

Pétrographie et géochimie des granitoïdes de la région de Zorgho : centre du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest

Petrography and geochemistry of granitoïds from the Zorgho region: central Burkina Faso, West Africa

Saga SAWADOGO^{1*}, Adama Ouédraogo YAMEOGO^{1,2}, Seta NABA¹

1. Université Joseph KI-ZERBO, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire Géosciences et Environnement, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso. (*) sawadsaga@gmail.com.

2. Université Norbert ZONGO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies, BP 376 Koudougou, Burkina Faso.

Résumé. Les granitoïdes Paléoprotérozoïques de la région de Zorgho sont constitués : (i) d'une première génération de granitoïde, représentée par des tonalites et des granodiorites, qui présentent souvent un rubanement à l'affleurement et (ii) du pluton granitique de Zorgho qui représente la seconde génération de granitoïde. Cette dernière est astructurée à l'échelle du terrain. Les caractères géochimiques des granitoïdes de première génération les rapprochent des granitoïdes TTG archéens et indiquent qu'ils sont métalumineux, faiblement potassiques. L'allure des spectres de terres rares indique qu'ils pourraient dériver de la fusion partielle de roches magmatiques basiques. Les caractères géochimiques du pluton granitique de Zorgho montrent qu'il est métalumineux et hautement potassique. Quant à l'allure des spectres de terres rares, le pluton granitique pourrait dériver de la fusion partielle de roches felsiques. Les diagrammes géotectoniques et les anomalies en Nb, P et Ti témoignent que les granitoïdes de la région de Zorgho proviennent d'un magmatisme calco-alcalin de zone de subduction.

Mots clés : Granitoïdes Paléoprotérozoïques, Géochimie, contexte géotectonique, Zorgho, Burkina Faso.

Abstract. The Paleoproterozoic granitoids of the Zorgho region are made up of : (i) a first generation of granitoids, represented by tonalites and granodiorites, which are often banded at outcrop, and (ii) the Zorgho granitic pluton, which represents the second generation of granitoids. The latter seems to be isotropic at field scale. The geochemical characteristics of the first-generation granitoids are similar to those of the Archean TTG granitoids and indicate that they are metaluminous with low potassium content. The rare earth spectra indicate that they may be derived from the partial melting of basic magmatic rocks. The geochemical characteristics of the Zorgho granitic pluton show that it is metaluminous and highly potassic. As for the rare earth spectra, the granitic pluton could derive from the partial melting of felsic rocks. Geotectonic diagrams and Nb, P and Ti anomalies indicate that the granitoids in the Zorgho region originate from calk-alkaline magmatism from subduction zone.

Key words: Paleoproterozoic, granitoids, Geochemistry, geotectonic context, Zorgho, Burkina Faso.

Abridged English Version

Zorgho is located about 100 km from the capital Ouagadougou in central Burkina Faso. According to Trinquard *et al.* (2003) and Ouedraogo *et al.* (2003), the geological formations encountered in this area are volcanosedimentary rocks, the suite of Tonalites-Trondhjemites-Granodiorites (TTG) and Biotite granites. As part of the present study, we carried out fieldwork that involved sampling every 2 km depending on outcropping conditions. A total of 216 samples were taken, including 116 from the Zorgho pluton and 100 from its host rock. The laboratory work began with the production of 80 thin sections for petrographic and microstructural studies using a polarising microscope. The petrographic studies enabled us to sort seven samples for geochemical analysis on whole rock, among which, 4 from the granitic pluton of Zorgho and the three others, in its nearby granodioritic and tonalitic host rock.

Petrography

The macroscopic and microscopic observations revealed two generations of granitoids. The first-generation of granitoids is represented by tonalites and granodiorites and the second by Zorgho Granitic Pluton. The tonalites show well-

marked foliations with elongate comagmatic enclaves that follow the orientation of the foliation (Fig. 3a). Microscopically, they are composed of ferromagnesian minerals, namely amphibole and biotite, and white minerals including plagioclase, K-feldspar and quartz. The white minerals are mainly plagioclase and quartz (Fig. 3c). K-feldspars, in very small quantities, are represented by microcline. Accessory minerals include epidotes, calcites, titanite, zircon and opaques.

Granodiorites are also observed in the field (Fig. 3b). Microscopically, the ferromagnesian minerals are biotite and amphiboles (Fig. 3d). These minerals are not very abundant. The white minerals are feldspars (plagioclases and K-feldspars) and quartz. The accessory minerals are mainly titanite, zircon, epidote and a few opaques. The Zorgho Granite Pluton is elliptical in shape, measuring around 80 km by 30 km. On outcrop, it is a generally leucocratic, quartz-rich rock with two sub-facies. The first is gritty, with medium-sized grains of uniform size (Fig. 4a). Microscopically, biotite is the only ferromagnesian mineral (Fig. 4c, d). Plagioclases and K-feldspars are present in more or less balanced proportions. Quartz crystals are abundant with medium size. Accessory minerals are mainly sphene, zircon, epidote and a few opaques.

Geochemistry

The results of geochemical analyses on whole rock (majors, minors and rare earths elements) are presented in the Table 1-3. The results of the geochemical analyses indicate that the SiO_2 content of the Zorgho granite (70 and 75%) is much higher than that of the TTG host rock (60 and 66%). The same trend can be observed for K_2O contents, which are between 3.07 and 4.61% in the Zorgho granite and 1.38 and 2.64% in the TTG host rock. In contrast, the CaO and MgO contents in the TTG host rock (3.84 to 5.45% and 1.74 to 2.77% respectively) are higher than in the Zorgho granite (0.96 to 2.62% and 0.2 to 0.81% respectively). In the Peccerillo and Taylor (1976) diagram, which plots SiO_2 versus K_2O (Fig. 5a), the Zorgho Granite Pluton samples are in the highly potassic calc-alkaline series, whereas the TTG granitoids are in the calc-alkaline series (Fig. 5a). In the A/CNK versus SiO_2 diagram, the Zorgho granite and its TTG host rock are metaluminous with a I-type character ($\text{A/CNK} < 1.1$) (Fig. 5b). In the Ab-An-Or diagram (O'Connor 1965), samples from the TTG granitoid host rock are in the tonalite and granodiorite range, whereas those from the Zorgho Granite Pluton are in the granite range in the strict sense (Fig. 5c).

Chondrite-normalized Rare Earth Elements Spectra are relatively fractionated for all samples (Boyton 1984) (Fig. 8). The $(\text{La/Yb})_{\text{N}}$ ratio that reflects this varies between 12 and 30 for the TTG host rock and 56.36 and 86.7 for the Zorgho granitic Pluton. The Eu/Eu^* ratio values show that there are only weak negative and positive anomalies in the Zorgho granite (Eu/Eu^* between 0.9 and 1.46) (Fig. 8a). For the TTG granitoids, anomalies, where they exist, are slightly positive (Eu/Eu^* between 1.03 and 1.09) (Fig. 8b). The negative anomalies in Yb and positive anomalies in Tm, which are inversely correlated, suggest fractionation of accessory minerals such as zircons, whose presence was revealed by microscopic observations.

INTRODUCTION

Dans le domaine Paléoprotérozoïque de la dorsale de Léo/Man (Fig. 1), les ceintures de roches vertes sont recoupées par des volumes importants de granitoïdes, en majorité calco-alkalins qui se mettent en place de manière continue durant l'orogenèse Éburnéenne (Hirdes *et al.* 1996, Egal *et al.* 2002, Castaing *et al.* 2003, Naba *et al.* 2004, Pawlig *et al.* 2006, Tapsoba *et al.* 2013, Eglinger *et al.* 2017, Grenholm *et al.* 2019, Yaméogo *et al.* 2020, Yaméogo *et al.* 2024). Les premières tentatives de classification se sont surtout référées à la nature des encaissants de ces granitoïdes permettant de distinguer les granitoïdes des ceintures et les granitoïdes des bassins (Junner 1940, Leube *et al.* 1990, Hirdes *et al.* 1996). Au sein de ces granitoïdes on distingue un premier groupe ayant une affinité géochimique avec les TTG archéens. Ces granitoïdes de type TTG sont généralement plus riches en minéraux ferromagnésiens (amphibole et biotite) et présentent un rubanement plus ou moins net à l'affleurement (Yaméogo *et al.* 2020, Yaméogo *et al.* 2024). Ils constituent parfois les encaissants du deuxième groupe (Castaing *et al.* 2003, Naba *et al.* 2004).

Ce dernier groupe est plus pauvre en minéraux ferromagnésiens (biotite seule) et la roche est apparemment isotrope à l'affleurement (Castaing *et al.* 2003, Naba *et al.* 2004, Yaméogo *et al.* 2024). Une synthèse des âges radiométriques U/Pb des granitoïdes indique un âge

The ratios of Gd/Yb normalized to the upper crust (Taylor & Mc Lennan 1985) are between 2.69 and 7.47 for the Zorgho granite pluton and between 2.35 and 3.80 for his nearby country rocks. In the $(\text{Gd/Yb})_{\text{N}}$ versus SiO_2 , these values up than 1 are compatible with the fractionation of HREE (Fig. 9). The $(\text{Gd/Yb})_{\text{N}}$ versus Yb diagram (Fig. 10) show a coefficient varying from 0 to 0.65. These coefficients values, represent theoretical models of magmas deriving from fractionate crystallization. The multi-elements spectra of granitoids normalized to NMORB show an enrichment in LILE elements (Large Ion Lithophile Elements) compared with HFSE (High Field Strength Elements) and an $(\text{Rb/La})_{\text{N}}$ ratio of between 0.6 and 0.9 for the TTG granitoids and 1.26 and 3.08 for the Zorgho Granite Pluton (Fig. 11). Their composition is closer to that of the upper crust than that of the NMORBs and could reflect magmatism with strong involvement of the upper crust.

