec de grès verts, riches en micas et de Calcaires stromatolitiques, fortement déformés et le sommet est constitué d'arénites quartzueuses et de conglomérats			
				700		Alternances conglomérats glaciaires, polygénique et argilites silteuses carbonatées à dropstones et à intercalations de niveaux de grès turbiditiques DISCORDANCE GLACIERE			
Ségou Madina-Kouta	Ségou	Dindéfélo	Df3	600		Grès quartzites moyens, très durs, à cassures lisses, jaunes à mauves ou violés, très fracturés.			
			Df2	600		Grès argileux fins à moyens, à bandes décimétriques à métriques, roses blanchâtres	DOU		
			Df1	500		Alternances d'argilites silteuses violacées, à infiltrations de matériel grossier blanchâtre, à aspect tacheté et de niveaux de grès très fins silteux, parfois friables, centimétriques à décimétriques.			
		Pélél	P13	400		Récifs stromatolitiques			
			P12	300		Argilites silteuses carbonatées, rouges, à intercalations de niveaux de calcaires faiblement gréseux	FBA		
			P11	300		Calcaires algaires, à oolites rouge			
		Kafori	Kf	200		Conglomérats de base à ciment carbonaté avec des intrusions basiques	F,BH,F,L;FBA		
							DISCORDANCE FONDAMENTALE		
		Socle Birimien				100		Socle: Granites, schistes et marbres	FB,P; F,BA,W; IND; FCP
						0			

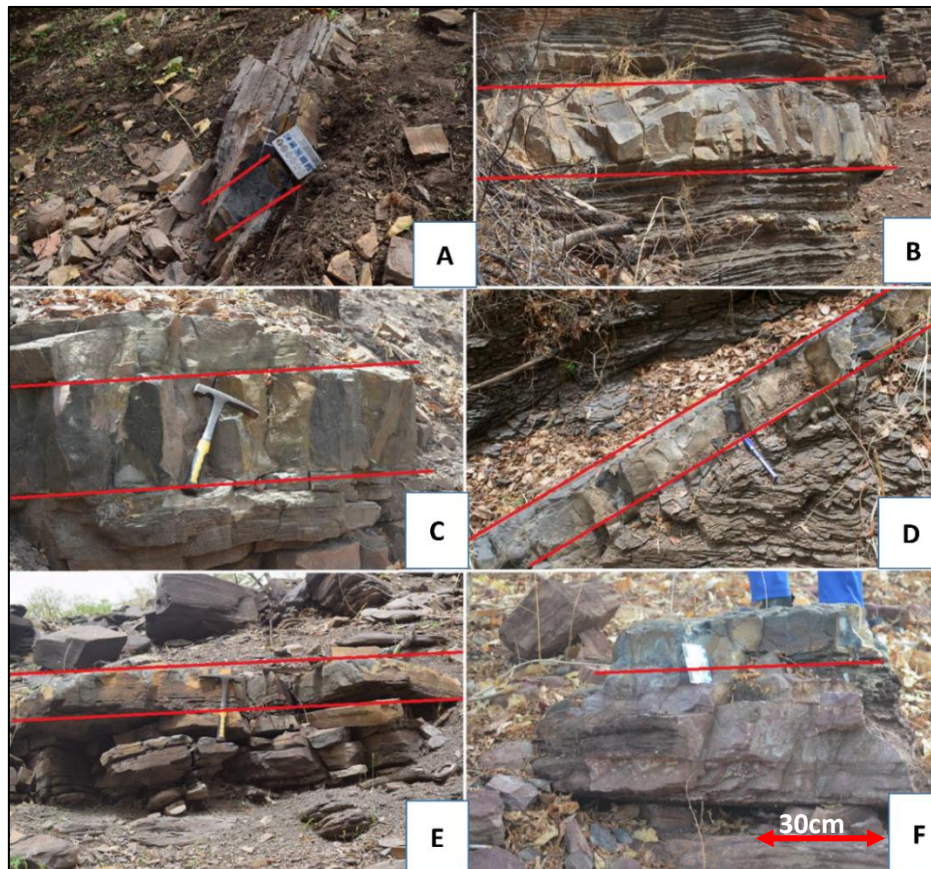


Figure 3 : Les basaltes dans la vallée de Walidiala ; 1, 2, Filons de basalte dans les schistes du socle ; 3, 5,6 Filons de basalte dans les Pélites rouges 4, Filon de basalte dans les pélites verdâtres



