

## **Identification par imagerie satellitaire et caractérisation pétrochimique de la structure circulaire de Tambogo, ceinture birimienne de Kaya-Goren, Centre Nord du Burkina Faso**

**Wendkouni Passעדé Pauline ZONGO<sup>1,2\*</sup>, Urbain WENMENGA<sup>1</sup> et Sâga SAWADOGO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Laboratoire de Géosciences et Environnement, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso*

<sup>2</sup> *Université de Ouahigouya, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies, 01 BP 346 Ouahigouya 01, Burkina Faso*

(Reçu le 28 Décembre 2020 ; Accepté le 12 Mars 2021)

---

\* Correspondance, courriel : [zongo\\_pauline@yahoo.fr](mailto:zongo_pauline@yahoo.fr)

### **Résumé**

La présente étude a pour objectif de montrer l'utilité de l'imagerie satellitaire en cartographie des structures circulaires endogènes, en particulier celle de Tambogo dans la ceinture birimienne de Kaya-Goren au Centre-Nord du Burkina Faso. A cet effet l'imagerie ASTER a été impliquée dans sa détection, sa caractérisation morphologique et géologique. Des échantillons ont été prélevés au cours des travaux de contrôle sur le terrain, et ont fait l'objet d'analyses pétrographiques, minéralogiques et géochimiques. Les résultats confirment une structure avec une signature satellitaire circulaire qui contraste avec les formations environnantes. Elle correspond à une extrusion de méta-microgabbros avec une variété de microtextures. Les traits pétrographiques de cette occurrence et des formations encaissantes correspondant à des anciennes pyroclastites, indexent un mode de mise en place extrusive d'un magma dans un contexte marqué par un volcanisme explosif. Les rapports Th/Yb et Ta/Yb indiquent une source mantellique déprimée pour ces méta-microgabbros. Leur composition est assimilée à des tholéiites d'arc insulaire à l'instar des volcanites du système birimien au Burkina.

**Mots-clés :** *structure, circulaire, image ASTER, méta-microgabbro, ceinture birimienne.*

### **Abstract**

**Identification by satellite imagery and petrochemical characterization of the Tambogo circular structure, Kaya-Goren birimian belt (North-Central Burkina Faso)**

The goal of this study is to show the importance of satellite imagery in the process of mapping the endogenous structures, particularly the one in Tambogo, in the Kaya-Goren birimian belt, in North-Central Burkina Faso. To achieve this goal, the ASTER imagery has been used in order to detect and characterize morphologically and geologically the structure. Some samples have been collected during the field trips and have been subjected to petrographic, mineralogical and geochemical analyses. The results confirmed the existence of a

structure with a circular satellite signature that contrasts with the surrounding rocks. It corresponds to an extrusion of meta-microgabbros with a variety of microtextures. The petrographic features of this occurrence and the country rocks corresponding to ancient pyroclastites suggest an extrusive emplacement of a magma in a context of explosive volcanism. The Th/Yb and Ta/Yb ratios claim that these meta-microgabbros originated from a depleted mantle. Their composition is assimilated to the composition of island arc tholeiites like the volcanic rocks of the birimian system of Burkina Faso.

**Keywords :** *structure, circular, satellite image, meta-microtagabbros, birimian belt.*

## 1. Introduction

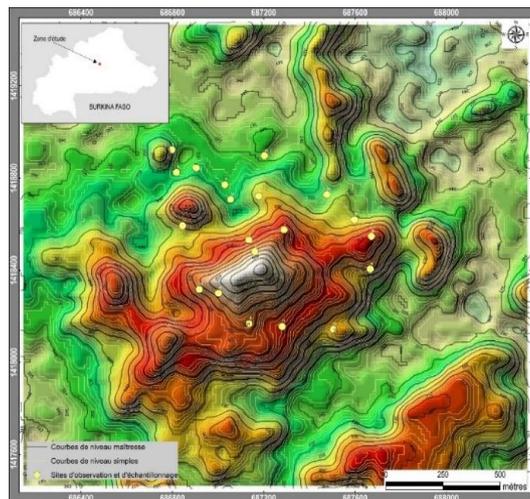
Les travaux de recherche géologique et minière menés depuis les quatre dernières décennies au Burkina Faso ont permis d'identifier des structures circulaires dans les ceintures de roches vertes birimiennes [1 - 3]. La structure circulaire de Tambogo au centre Nord du pays, a été identifiée grâce à l'imagerie ASTER dans la ceinture birimienne de Kaya-Goren. L'identité géologique de ces structures circulaires n'est pas toujours nette et facile à établir dans certains contextes sur le terrain [4]. Néanmoins, certains travaux les ont identifiées et interprétées diversement comme des marqueurs d'impacts météoritiques [5, 6], des édifices volcaniques, ou des intrusions plutoniques ou subvolcaniques [7, 8], ou quelque fois assimilées à des zones de métamorphisme de contact [9]. La plupart de ces structures étudiées ont été détectées par la télédétection avant d'être confirmées sur le terrain [10 - 14]. Des investigations préliminaires de surface sur le continent dénombrent près de 850 structures circulaires toute origine confondue [15]. L'identification de ces structures circulaires sur les vieux terrains précambriens du Burkina est très délicate du fait des médiocres conditions d'affleurement inhérentes à l'épaisse couverture latéritique et au profond profil d'altération [16]. L'exploitation des images multispectrales, conjuguées aux observations de terrain devient alors une passerelle incontournable dans tout projet de cartographie dans ces zones [17]. L'objet principal de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la géologie de ces structures en contexte de socle birimien. Il s'agit d'interpréter sa morphologie, de mieux cerner les relations pétrogénétiques avec l'environnement régional et aussi de comprendre leur mode de mise en place. La cartographie de ces structures circulaires constitue un enjeu de recherche géologique et minière notamment dans une perspective de diversification des ressources minières.