Geotectonic setting of the granitoids in the study area

In the diagram of Batchelor and Bowden (1985), all the samples from the Zorgho granite are in the syn-collision domain, whereas the samples from the TTG granitoids are in the pre-collision domain (Fig. 12a). In the diagram of Pearce *et al* (1984), all the granitoids are in the 'Volcanic Arc Granitoids + Syn-COLG' field (Fig. 12b).

Overall, the geochemical characteristics of the rocks also show that they belong to the same calc-alkaline magmatic suite ranging from the least evolved to the most evolved terms. This genetic link found between first-generation granitoids, which are the nearby country rocks of the biotite granites (second-generation granitoids), has already been documented in other works that suggest that the latter generation come from the partial melting of the TTG host rock. (Tapsoba *et al.* 2013, Pawlig *et al.* 2006).

maximum d'environ 2,2 Ga pour les granitoïdes de type TTG et d'environ 2,1 Ga pour les granites à biotite (Castaing *et al.* 2003, Gasquet *et al.* 2003, Tapsoba *et al.* 2013, Para-Avila *et al.* 2016, Meriaud *et al.* 2020). A l'échelle du domaine Paléoprotérozoïque, la mise en place de ces deux générations de granitoïdes s'emboute dans le temps mais pour une même localité les granitoïdes de type TTG se mettent en place avant les granitoïdes à biotite, confirmant ainsi le diachronisme de l'évolution crustale au Paléoprotérozoïque comme l'ont suggéré un certain nombre d'auteurs (Hirdes *et al.* 1996, Castaing *et al.* 2003). Les études portant spécifiquement sur les mécanismes de mise en place des granitoïdes à biotite à partir de leurs structures internes (Naba *et al.* 2004, Vegas *et al.* 2008, Traoré *et al.* 2011, Sawadogo *et al.* 2018, Yaméogo *et al.* 2024) ont contribué à reconstituer les conditions rhéologiques et le contexte géodynamique de leurs mises en place. Ainsi, dans un schéma de la tectonique moderne des plaques, les granitoïdes de type TTG et les granitoïdes à biotite résulteraient de divers protolithes par fusion partielle au niveau des zones de subduction (Hirdes *et al.* 1996, Doumbia *et al.* 1998, Castaing *et al.* 2003, Yaméogo *et al.* 2020). A la suite de ces différentes études, la présente étude porte sur le pluton granitique de Zorgho et son encaissant TTG, au centre du Burkina Faso. Elle devrait permettre de mettre en évidence ses caractères pétrographiques et géochimiques dans le but d'expliquer les processus pétrogénétiques qui ont prévalu à sa mise en place.

CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le pluton granitique de Zorgho affleure au Centre du Burkina Faso, entre les longitudes 0.75°W et 0.25°W et les latitudes 12°N et 12.5°N (Fig. 2). Il a une forme elliptique avec un long axe (environ 80 km) orienté NE-SW parallèlement à la zone de cisaillement régionale dénommée zone de cisaillement Tiébélé-Dori-Markoye (Castaing *et al.* 2003) et un petit axe d'environ 30 km. Le pluton granitique de Zorgho est intrusif dans un batholite principalement constitué de tonalites et de granodiorites. Le pluton granitique de Zorgho et son encaissant TTG ont été datés respectivement à 2111 ± 25 Ma (U-Th-Pb sur monazite) et 2169 ± 5 Ma (Pb-Pb sur zircon) par Castaing *et al.* (2003). Ce qui montre en dehors des marges d'incertitudes, un intervalle significatif de temps entre la mise en place des deux entités lithologiques. A l'instar des autres régions du domaine Baoulé-Mossi (Egal *et al.* 2002, Naba *et al.* 2004, Hein *et al.* 2016, Grenhoml *et al.* 2019, Chardon *et al.* 2020), la zone d'étude comprend des ceintures de roches vertes au sein desquelles se trouve principalement les roches métavolcaniques (métabasaltes, métalandésites) et en moins importante proportion les roches métapluvitiques (métagabbros, métadiorites) et métasédimentaires (schistes, métapélites, métagrès, ...). Ces formations sont affectées par le métamorphisme du faciès des schistes verts auquel se superpose par endroits une altération hydrothermale (Ilboudo *et al.* 2013).

Les formations des ceintures sont recoupées par les granitoïdes calco-alcalins qui ont une signature géochimique proche de celle des TTG archéens (Hirdes *et al.* 1996, Naba *et al.* 2004, Lombo 2010) ou des adakites andins (Castaing *et al.* 2003) et les granites à biotites. Les granitoïdes de type TTG sont souvent très déformés et associés à des migmatites, des gneiss ou des leptynites (Hottin & Ouédraogo 1975, Zonou 1987, Abouchami *et al.* 1990, Boher *et al.* 1992, Castaing *et al.* 2000, Tapsoba *et al.* 2013, Tshibubudze *et al.* 2015). Généralement, les granitoïdes TTG se caractérisent par un rubanement plus ou moins net alors que les granites à biotite sont apparemment isotropes.

MATERIEL ET METHODES

La méthodologie comporte deux volets principaux qui sont préalablement les travaux de terrain suivis des travaux de laboratoire. Les travaux de terrain ont été effectués le long de profils espacés de deux kilomètres. Un échantillon, est prélevé tous les deux kilomètres tant que les conditions d'affleurement le permettent. Chaque point de prélèvement est décrit tant pour les conditions d'affleurement que pour la nature pétrographique des roches. Lorsque des structures de déformation sont identifiées, nous procérons à leurs mesures à la boussole et au clinomètre. Tous les échantillons prélevés ont été systématiquement orientés pour les besoins d'études microstructurales postérieures. Au total 216 échantillons ont été prélevés dont 116 dans le pluton de Zorgho et 100 dans son encaissant. Les travaux de laboratoire ont d'abord consisté à la réalisation de 80 lames minces pour des études pétrographiques et microstructurales au microscope polarisant. Les études pétrographiques nous ont permis de procéder à un tri de sept échantillons pour les analyses géochimiques sur roche totale. Parmi ces sept échantillons, quatre sont du pluton de Zorgho et trois de son proche encaissant granodioritique et tonalitique. Les analyses géochimiques ont été faites au laboratoire d'ALS en Irlande qui s'est chargé des différentes préparations des échantillons avant de procéder aux analyses par ICP-MS et ICP-AES. Les informations sur les méthodes utilisées par le laboratoire d'ALS sont disponibles à l'adresse www.alsglobal.com.

RESULTATS

Caractères pétrographiques

Les formations géologiques observées dans la zone d'étude sont essentiellement des roches à compositions tonalitiques et granodioritiques, recoupées par le Pluton Granitique de Zorgho :

La tonalite

A l'échelle de l'affleurement la texture est à grain généralement moyen et parfois grossier. Son rubanement plus ou moins net est très souvent souligné par les enclaves

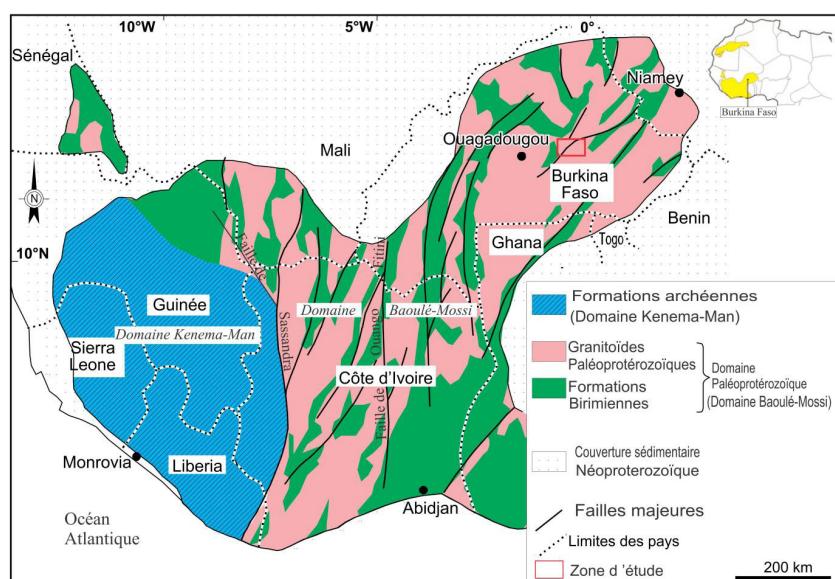


Figure 1. Carte géologique de synthèse de la Dorsale de Man (Milési *et al.* 1992, modifiée).

Figure 1. Synthesis geological map of the Dorsale de Man (Milési *et al.* 1992, modified).