Figure 4 : 1. Les impuretés sur les parties externes du Basalte ; 2. Empreintes des Fentes de retraits ; 3. Association de fentes de retraits et impuretés ; 4. Fente de retrait

3-2. Caractères pétrographiques microscopiques

L'étude pétrographique en lame mince (*Figure 6*) révèle que les basaltes présentent une texture microlitique porphyrique, typique des roches volcaniques à refroidissement rapide. Les phénocristaux d'olivine sont automorphes à subautomorphes, parfois altérés en serpentines de teintes vertes allant du vert foncé au vert clair ou en oxydes de fer perdant ainsi sa couleur verte caractéristique. Ce phénomène entraîne la formation de l'iddingsite (couleur rougeâtre), Ceci traduit une altération post-magmatique plus ou moins avancée. Les pyroxènes (les clinopyroxènes) se présentent sous forme de microcristaux automorphes à subautomorphes dans une mésostase (30 à 45 %). Le plagioclase est abondant et se présentent sous forme de microlites ou de phénocristaux dans une mésostase abondante. La composition minéralogique est constituée d'olivine, clinopyroxènes, de plagioclase et d'oxydes de fer (minéraux opaques).

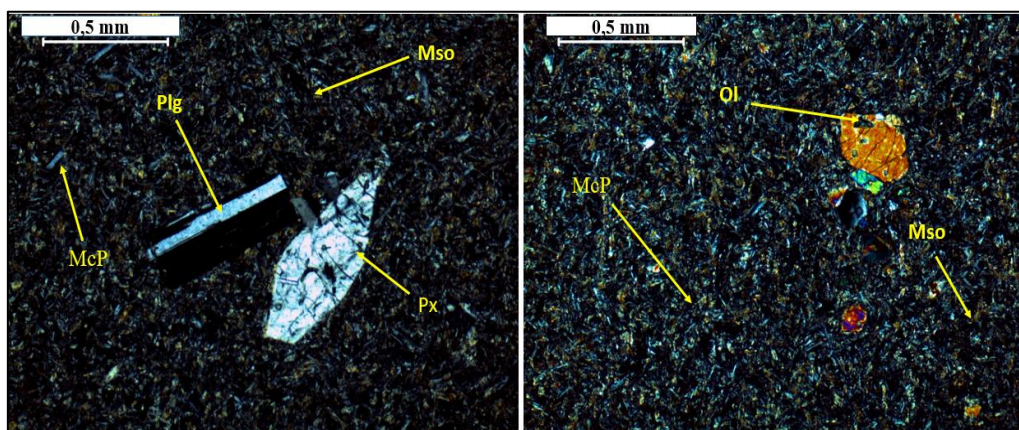


Figure 5 : Pétrographie des basaltes (Plg : plagioclase ; Mso : mésostase ; McP : microlithes de plagioclase ; Px : pyroxène ; Ol : olivine ; X40)

3-3. Caractères géochimiques

L'étude des éléments majeurs représentée dans les diagrammes de classification et de discrimination, permet d'identifier les différentes séries magmatiques auxquelles appartiennent ces roches volcaniques. Le diagramme ternaire AFM (**Figure 7**), met en évidence les différentes séries magmatiques (tholéitique et calco-alkaline). Ce diagramme nous montre que les échantillons se localisent dans la série tholéitique caractérisée par un enrichissement relatif en fer ferreux. Cette série est caractérisée par un enrichissement en fer au cours de la cristallisation fractionnée. Le diagramme TAS (Total Alkali vs Silica) [26], montre que les échantillons se localise dans le champ des basaltes tholéitiques subalkalin qui sont des roches volcaniques sous saturées en SiO_2 , caractérisées par une faible teneur en alcalins ($\text{K}_2\text{O} < 0.2\%$) et un enrichissement en fer (**Figure 8**).