## 2. Méthodologie

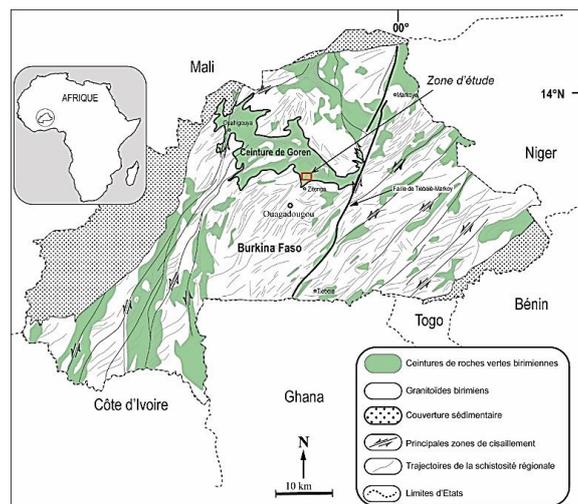
### 2-1. Cadre naturel de la zone d'étude

La zone d'étude est localisée dans le centre-Nord du Burkina Faso, entre les longitudes 1°18' et 1°13' Ouest et les latitudes 12°47'N et 12°53'N. Le milieu physique est dominé par une vaste pénéplaine d'où émergent localement quelques sommets dont la structure de Tambogo avec des altitudes variant de 311m à 427m d'après les données d'imagerie. Cette structure est représentée par une colline de 350m d'altitude minimale, de forme subcirculaire, elliptique aux contours digités d'orientation moyenne NE-SW (**Figure 1**). Ses bordures sont couronnées par de la cuirasse ferrugineuse aux côtés Nord-Est et Sud-Est et par des schistes ferrugineux à l'Ouest et au Sud-ouest. La zone de Tambogo appartient à l'ensemble litho-structural birimien de Kaya-Goren ou ceinture de roches vertes [18], (**Figure 2**). De forme curvilinéaire ou en arc, cette ceinture résulterait de l'interférence de deux phases tectoniques [19]. A l'instar des autres ceintures, cet arc est