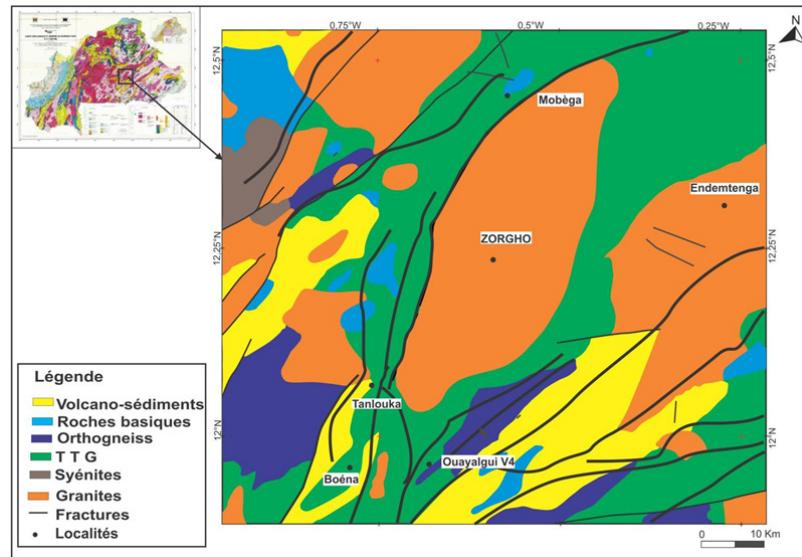


Figure 2. Carte géologique de la zone d'étude extraite de la carte géologique à 1/1000000 du Burkina Faso (Castaing *et al.* 2003, modifiée).

Figure 2 . Geological map of the study area taken from the 1/1000000 geological map of Burkina Faso (Castaing *et al.* 2003, modified).

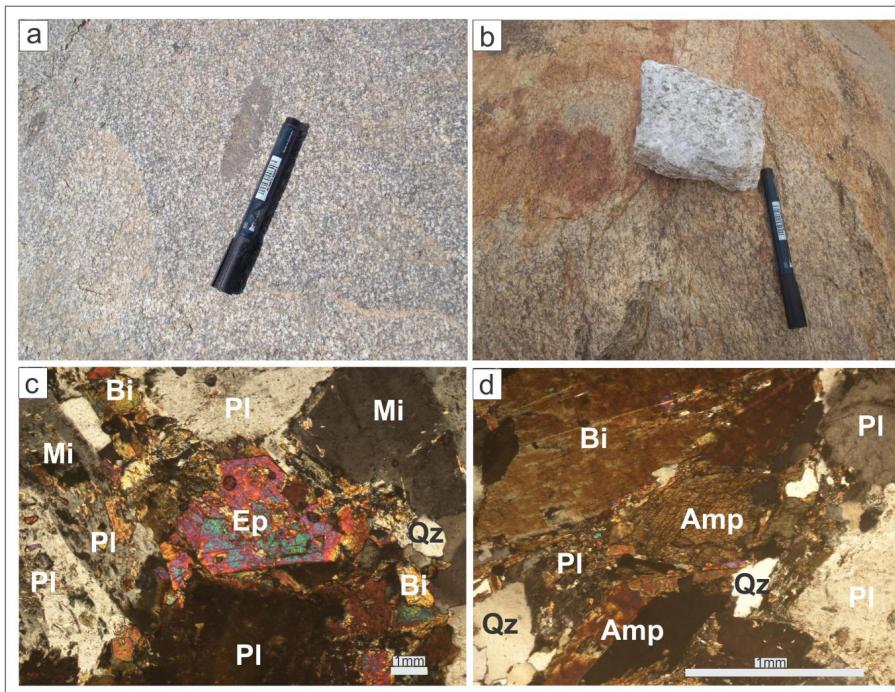


Figure 3. Images macroscopiques et microscopiques de l'encaissant immédiat du pluton de Zorgho. a. image macroscopique de la tonalite, b-image macroscopique de la granodiorite, c. image microscopique de la tonalite, d-image microscopique de la granodiorite.

Amp: Amphibole ; Bi : Biotite ; Qz : Quartz ; Pl : Plagioclase ; Mi : Microcline ; Ep : Epidote.

Figure 3. Macroscopic and microscopic images of the Zorgho pluton. a. macroscopic image of tonalite, b. macroscopic image of granodiorite, c. microscopic image of tonalite, d. microscopic image of granodiorite.

Amp: Amphibole ; Bi : Biotite ; Qz: Quartz ; Pl : Plagioclase ; Mi : Microcline ; Ep : Epidote.

comagmatiques assez fréquentes (Fig. 3a). Au microscope, les minéraux ferromagnésiens sont essentiellement de l'amphibole et quelques lamelles de biotite. Les minéraux blancs sont majoritairement les plagioclases et le quartz (Fig. 3c). Les feldspaths potassiques en très faible quantité sont représentés par le microcline. Les minéraux accessoires sont les épidoites, la calcite, le sphène, le zircon et les opaques.

La granodiorite

A l'affleurement, les granodiorites sont leucocrates à mesocrates, à grain moyen (Fig. 3b). Par endroit, la granodiorite présente une teinte rose qui s'observe dans les zones de déformation plus ou moins intense. Au microscope, les minéraux ferromagnésiens sont la biotite et les amphiboles (Fig. 3d). Ces minéraux sont peu abondants et représentent entre 10 et 15% du volume de la roche. Les biotites sont sous forme de lamelles allongées et altérées en chlorite. Les amphiboles sont automorphes à sub-automorphes. Quant aux minéraux blancs, il s'agit des feldspaths potassiques et des plagioclases (environ 65% du volume total de la roche) et du quartz (environ 15% du volume total de la roche). Les minéraux accessoires sont essentiellement le sphène, le zircon, l'épidote et quelques opaques (environ 5% du volume total de la roche).

Le Pluton Granitique de Zorgho

A l'affleurement, il s'agit d'une roche globalement leucocrate et riche en quartz (Fig 4a, b). Au microscope (Fig. 4c, d), la biotite est de couleur brune, sous forme allongée et s'altère par endroit en chlorite (environ 15% du volume totale de la roche totale). Les plagioclases et les feldspaths potassiques (environ 55% du volume de la roche totale) ont des proportions plus ou moins équilibrées. Les plagioclases sont subautomorphes et s'altèrent en micas blancs. Les feldspaths potassiques sont poécilitiques et perthitiques. Le quartz xénomorphe est abondant (environ 25% du volume de la roche totale) et se présente sous forme de cristaux de taille moyenne. Les minéraux accessoires (environ 5% du volume de la roche totale) sont essentiellement le sphène, le zircon, l'épidote, et quelques opaques.

Caractères Géochimiques

Les résultats d'analyses géochimiques sur roche totale (majeurs, mineurs et terres rares) sont présentés dans les tableaux 1-3.

Les éléments majeurs et mineurs

Les analyses géochimiques sur roche totale indiquent que les teneurs en SiO_2 du pluton granitique de Zorgho (70 et 75%) sont largement supérieures à celles de l'encaissant TTG (60 et 66%). La même tendance s'observe pour K_2O avec des teneurs de 3,07 à 4,61% dans le granite de Zorgho et 1,38 à 2,64% dans l'encaissant TTG. A l'opposé, les teneurs en CaO et MgO dans l'encaissant TTG (respectivement de 3,84 à 5,45% et 1,74 à 2,77%) sont plus importants que dans le granite de Zorgho (respectivement de 0,96 à 2,62% et 0,2 à 0,81%).

Dans le diagramme de Peccerillo & Taylor (1976) qui exprime le taux de K_2O en fonction de SiO_2 (Fig. 5a), les échantillons du Pluton Granitique de Zorgho se placent dans le domaine de la série calco-alcaline hautement potassique alors que les granitoïdes TTG sont dans le domaine de la série calco-alcaline potassique (Fig. 5a). Dans le diagramme A/CNK versus SiO_2 , le granite de Zorgho et son encaissant TTG sont métalumineux à peralumineux avec un caractère de type I ($\text{A/CNK} < 1,1$) (Fig. 5b). Dans le diagramme Ab-An-

Or (O'Connor 1965), les échantillons de l'encaissant des granitoïdes TTG se placent dans le domaine des tonalites et des granodiorites alors que ceux du Pluton Granitique de Zorgho se positionnent dans le domaine des granites au sens strict (Fig. 5c).

Les diagrammes de Harker (1909) des principaux oxydes versus la silice (SiO_2) (Fig. 6) montrent une corrélation linéaire négative entre la silice et la plupart des éléments majeurs (Fe_2O_3 , MgO , CaO et TiO_2). Ces corrélations négatives traduisent un fractionnement des plagioclases, des hornblendes, des oxydes et des apatites au cours de la différenciation magmatique. Par contre la corrélation est positive entre Na_2O et la silice; les teneurs en alumine (Al_2O_3) ne corrèlent pas avec celle de la silice.

Les diagrammes de Harker (1909) des mineurs (Co, V, Ta, Nb, Zr, Y, Tm) versus la silice (Fig. 7), montrent une corrélation linéaire négative avec les teneurs en silice. Cela confirme probablement le fractionnement de certains minéraux au cours de la différenciation magmatique et indique un appauvrissement en zircon. Ces teneurs en éléments mineurs sont plus importants dans l'encaissant que dans le Pluton Granitique de Zorgho. Par contre les teneurs en Ba, Rb et Th augmentent lorsque les teneurs en silice croissent.

Les Spectres de terres rares

Les Spectres de Terres Rares normalisés par rapport aux chondrites (Boyton 1984) sont relativement fractionnés pour l'ensemble des échantillons (Fig. 8). Le rapport $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ qui traduit cet état de fait varie entre 12 et 30 pour l'encaissant TTG et 27,47 et 86,75 pour le Pluton Granitique de Zorgho. Les valeurs du rapport Eu/Eu^* montrent qu'il y a de faibles anomalies négatives et positives dans le granite de Zorgho (Eu/Eu^* entre 0,9 et 1,46) (Fig. 8a). Pour les granitoïdes TTG, les anomalies sont légèrement positives (Eu/Eu^* entre 1,03 et 1,09) (Fig. 8b). Les anomalies négatives en Tm et positives en Yb qui sont inversement corrélées traduirait un fractionnement des minéraux accessoires tels que les zircons dont la présence a été révélée par les observations microscopiques.