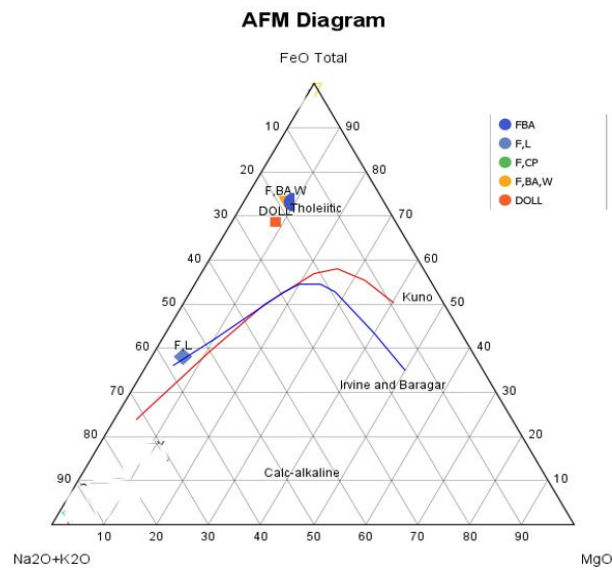


Figure 6 : Diagramme AFM. DOLL = Dolérites ; FBA = Filon basique ; F,BA,W = Filon basique Walidiala ; F,CP = Filon colline de Pelloung ; F,I = Filon

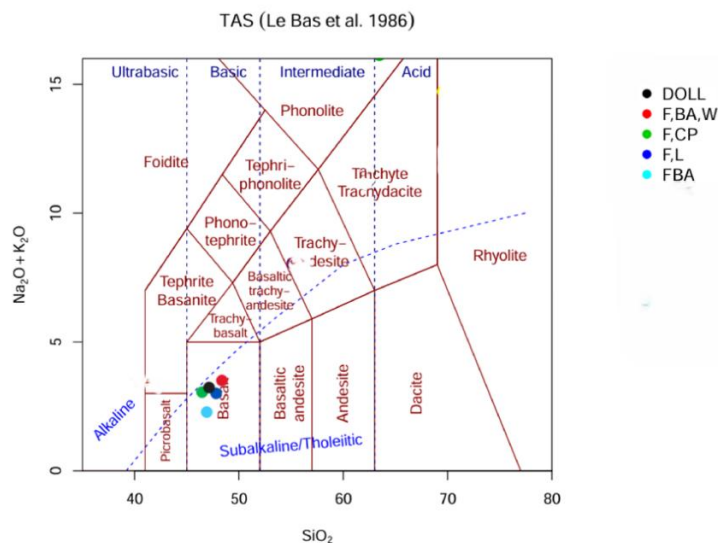


Figure 7 : Diagramme TAS. DOLL = Dolérites ; FBA = Filon basique ; F,BA,W = Filon basique Walidiala ; F,CP = Filon colline de Pelloung ; F,I = Filon

4. Discussion

4-1. Affinité tholéiitique et contexte extensif

La signature géochimique, enrichissement en Fe, faible alcalinité est typique des tholéiites continentales associées à des contextes extensifs intracontinentaux. Au COA, des magmatismes tholéiitiques comparables sont connus dans les bassins de Taoudéni et de Tindouf, interprétés comme la réponse du manteau lithosphérique à un amincissement crustal post-panafricain [27, 28]. Dans la BKK, plusieurs auteurs ont documenté des phases extensives tardives ayant favorisé la mise en place de dykes basiques [29, 30]. Les basaltes de Walidiala s'intègrent dans ce schéma régional.

4-2. Source mantellique et processus pétrogénétiques

La géochimie des éléments traces immobiles suggère une source mantellique de type lithosphérique enrichi, avec un faible degré de fusion partielle. Des études récentes sur les dykes doléritiques du Niger [31] et du Burkina Faso [32] montrent des affinités similaires, impliquant une hétérogénéité mantellique à l'échelle du craton. Par ailleurs, les analogies avec la province magmatique de l'Atlantique Central (CAMP) [33] indiquent que des processus mantelliques récurrents ont pu fonctionner à différentes époques du Mésozoïque au Néoprotérozoïque supérieur. L'absence de contamination crustale significative est cohérente avec une mise en place rapide le long de fractures profondes héritées de l'orogénèse éburnéenne.