Les rapports Gd/Yb normalisés à la croûte supérieure (Taylor & McLennan, 1985) se situent entre 2,69 et 7,47 pour le pluton granitique de Zorgho et entre 2,35 et 3,80 pour les roches encaissantes adjacentes. Sur le diagramme $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ en fonction de SiO_2 , ces valeurs supérieures à 1 sont compatibles avec le fractionnement des terres rares lourdes (Fig. 9). Le diagramme $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ en fonction de Yb (Fig. 10) présente un coefficient variant de 0 à 0,65. Ces valeurs de coefficients correspondent à des modèles théoriques de magmas issus d'une cristallisation fractionnée.

Spectres multiéléments

Les spectres multiéléments des granitoïdes normés aux NMORB montrent un enrichissement en LILE (Large Ion Lithophile Elements) par rapport aux HFSE (High Field Strength Elements) et un rapport $(\text{Rb}/\text{La})_{\text{N}}$ compris entre 0,60 et 0,90 pour les granitoïdes TTG et 1,26 et 3,08 pour le Pluton Granitique de Zorgho (Fig. 11). Leur composition se rapproche de celle de la croûte supérieure comparativement aux NMORB et pourrait traduire un magmatisme avec une forte implication de la croûte supérieure. Les spectres multiéléments montrent également que toutes les formations présentent une anomalie négative prononcée en Nb et modérée en Pr, P, Ti et une anomalie positive prononcée en Pb. Ces formations présentent également des anomalies positives en Ba, K, Sr et Y. Tous ces traits sont caractéristiques d'un matériel crustal et suggèrent un environnement de marge continentale active.

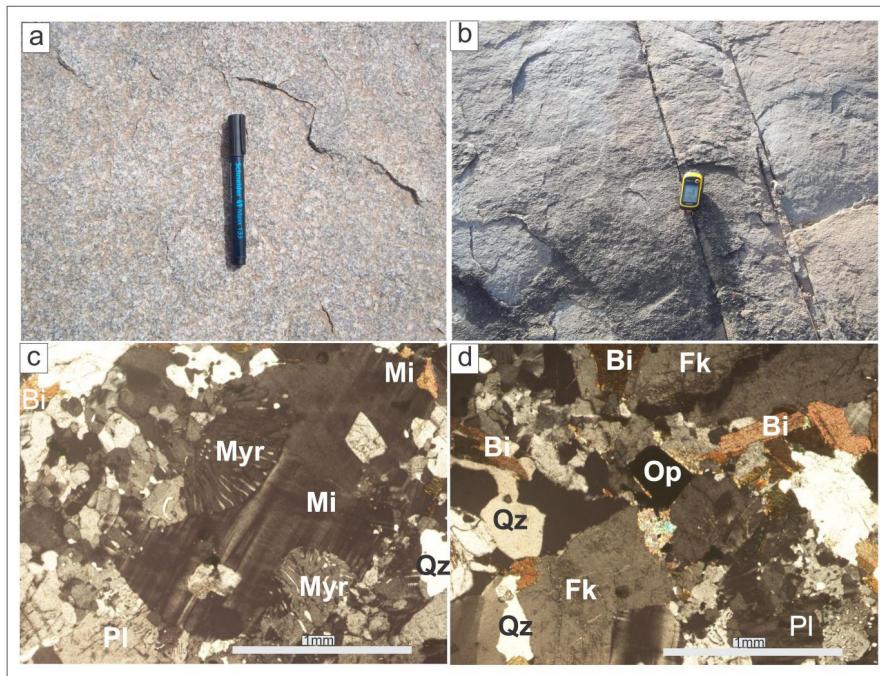


Figure 4. Aspects macroscopiques et microscopiques du granite de Zorgho, a- faciès grenue au sens strict vu à l'échelle du terrain; b-Illustration macroscopique du faciès grenue à grain moyen ; c-Illustration microscopique du faciès grossier ; d-Illustration microscopique du faciès fin.

Bi : Biotite ; Qz : Quartz ; Pl : Plagioclase ; Mi : Microcline ; Fk : Feldspath potassique ; Myr: Myrmékite ; OP : Opaque.

Figure 4. Macroscopic and microscopic aspects of the Zorgho granite, a- granitic facies in the strict sense seen at field scale; b-Macroscopic illustration of the medium-grained granitic facies; c-Microscopic illustration of the coarse facies; d-Microscopic illustration of the fine facies.

Bi: Biotite; Qz: Quartz; Pl: Plagioclase; Mi: Microcline; Fk: Potassium feldspar; Myr: Myrmekite; OP: Opaque.

Tableau 1: Analyse roche totale des éléments majeurs des granitoïdes de la région de Zorgho.

Tableau 1: Total rock analysis of major elements in granitoids from the Zorgho region.

		Éléments majeurs (%)					
Échantillons		PGZ			TTG		
Sites	TS138	TS43	TS72	TS84	TS66	TS167	TS123
SiO ₂	74,4	73,4	74,3	70	61,8	65,1	65,8
Al ₂ O ₃	14,65	14,3	14,6	16,4	16,15	16,4	16,4
Fe ₂ O ₃	1,24	1,34	0,95	2,71	5,75	3,76	4,48
CaO	1,06	0,96	1,36	2,62	5,45	3,84	4,04
MgO	0,2	0,25	0,28	0,81	2,77	1,74	2,15
Na ₂ O	4,41	4,08	4,34	4,52	3,95	4,39	4,19
K ₂ O	4,25	4,61	4,05	3,07	1,38	2,48	2,64
Cr ₂ O ₃	0,003	0,002	0,002	0,003	0,008	0,005	0,009
TiO ₂	0,14	0,17	0,14	0,32	0,53	0,5	0,52
MnO	0,02	0,03	0,03	0,03	0,08	0,05	0,06
P ₂ O ₅	0,03	0,04	0,05	0,12	0,18	0,18	0,21
SrO	0,01	0,01	0,09	0,08	0,07	0,08	0,07
BaO	0,08	0,11	0,13	0,18	0,06	0,1	0,11
LOI	0,48	0,6	0,33	0,46	0,95	0,75	0,66
Total	100,97	99,9	100,65	101,32	99,13	99,38	101,34
A/CNK(mol.)	1,06	1,07	1,04	1,06	0,90	0,97	0,96

Tableau 2 : Analyse roche totale des éléments mineurs des granitoïdes de la région de Zorgho.

Tableau 2: Total rock analysis of minor elements in granitoïds from the Zorgho region.

Échantillons	Éléments mineurs (ppm)						
	TS138	TS43	PGZ	TS72	TS84	TS66	TS167
Sites	TS138	TS43	PGZ	TS72	TS84	TS66	TS167
Ba	728	964	1235	1665	561	863	1030
Cr	10	<10	<10	10	50	30	70
Cs	2,58	0,4	2,19	2,04	0,54	3,44	2,4
Ga	24,8	19	17,9	19,5	18,1	21,9	20
Ge	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hf	3,1	3,5	2,2	2,6	4	3,7	3,8
Nb	3,9	3,4	2,4	4,7	4,4	4,5	5
Sn	1	<1	<1	<1	<1	1	<1
Sr	220	194,5	863	874	675	795	731
Ta	0,2	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1
Th	8,27	9,7	3,61	3,04	1,94	3,86	4,38
U	1,51	1,25	2,17	0,35	0,14	1,14	1,02
V	11	11	14	43	121	62	89
W	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Y	2,9	5,9	2,6	2,4	10	7,3	8,3
Zr	99	123	76	104	161	148	148
Th/U	5,48	7,76	1,66	8,69	13,86	3,39	4,29
La/Nb	5,36	9,29	4,58	4,11	4,43	5,87	5,78
Zr/Hf	31,94	35,14	34,55	40,00	40,25	40,00	38,95
Rb/Sr	0,73	0,75	0,14	0,11	0,06	0,11	0,13
Th/Nb	2,12	2,85	1,50	0,65	0,44	0,86	0,88
(Rb/La)N	2,10	1,26	3,08	1,41	0,60	0,89	0,90
(Nb/Zr) N	1,25	0,88	1,00	1,43	0,87	0,97	0,58
As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,8	0,8
Bi	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04
Hg	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
In	0,006	0,005	0,011	0,019	0,01	0,011	0,012
Re	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Sb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Se	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Te	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Tl	0,14	0,03	0,17	0,37	0,19	0,41	0,41
Ag	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cd	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	2	2	2	3	19	9	13
Cu	3	3	3	3	39	9	21
Li	30	30	20	50	20	50	40
Mo	1	1	<1	<1	<1	<1	<1
Ni	4	<1	1	3	34	13	24
Pb	24	28	38	11	4	13	11
Sc	1	2	1	3	12	6	7
Ba	728	964	1235	1665	561	863	1030
Zn	45	41	28	44	64	72	66

Tableau 3: Analyse roche totale des éléments traces des granitoïdes de la région de Zorgho.

Tableau 3: Total rock analysis of trace elements in granitoids from the Zorgho region.

Terres rares (ppm)

Échantillons	PGZ					TTG	
Sites	TS138	TS43	TS72	TS84	TS66	TS167	TS123
Ce	36,5	52	28,9	36,5	41	51,4	56,6
Dy	0,52	0,74	0,56	0,5	1,89	1,52	1,79
Er	0,3	0,39	0,34	0,19	1,11	0,62	0,83
Eu	0,5	0,6	0,53	0,79	1,07	1,17	1,2
Gd	1,29	1,56	0,89	1,38	3	2,78	3,14
Ho	0,09	0,14	0,1	0,08	0,36	0,25	0,28
La	20,9	31,6	11	19,3	19,5	26,4	28,9
Lu	0,03	0,04	0,03	0,01	0,12	0,07	0,07
Nd	12,5	17,3	8,4	15,1	19,9	23,6	24,8
Pr	3,94	5,61	2,43	4,49	5,22	6,38	6,86
Rb	161,5	145,5	125	99,1	43,1	86,3	94,7
Sm	1,88	2,41	1,4	2,03	3,39	3,88	3,96
Tb	0,12	0,16	0,11	0,14	0,37	0,3	0,37
Tm	0,04	0,03	0,01	0,01	0,15	0,08	0,08
Yb	0,25	0,31	0,27	0,15	1,03	0,6	0,67
Eu/Eu*	0,98	0,95	1,45	1,44	1,03	1,09	1,04
(La/Yb)N	56,36	68,72	27,47	86,75	12,76	29,66	29,08
(Gd/Yb)N	4,16	4,10	2,69	7,47	2,35	3,76	3,80
Σ REE	78,86	112,89	54,97	80,67	98,11	119,05	129,55

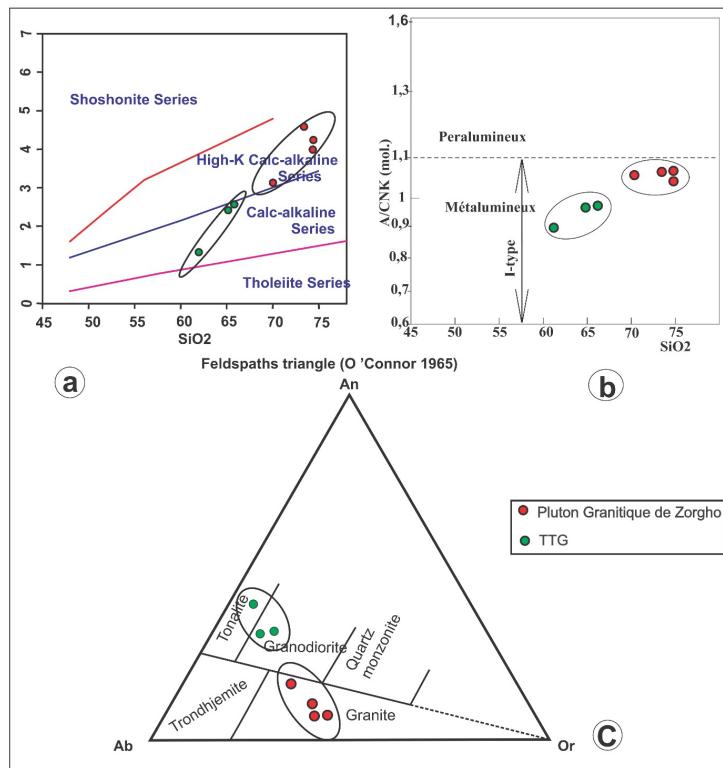


Figure 5. Classification des granitoïdes de la zone d'étude en fonction des teneurs des éléments majeurs

a: Diagramme K_2O versus SiO_2 (Peccerillo et Taylor, 1976) ; b: diagramme A/CNK (% molaire de $Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$) versus SiO_2 ;
c: diagramme Ab-An-Or (O'Connor, 1965).

Figure 5. Classification of granitoids in the study area according to major element content

a: K_2O versus SiO_2 diagram (Peccerillo and Taylor, 1976); b: A/CNK diagram (molar % of $Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$) versus SiO_2 ; c: Ab-An-Or diagram (O'Connor, 1965).

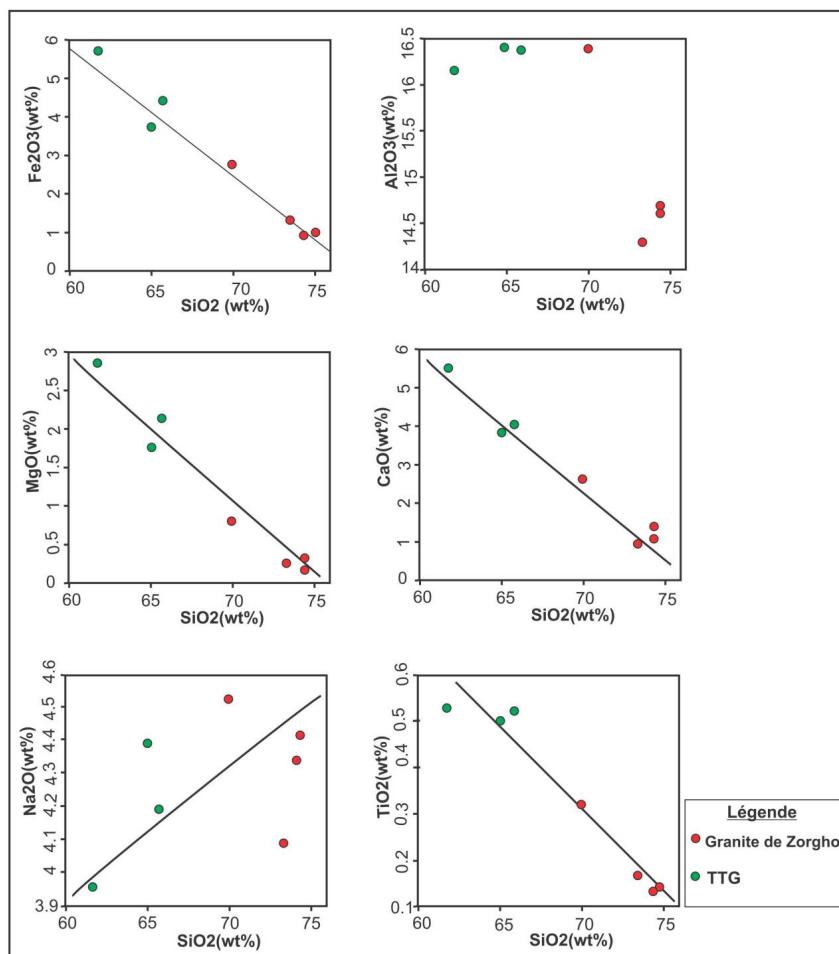


Figure 6 : Diagramme de Harker, SiO₂ vs éléments majeurs (Harker 1909).
 Figure 6: Harker diagram, SiO₂ vs major elements (Harker 1909).

Contexte géotectonique de mise en place des granitoïdes de la zone d'étude

Sur le diagramme de Batchelor et Bowden (1985), tous les échantillons du granite de Zorgho se positionnent dans le domaine syn-collision alors que les échantillons des granitoïdes TTG se placent dans le domaine de Pre-collision des plaques (Fig. 12a). Dans le diagramme de Pearce *et al.* (1984), tous les granitoïdes sont dans le champ des «Volcanic Arc Granitoïds + Syn-COLG» (Fig. 12b). Sur le diagramme Zr vs (Nb/Zr) (Fig. 13), les échantillons plotés se sont positionnés dans les champs du magmatisme mantellique calco-alcalin des zones de subduction (A) et du magmatisme crustal calco-alcalin (B). Ce qui suggère une mise en place dans un contexte de marge active agitée avec une contribution crustale plus importante que celle mantellique.

DISCUSSION

Dans la zone d'étude, les compositions minéralogiques et géochimiques ont permis de mettre en évidence des granitoïdes types TTG et des granites à biotite. Ces résultats corroborent ceux obtenus par d'autres auteurs dans les régions Est, Centre-Est et Nord du Burkina Faso (Naba *et al.* 2004, Yaméogo *et al.* 2020, Ilboudo *et al.* 2021). Des résultats similaires ont été obtenus dans d'autres régions du domaine Paléoprotérozoïque, notamment en Côte d'Ivoire (Hirdes *et al.* 1996, Doumbia *et al.* 1998). Les spectres de terres rares du pluton granitique de Zorgho sont relativement plus fraction-

nés par rapport à ceux de son encaissant type TTG. Eu égard leurs spectres de terres rares sont relativement plats, la similitude entre les granitoïdes type TTG du domaine Paléoprotérozoïque avec les TTG archéens (Martin *et al.* 2002, Moyen *et al.* 2011) et les adakites (Castaing *et al.* 2003) ne fait l'objet d'aucun doute.

Pour les TTG archéens, il est supposé une fusion partielle d'éclogites dans un contexte de subduction (Martin *et al.* 2014) à l'image du magmatisme subalcalin en Chili (Martin 1999). Cette hypothèse est également celle retenue pour les granitoïdes type TTG du centre de la Côte d'Ivoire (Doumbia *et al.* 1998, Pouclet *et al.* 2006), du Nord du Burkina Faso (Sawadogo *et al.* 2014) et du Nord du Ghana (Amponsah *et al.* 2025, Block *et al.*, 2015) qui sont similaires à ceux de la présente zone d'étude. L'anomalie en europium, pratiquement absente, pourrait s'expliquer par un fractionnement peu important des plagioclases (Traoré *et al.* 2011).

En ce qui concerne les granites à biotite, métaluminieux et relativement plus potassiques avec des spectres de terres rares plus fractionnés, il est suggéré une fusion partielle des granitoïdes type TTG (Doumbia *et al.* 1998). Néanmoins, dans le cas présent, les spectres d'échantillons présentant une légère anomalie positive en europium pourraient traduire une faible accumulation des plagioclases.