4-3. Implications géodynamiques régionales

La position structurale des basaltes et leur âge relatif post-sédimentaire indiquent une mise en place durant une phase de relaxation tectonique succédant à l'orogénèse panafricaine. Cette interprétation est en accord avec les modèles de Villeneuve et Rossignol [15] qui proposent des réactivations extensives sur les marges du COA jusqu'au Cambrien précocé. La découverte de ces basaltes dans le bassin de Madina Kouta comble une lacune dans la cartographie des événements magmatiques de la région.

4-4. Potentiel géopatrimonial

La RNCD est déjà reconnue pour ses géosites (chutes d'eau, tillites, stromatolithes) [19]. L'identification de ces basaltes tholéiitiques, avec leurs belles structures de refroidissement (fentes de retrait), ajoute un intérêt magmatique remarquable, renforçant le potentiel pour un futur géoparc ou un développement géotouristique durable [34].

4-5. Limites et perspectives

L'absence de datations absolues constitue la principale limite. Des analyses géochronologiques ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur amphibole ou plagioclase, U-Pb sur zircons accessoires) sont indispensables pour contraindre l'âge de mise en place et corrélérer ces basaltes avec d'autres événements magmatiques régionaux [35, 36]. Des études isotopiques (Sr-Nd) permettraient également de préciser la source mantellique et l'éventuelle contamination crustale.

5. Conclusion

Cette étude a permis de caractériser pour la première fois des basaltes tholéiitiques subalcalins dans le bassin de Madina Kouta, au sein de la RNCD. Les intrusions (dykes, sills, filons) recoupent les formations sédimentaires néoprotérozoïques et montrent des textures microlitiques porphyriques à olivine, clinopyroxène et plagioclase. Leurs compositions géochimiques (diagrammes AFM et TAS) indiquent une affinité tholéiitique, typique des contextes extensifs intracontinentaux. Ces résultats s'intègrent dans le cadre géodynamique de l'extension post-panafricaine affectant la bordure occidentale du Craton Ouest Africain. Ils confirment que le manteau lithosphérique sous la BKK a été partiellement fondu lors de réactivations tectoniques, produisant des magmas basiques le long d'anciennes discontinuités crustales. Sur le plan patrimonial, ces affleurements basaltiques, avec leurs structures de refroidissement bien conservées, offrent un intérêt géotouristique majeur pour la RNCD. Des travaux complémentaires (datations isotopiques, modélisation pétrogénétique) sont nécessaires pour contraindre l'âge et la source mantellique de ce magmatisme, afin d'affiner les modèles d'évolution de la marge ouest-africaine.