La présence de leptynites et de migmatites à proximité des granites à biotite pourrait corroborer cette hypothèse. En effet, les leptynites et les migmatites sont synonymes de conditions

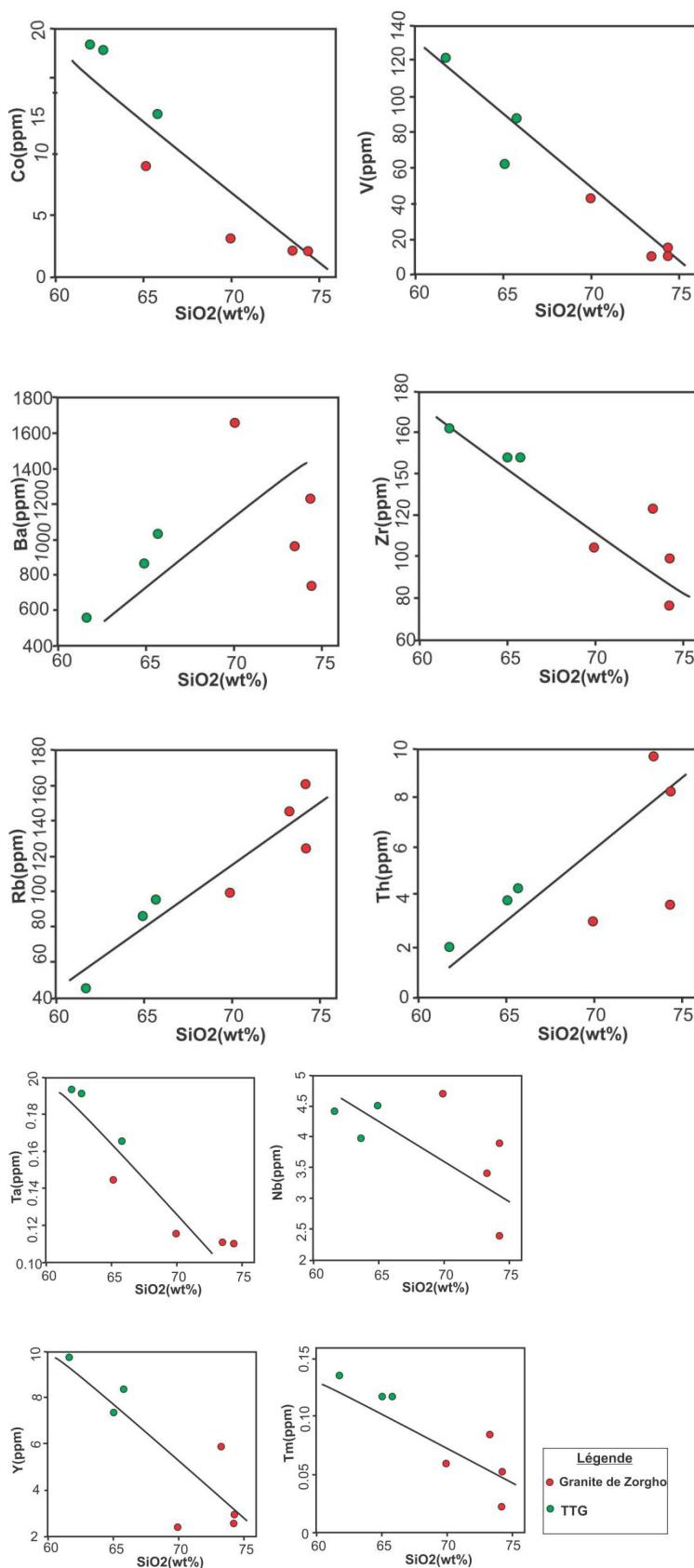


Figure 7 : Diagramme de Harker, SiO₂ vs éléments mineur (Harker 1909).
 Figure 7: Harker diagram, SiO₂ vs minor elements (Harker 1909).

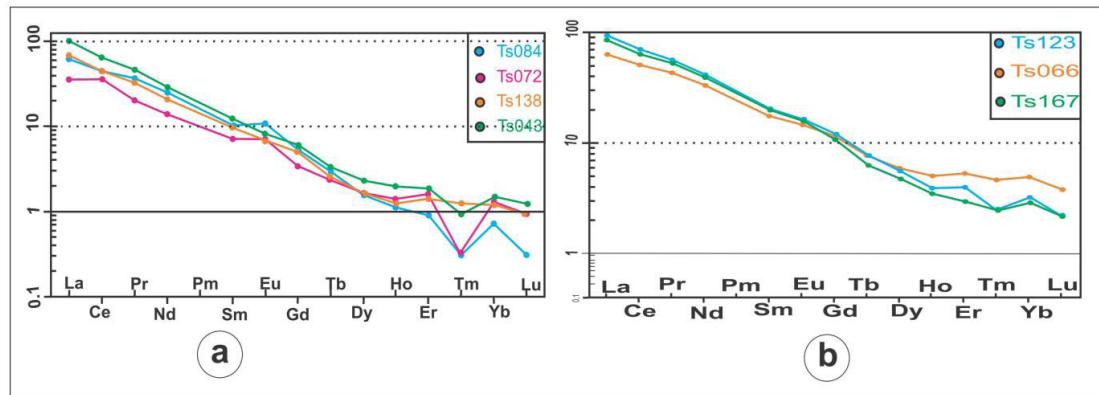


Figure 8 : Spectres des terres rares des granitoïdes de la zone d'étude normalisés par rapport aux chondrites (Boyton 1984)
a : spectres des terres rares du granite de Zorgho, b. spectres des terres rares des granitoïdes TTG.

Figure 8: Rare-earth spectra of the granitoids in the study area normalised to chondrites (Boyton 1984) a: rare-earth spectra of the Zorgho granite, b. spectra of the TTG granitoids.

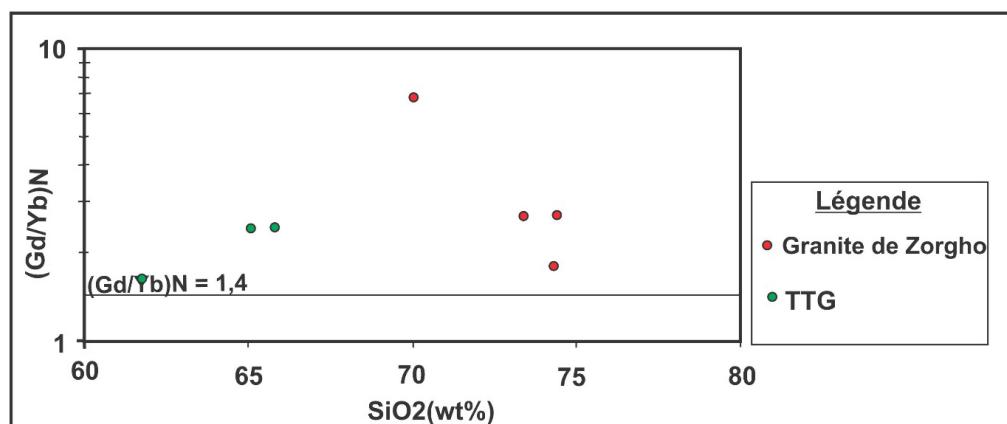


Figure 9: Diagramme SiO₂ vs (Gd/Yb) (Taylor et Mc Lennan 1985).
Figure 9: SiO₂ vs (Gd/Yb) diagram (Taylor and McLennan 1985).

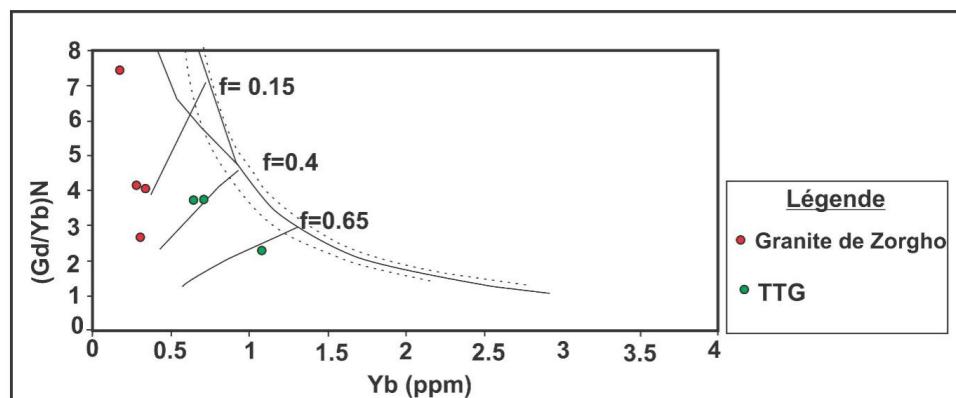


Figure 10: Diagramme Yb vs (Gd/Yb)N, Taylor & Mc Lennan 1985.
Figure 10: Yb vs (Gd/Yb)N diagram, Taylor & McLennan 1985.

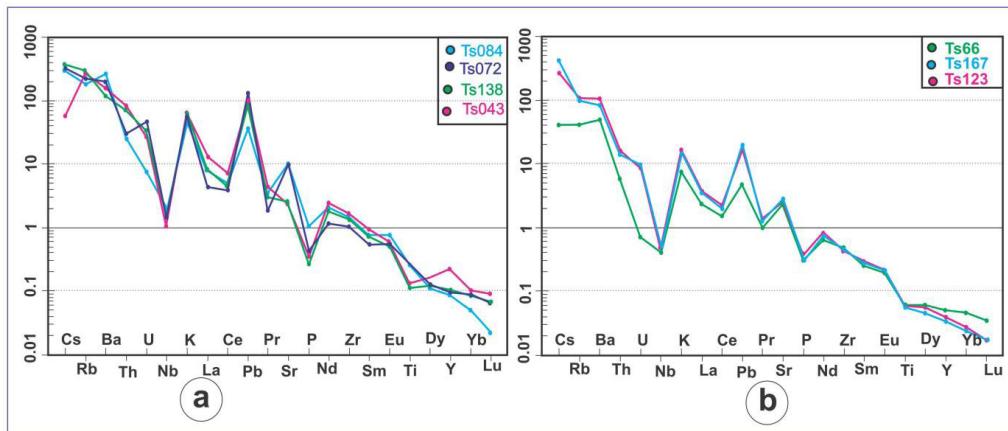


Figure 11: Spectres multiéléments normalisés aux NMORB (Sun and McDonough 1989). a : Spectres multiéléments du Pluton Granitique de Zorgho, b : Spectres multiéléments des granitoïdes TTG.

Figure 11: Multi-element spectra normalized to NMORB (Sun and McDonough 1989). a : Multi-element spectra of the Zorgho Granite Pluton, b : Multi-element spectra of the TTG granitoids.

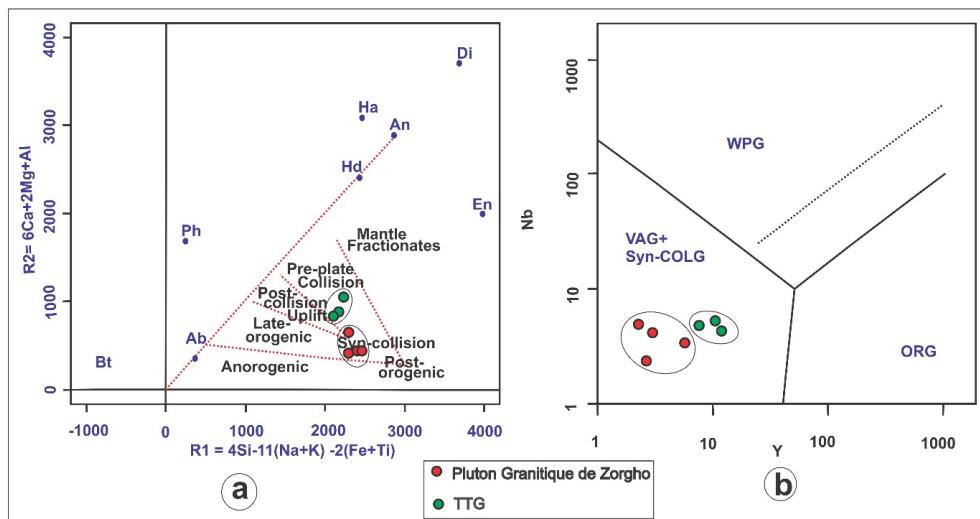


Figure 12 : Position des granitoïdes de la zone d'étude sur les diagrammes géotectoniques. a : Diagramme de Batchelor & Bowden (1985), b : Diagramme de Pearce et al. (1984). Les teneurs en Zr vs (Nb/Zr)N normalisées montrent des échantillons placés dans les Zones A et D.

Les échantillons de la zone A qui sont essentiellement des TTG.

Figure 12: Position of granitoids in the study area on geotectonic diagrams. a : Diagram by Batchelor & Bowden (1985), b: Diagram by Pearce et al. (1984).normalised Zr vs (Nb/Zr)N values show samples from Zones A and D. Samples from Zone A, which are essentially TTG.

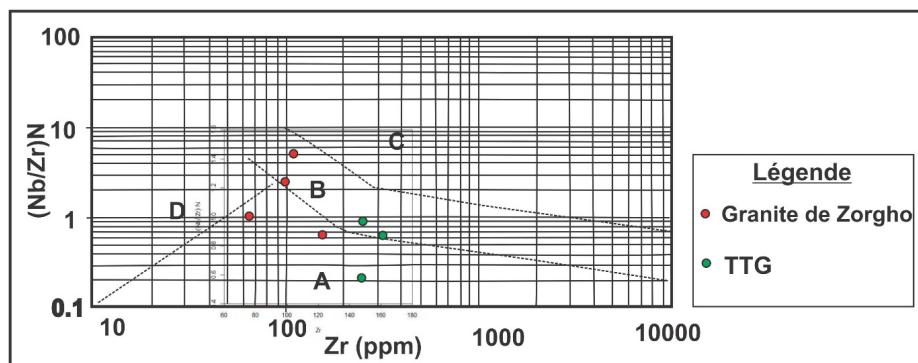


Figure 13: Diagramme Zr vs (Nb vs Zr) N, Thiéblémont & Tegyey 1994: A-Champ du magmatisme calco-alkalin mantélique (Zone de Sobduction), B-Champ du magmatisme calco-alkalin crustal; C-Champ du magmatisme alcalin intraplaque; D-Champ de leuco-granites peraluminoseux liés aux zones de Collision.

Figure 13: Diagram Zr vs (Nb vs Zr) N, Thiéblémont & Tegyey 1994: A-Field of mantle calc-alkaline magmatism (Sobduction Zone); B-Field of crustal calc-alkaline magmatism; C-Field of intraplate alkaline magmatism; D-Field of peraluminous leucogranites linked to the Collision Zones.

d'anatexie ou proche de celle-ci dont les protolithes pourraient être des granitoïdes type TTG précoce (Kagambéga *et al.* 2006, Yaméogo *et al.* 2024).

D'après les diagrammes géotectoniques, les granitoïdes en étude se seraient mis en place dans un contexte d'arc volcanique. Cela est en conformité avec des résultats obtenus dans d'autres régions du Burkina Faso (Castaing *et al.* 2003, Sawadogo *et al.* 2014, Yaméogo *et al.* 2020) et du domaine Baoulé-Mossi de façon générale (Block *et al.* 2015).

En ce qui concerne les mécanismes de mise en place, les granitoïdes type TTG se mettent en place par diapirisme dans un contexte de raccourcissement régional NW-SE (Pons *et al.* 1995, Caby *et al.* 2000, Vidal *et al.* 2009, Lombo 2010), alors que les granites à biotite se mettent en place dans un contexte transcurrent régional (Pons *et al.* 1995, Naba *et al.* 2004, Sawadogo *et al.* 2018, Yaméogo *et al.* 2023). Toutefois, en considérant la longue période de mise en place des granitoïdes durant l'orogenèse éburnéenne, la possibilité que les granites à biotite puissent se mettre en place suivant l'un ou l'autre des deux mécanismes de mise en place est suggérée (Pons *et al.* 1995, Vegas *et al.* 2008, Yaméogo *et al.* 2023).

CONCLUSION

La présente étude qui a concerné les granitoïdes du centre du Burkina Faso, dans la zone de Zorgho, a permis d'indiquer les processus pétrogénétiques et le contexte de mise en place. Les granites à biotites se distinguent des granitoïdes type TTG par leur caractère métalumineux à peralumineux et hautement potassique. Les granitoïdes de première génération ou granitoïdes type TTG seraient issus de la fusion partielle de roches basiques dans un contexte de subduction. Quant aux granites à biotite, ils sont issus de la fusion probablement des granitoïdes TTG et se mettent en place suivant des mécanismes variables.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le projet West African eXploration Initiative 3 (WAXI3) qui a mis à notre disposition les moyens financiers, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Centre de Ouagadougou qui a mis à notre disposition le véhicule pour les travaux de terrain et la société d'exploration B2GOLD CORP qui nous a offert quelques facilités sur le terrain pour l'hébergement. Les auteurs tiennent également à exprimer leurs vifs remerciements à l'éditeur en chef du Bulletin de l'Institut Scientifique » prof. ACHAB Mohammed et aux évaluateurs de la revue prof EL JANATI M'hamed de l'Université Mohammed-V de Rabat et un autre évaluateur anonyme, pour leur contribution significative à l'amélioration de la qualité scientifique du manuscrit.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abouchami W., Boher M., Michard A. *et al.* 1990. A major 2.1 Ga event of mafic magmatism in West Africa, an early stage of crustal accretion. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 95, B11, 17605-17629.
- Amponsah P.O., Salvi S., Bézat D. *et al.* 2015. The Bepkong gold deposit, Northwestern Ghana. *Ore Geology Reviews*, 78, 718-723.
- Bachelor R. A. & Bowden P. 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multication parameters. *Chemical geology*, 48, 43-55.
- Block S., Jessell M., Aillères L. *et al.* 2015. Lower crust exhumation during Paleoproterozoic (Eburnean) orogeny, NW Ghana, West African Craton : Interplay of coeval contractional deformation and extensional gravitational collapse. *Precambrian Research*, 274, 82-109.
- Boher M., Abouchami W., Michard A. *et al.* 1992. Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 97, B1, 345-369.
- Boynton W. V. 1984. Cosmochemistry of the Rare Earth Elements: Meteorite Studies. *Developments in Geochemistry*, 2, 63-114.
- Caby R., Delor C. & Agoh O. 2000. Lithologie, structure et métamorphisme des formations birimien dans la région d'Odienné (Côte d'Ivoire) : rôle majeur du diapirisme des plutons et des décrochements en bordure du craton de Man. *Journal of African Earth Sciences*, 30, 2, 351-374.
- Castaing C., Billa M., Milési J.P. *et al.* 2003. Notice explicative de la carte géologique et minière du Burkina Faso à 1/1 000 000. *Edit. B.R.G.M., Orléans, France*, 1-147.
- Chardon D., Bamba O. & Traoré K. 2020. Eburnean deformation pattern of Burkina Faso and the tectonic significance of shear zones in the West African craton. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 191, 2, 1-18.
- Doumbia S., Pouclet A., Kouamélan A. *et al.* 1998. Petrogenesis of juvenile-type Birimian (Paleoproterozoic) granitoids in central Côte d'Ivoire, West Africa: geochemistry and geochronology. *Precambrian Research*, 87, 1-2, 33-63.
- Egal E., Thieblemont D., Lahondere D. *et al.* 2002. Late Eburnean granitization and tectonics along the western and northwestern margin of the Archean Kenema-Man domain (Guinea West African Craton). *Precambrian Research*, 117, 1-2, 57-84.
- Eglinger A., Thébaud N., Zeh A. *et al.* 2017. New insights into the crustal growth of the Paleoproterozoic margin of the Archean Kéména-Man domain, West African craton (Guinea): Implications for gold mineral system. *Precambrian Research*, 292, 258-289.
- Grenholm M., Jessell M. & Thébaud N. 2019. A geodynamic model for the Paleoproterozoic (ca. 2.27-1.96 Ga) Birimian Orogen of the southern West African Craton-Insights into an evolving accretionary-collisional orogenic system. *Earth-Science Reviews*, 192, 138-193.
- Harker A. 1909. The natural history of igneous rocks. Methuen and Co., London, and Macmillan, New York. 377p.
- Hein A. A. K. 2016. The Bagassi gold deposits on the eastern margin of the Houndé greenstone belt, Burkina Faso. *Ore Geology Reviews*, 78, 660-666.
- Hirdes W., Davis D.W., Ludtke G. *et al.* 1996. Two generations of Birimian (Paleoproterozoic) volcanic belts in northeastern Côte d'Ivoire (West Africa) : consequences for the Birimian controversy. *Precambrian Research*, 80, 3-4, 173-191.
- Hottin G. & Ouédraogo O. F. 1975. Notice explicative de la carte géologique à 1/1000000 du Burkina Faso. D.G.M., édit., BRGM., 58 p.
- Ilboudo H., Sawadogo S., Naba S. *et al.* 2013. Structure et mode de mise en place du pluton granitique de Tiébélé (Burkina Faso) et son implication dans la concentration des anomalies en métaux de base (Zn-Pb-Cu) et en or (Au). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre*, 35, 63-75.
- Ilboudo H., Sawadogo S., Kagambéga N. *et al.* 2021. Petrology, geochemistry, and source of the emplacement model of the Paleoproterozoic Tiébélé Granite Pluton, Burkina Faso (West Africa): contribution to mineral exploration. *International Journal of Earth Sciences*, 110, 5, 1753-1781.
- Junner N. R. 1940. The Geology of the Gold Coast and Western Togoland with revised geological map (1000000). *Bulletin Gold Coast Geological Survey*, 11, 40 p.
- Kagambéga N. Lombo M., Naba S. *et al.* 2006. Caractère magmatique des granitoïdes rubanés de Pô (Burkina Faso -Afrique de