Références

- [1] - B. BESSOLES, « Géologie de l'Afrique : Le craton ouest-africain », Mémoires BRGM, 88 (1977) 402
- [2] - R. BLACK et J. FABRE, « Precambrian geology of West Africa », *Geological Society Special Publication*, 17 (1983) 1 - 22
- [3] - R. CABY, « Precambrian terrains of West Africa », *Precambrian Research*, 44 (1989) 195 - 213
- [4] - W. HIRDES et D. W. DAVIS, « U-Pb geochronology of Birimian and Tarkwaian rocks of Ghana », *Precambrian Research*, 114 (2002) 27 - 53
- [5] - M. VILLENEUVE, « The geology of the Madina-Kouta basin (Guinea-Senegal) and its significance for the geodynamic evolution of the western part of the West African Craton », *Precambrian Research*, 44 (1989) 305 - 322
- [6] - M. DEYNOUX, R. TROMPETTE, P. AFFATON et J. SOUGY, « Late Proterozoic tillites of the Taoudeni Basin, West Africa », *Geological Journal*, 28 (1993)
- [7] - A. DIA, W. R. VAN SCHMUS et A. KRÖNER, « Isotopic constraints on the age and formation of a Paleoproterozoic volcanic arc complex », *Precambrian Research*, 92 (1997) 133 - 154
- [8] - C. I. YOUM, « Le bassin de Madina Kouta (Sénégal oriental) : contribution à l'étude lithostratigraphique, sédimentologique et pétrographique », Thèse de doctorat, UCAD, Dakar, (2019)
- [9] - J. P. BASSOT, « Etude géologique du Sénégal oriental et de ses confins Guinéo-Maliens », Mémoires BRGM, 40 (1966) 322
- [10] - M. DEYNOUX, « Les formations glaciaires du Précambrien terminal et de la fin de l'Ordovicien en Afrique de l'Ouest », Thèse d'État, Université d'Aix-Marseille, (1980) 553
- [11] - M. VILLENEUVE, « Polyphased tectonic reactivations in the West African Craton », *Journal of African Earth Sciences*, 46 (2008) 1 - 15
- [12] - C. I. YOUM et E. H. SOW, « Mise en évidence d'une Triade Glaciaire néoprotérozoïque dans le secteur de Landiéné-Bandafassi, Bassin de Madina Kouta (Kédougou, Sénégal, Afrique de l'Ouest) », *European Scientific Journal*, 21 (12) (2025) 144. (À vérifier la publication)
- [13] - C. DELOR, R. COUËFFÉ, J.C. GOUJOU, D. P. DIALLO, H. THÉVENIAUT, T. FULLGRAF, P. M. NDIAYE, E. DIOH, O. BLEIN, T. M. M. BARRY, A. COCHERIE, J. LE MÉTOUR, G. MARTELET, S. SERGEEV et K. WEMMER, « Notice explicative de la carte géologique à 1/200 000 du Sénégal, feuille Saraya-Kédougou Est », Ministère des Mines, Dakar, (2010) 162