- l'Ouest) : Problème des migmatites paléoprotérozoïques. *Annales de l'Université de Ouagadougou - Série C*, 1-24.
- Leube A., Hirde W., Mauer R. *et al.* 1990. The early Proterozoic birimian supergroup of Ghana and some aspect of its associated gold mineralisation. *Precambrian research*, 46, 1-2, 139-165.
- Lompo M. 2010. Geodynamic Evolution of the West African Craton and Its Bearing on Gold Mineralization. *Mineralium Deposita*, 44, 489-511.
- Martin H. 1999. The adakitic magmas: modern analogues of Archean granitoids. *Lithos*, 46, 3, 411-429.
- Martin H. & Moyen J. F. 2002. Secular changes in TTG composition as markers of the progressive cooling of the Earth. *Geology*, 30, 4, 319-22.
- Martin H., Moyen J.F., Guitreau M. *et al.* 2014. Why Archean TTG cannot be generated by MORB melting in subduction zones. *Lithos*, 198-199, 1-13.
- Moyen J. F. 2011. The composite Archean grey gneisses: Petrological significance, and evidence for a non-unique tectonic setting for Archean crustal growth. *Lithos*, 123, 21-36.
- Naba S., Lompo M., Debat P. *et al.* 2004. Structure and emplacement model for late-orogenic Paleoproterozoic granitoids: Tenkodogo-yamba elongate pluton (eastern Burkina Faso). *Journal of African Earth Sciences*, 38, 41-57.
- O'Connor J. T. 1965. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. *US geological survey professional paper*, 525-B, 79-84.
- Ouedraogo F. O. (DGM) & Equipe de projet SYSMIN (coordination C. Castaing, BRGM). 2003. Notice explicative de la Carte géologique du Burkina Faso à 1/200 000, *Feuille Boulsa*, 56p.
- Parra-Avila L.A., Belousova E., Fiorentini M.L. *et al.* 2016. Crustal evolution of the Paleoproterozoic Birimian terranes of the Baoulé-Mossi domain, southern West African Craton: U-Pb and Hf-isotope studies of detrital zircons. *Precambrian research*, 274, 25-60.
- Pawlak S., Gueye M., Klischies R. *et al.* 2006. Geochemical and Sr-Nd isotopic data on the Birimian of the Kedougou-Kenieba Inlier (Eastern Senegal) : implications on the Paleoproterozoic evolution of the West African Craton. *South African Journal of Geology*, 109, 411-427.
- Pearce J. A., Harris N. B. & Tindle A. G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation for granitic rocks. *Journal of petrology*, 25, 4, 956-983.
- Peccerillo A. & Taylor S. R. 1976. Geochemistry of Eocene talc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to mineralogy and petrology*, 58, 63-81.
- Pons J., Barbey P., Dupuis D. *et al.* 1995. Mechanisms of pluton emplacement and structural evolution of a 2.1 Ga juvenile continental crust : the Birimian of southwestern Niger. *Precambrian research*, 70, 281-301.
- Pouclet A., Vidal M., Delor C. *et al.* 2006. Le volcanisme birimien du nord-est de la Côte d'Ivoire, mise en évidence de deux phases volcano-tectoniques distinctes dans l'évolution géodynamique du Paléoprotérozoïque. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 167, 4, 529-541.
- Sawadogo S., Ilboudo G., Traore A. S. *et al.* 2014. Le pluton de granite alcalin d'Arbinda au nord du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest) : mise en place tardio-éosynthétique révélée par l'Anisotropie de la Susceptibilité Magnétique (ASM) et les microstructures. *Journal Sciences de Dakar*, 14, 1, 23-40.
- Sawadogo S., Naba S., Ilboudo H. *et al.* 2018. The Belahourou granite pluton (Djibo greenstone belt, Burkina Faso) : emplacement mechanism and implication for gold mineralization along a shear zone. *Journal of African Earth Sciences*, 148, 59-68.
- Sun S. S. & McDonough W. F. 1989. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: Implications for mantle composition and processes. *Geological Society of London*, 42, 313-345.
- Tapsoba B., Lo C.H., Jahna B.M. *et al.* 2013. Chemical and Sr-Nd isotopic compositions and zircon U-Pb ages of the Birimian granitoids from NE Burkina Faso, West African Craton: Implications on the geodynamic setting and crustal evolution. *Precambrian research*, 235, 208-229.
- Taylor P. N. & Mc Lennan S. M. 1985. The continental crust: its composition and evolution. An examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks. *Blackwell, oxford*, 312p.
- Traoré A. S., Naba S., Kagambéga N. *et al.* 2011. Mise en place tardio-éosynthétique de la syénite de Wayen (Burkina Faso, Afrique de l'Ouest). *Journal des Sciences et Technologies*, 9, 2, 33-48.
- Trinquard R., Kagambéga N., Naba S. *et al.* 2003. Notice explicative de la Carte géologique du Burkina Faso à 1/200 000, *Feuille Tenkodogo*. *BRGM*, 52p.
- Tshibubudze A., Hein K. A. A. & McCuaig T. C. 2015. The relative and absolute chronology of strato-tectonic events in the Gorom-Gorom granitoid terrane and Oudalan-Gorouol belt, northeast Burkina Faso. *Journal of African Earth Sciences*, 112, 382-418.
- Vegas N., Naba S., Bouchez J. L. *et al.* 2008. Structure and emplacement of granite plutons in the Paleoproterozoic crust of Eastern Burkina Faso : rheological implications. *International Journal of Earth Sciences*, 97, 1165-1180.
- Vidal M., Gumiaux C., Cagnard F. *et al.* 2009. Evolution of a Paleoproterozoic "weak type" orogeny in the West African Craton (Ivory Coast). *Tectonophysics*, 477, 145-159.
- Yaméogo A. O., Naba S. & Traore S. A. 2020. Caractères pétrographiques et Géochimiques des granitoïdes de la région de Dori au Nord-Est du Burkina Faso, Craton Ouest Africain. *Afrique Science*, 16, 375-395.
- Yaméogo A. O., Ouiya P., Zongo H. G. *et al.* 2024. Insight from lithostructural and aeromagnetic data from the Leo Square degree, Central-Western Burkina Faso. *Open Journal of geology*, 14, 19-28.
- Yaméogo A.O., Ouiya P., Traoré A.S. *et al.* 2023. Rheological context of emplacement of the Dori, Gorom-Gorom and Touka Bayèl granitic plutons (northeast Burkina Faso, West African Craton). *Journal of African Earth Sciences*, 208, 23p.
- Zonou S. 1987. *Les formations leptyno-amphibolitiques et le complexe volcanique et volcano-sédimentaire du protérozoïque inférieur de Bouroum-Nord Burkina Faso-Afrique de l'Ouest*. *Étude pétrographique, géochimique, approche pétrogénétique et évolution géodynamique*. Thèse de doctorat, Université de Nancy I, 294 p.