- [14] - D. KWAYISI, P. M. NDIAYE, D. FREI, A. PETERSSON et K. DZIGBODI-ADJIMAH, « Neoproterozoic passive margin formation and evolution during the Rodinia—Gondwana supercontinent cycle at the eastern margin of the West African Craton », *Geological Magazine*, 161 (2024) e14. DOI: 10.1017/S001675682400027X
- [15] - M. VILLENEUVE et C. ROSSIGNOL, « Linking the Neoproterozoic to Early Paleozoic Belts Bordering the West African and Amazonian Cratons: Review and New Hypothesis », *Minerals*, 14 (1) (2024) 48. DOI: 10.3390/min14010048
- [16] - S. CALLEGARO, A. MARZOLI, J.M. BERTRAND, J. DOSTAL et C. DUPUY, « Geochemistry of tholeiitic provinces in West Africa and their geodynamic significance », *Lithos*, 277 (2017) 1 - 15
- [17] - A. MARZOLI, J. M. BERTRAND, K. B. KNIGHT, S. CIRILLI, N. BURATTI, C. VERATI, S. NOMADE, P. R. RENNE, N. YOUBI, R. MARTINI et K. ALLENBACH, « Continental tholeiitic magmatism and the opening of the Central Atlantic », *Earth-Science Reviews*, 182 (2018) 1 - 23
- [18] - E. H. EL AOULI, A. SOULAIMANI, K. RKHAMI, L. AIT BRAHIM et H. OUANAIMI, « The Late Neoproterozoic Continental Tholeiitic Basalts of the Toubkal Inlier (Western High-Atlas, Morocco): A Post-Pan-African Rifting Witness », *Open Journal of Geology*, 6 (5) (2016) 321 - 343
- [19] - C. I. YOUM, E. ERRAMI et E. H. SOW, « Neoproterozoic Dindéfelo waterfall geosite (DCNR, Bassari country, Eastern Senegal): biodiversity and geodiversity between conservation and valorization », *Geoheritage*, 10 (2018) 1 - 15
- [20] - L. PACHECO, C. I. YOUM, A. T. B. et M. DIENG, « Gestion intégrée et participative des ressources naturelles dans la Réserve Naturelle Communautaire de Dindéfelo », Rapport technique, UCAD, Dakar, (2012)
- [21] - R. TROMPETTE, « Le Précambrien supérieur et le Paléozoïque inférieur de l'Adrar de Mauritanie », Université Saint-Jérôme, Marseille, (1973) 702
- [22] - M. VILLENEUVE, « Les formations précambriennes de l'Afrique de l'Ouest et leur évolution tectonique », *Journal of African Earth Sciences*, 42 (1-2) (2005) 89 - 101
- [23] - M. TROMPETTE, *Geology of the West African Craton and adjacent mobile belts*, Springer-Verlag, Berlin, (1993) 250
- [24] - M. DEYNOUX et P. AFFATON, « Pan-African tectonic evolution and glacial events registered in Neoproterozoic to Cambrian cratonic and foreland basins of West Africa », *Journal of African Earth Sciences*, 112 (2015) 12 - 29
- [25] - M. DIONE, « Signalement des basaltes tholéitiques dans le bassin de Madina Kouta », Mémoire de Master, UCAD, Dakar (2025) 87
- [26] - M. J. LE BAS, R. W. LE MAITRE, A. STRECKEISEN et B. ZANETTIN, « A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram », *Journal of Petrology*, 27 (3) (1986) 745 - 750
- [27] - A. POUCKET, S. DOUMBIA et M. VIDAL, « Le magmatisme birimien du craton ouest-africain : volcanisme tholéitique et calco-alcalin dans un contexte de marge active », *Journal of African Earth Sciences*, 30 (2000) 439 - 446
- [28] - J. P. LIÉGEOIS, J. NAVEZ, J. HERTOGEN et R. BLACK, « Contrasting origin of post-collisional high-K calc-alkaline and shoshonitic magmatism », *Lithos*, 156-159 (2013) 234 - 253
- [29] - J. P. MILÉSI, P. LEDRU, J. L. FEYBESSE, A. DOMMANGET et E. MARCOUX, « Early Proterozoic ore deposits and tectonics of the Birimian orogenic belt, West Africa », *Precambrian Research*, 58 (1992) 305 - 344
- [30] - J. L. FEYBESSE, J. P. MILÉSI et M. BILLA, « The Paleoproterozoic Ghanaian province: geodynamic model and ore controls », *Precambrian Research*, 149 (2006) 149 - 196
- [31] - G. R. NOURA, A. NACEREDDINE, S. GUILLLOT, J. R. KIENAST et J. J. PEUCAT, « Petrogenesis and geochemistry of WNW-ESE to NW-SE trending doleritic dykes of the Paleoproterozoic Liptako basement (West African Craton, West Niger) », *Journal of African Earth Sciences*, 208 (2023) 105096

- [32] - B. TAPSOBA, K. LO, S. NABA, P. M. NDIAYE, A. HANTON et M. LOMPO, « Chemical and Sr-Nd compositions and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of NW-trending dolerite dikes of Burkina Faso: Evidence for a Mesoproterozoic magmatism in the West African Craton », *Geoscience Frontiers*, 9 (6) (2018) 1957 - 1980
- [33] - A. MEDDAH, H. BERTRAND et S. ELMI, « La province magmatique de l'Atlantique central dans le bassin des Ksour (Atlas saharien, Algérie) », *Comptes Rendus Geoscience*, 339 (2007) 24 - 42
- [34] - J. BRILHA, « Geoheritage : A critical review and prospects for future research », *Geoheritage*, 8 (2016) 119 - 134
- [35] - K. B. KNIGHT, S. NOMADE, P. R. RENNE, A. MARZOLI, H. BERTRAND et N. YOUNI, « The Central Atlantic Magmatic Province at the Triassic-Jurassic boundary: Paleomagnetic and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ evidence », *Earth and Planetary Science Letters*, 228 (2004) 493 - 508
- [36] - C. VERATI, R. COUFFÉ, D. BOSCH, O. BRUGUIER, F. JOURDAN et P. MONIÉ, « The farthest record of the Central Atlantic Magmatic Province into West Africa craton: precise $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating and geochemistry of Taoudenni basin intrusives (northern Mali) », *Chemical Geology*, 466 (2017) 1 - 12