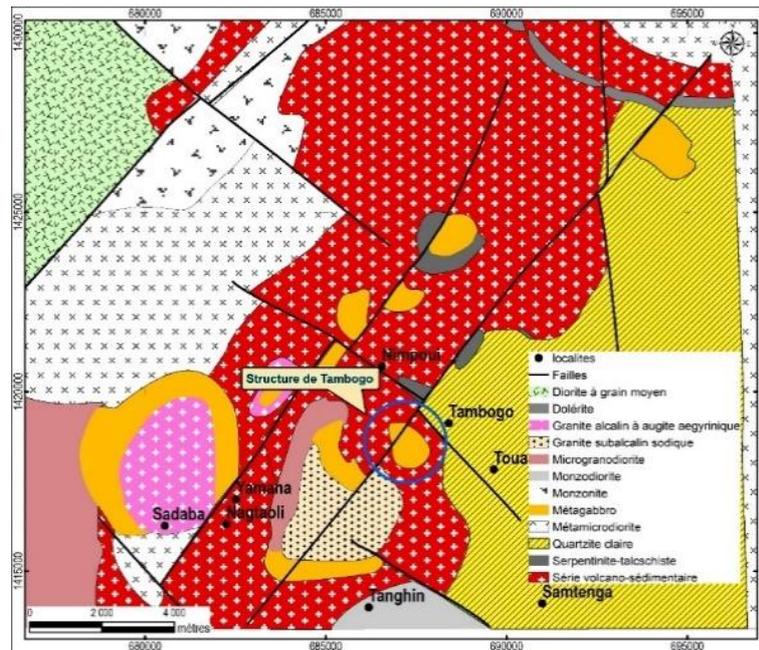
composé essentiellement de coulées et projections volcaniques (basalte, andésite, dacite, rhyolite) intrudées par de petits massifs plutoniques (granites, ultrabasites, gabbros, diorite), et de dépôts volcano-sédimentaires avec des intercalations de formations tufacées et sédimentaires généralement schistosées et redressées dans les zones de cisaillement (schistes graphiteux, schistes tufacés, schistes grésopélitiques, grauwackes, cherts avec des niveaux manganésifères). Le métamorphisme général atteint le faciès schiste vert [20], localement amphibolite au voisinage des intrusions de granitoïdes de type TTG (Tonalite, Trondhémite, Granodiorite) [21]. La structure de Tambogo correspond à des méta-microgabbros encaissés par des coulées et projections basaltiques, des dacites, composant avec des épéclastites à graphite et de cherts. On rencontre également dans cet environnement de petites intrusions de granophyres à grenat, de microdiorites, de microgabbros, de gabbros à quartz ainsi que des serpentinites [1, 22], (**Figure 3**).



**Figure 1 :** Image montrant les caractères géomorphologiques de la structure de Tambogo par le Modèle Numérique d'Altitude et les courbes de niveau



**Figure 2 :** Carte géologique simplifiée du Burkina Faso avec localisation de la zone de Tambogo



**Figure 3 :** Carte géologique de la localité de Tambogo modifiée [1]

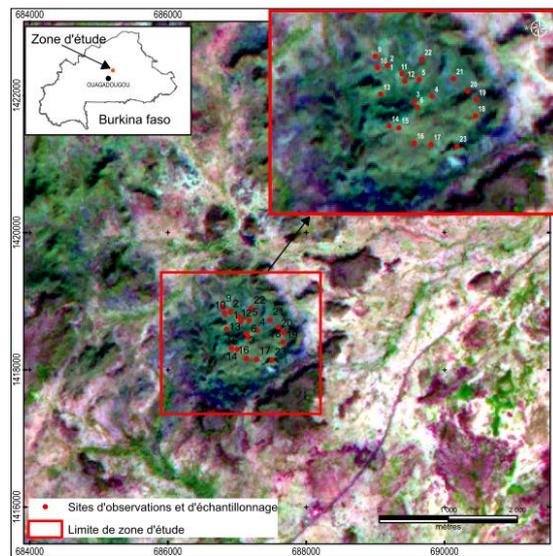
## 2-2. Méthodes et outils

La méthodologie se base sur une approche cartographique combinant l'exploitation des images satellites ASTER et une étude de terrain pour mieux cerner la géométrie de la structure de Tambogo et les relations avec l'environnement géologique. Les travaux de laboratoire sont axés sur la caractérisation pétrographique et géochimique des échantillons représentatifs de ce corps intrusif circulaire. Les traits géomorphologiques de la structure et les terrains environnants ont été mis en évidence grâce à l'utilisation des modèles numériques de terrain (MNT) d'une résolution spatiale de 12,5 m avec les données ALOS PALSAR de l'ASF (Alaska Satellite Facility, <https://asf.alaska.edu/>). Les données ASTER de Terra (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) ont été utilisées pour l'étude spécifique de la structure. Elles sont collectées et traitées par la NASA (National Aeronautics and Space Administration). Elles fournissent des couvertures homogènes et géoréférencées de résolution contrôlée (altitude, espacement, qualité de mesure, etc.) faisant d'elles une source fiable de données essentielles pour la cartographie géologique. Ces données satellitaires ASTER de TERRA ont été utilisées avec efficacité pour l'identification et la caractérisation morphologique de la structure. Le traitement de ces images a été effectué avec le programme logiciel ENVI 5.3. Il s'est agi entre autre d'une phase de prétraitement ayant concerné le « mosaïquage » des différentes scènes, l'ortho rectification par rapport au MNT (par suppression des distorsions de pixels liées au relief), la calibration radiométrique et la correction atmosphérique. La phase de traitement proprement dite a consisté à effectuer les compositions (vraies et fausses couleurs) qui permettent d'avoir une idée générale sur la répartition des différentes formations géologiques en présence dans la zone d'étude. Le travail de terrain en vue du contrôle et de validation des données d'imagerie a conduit à un prélèvement systématique d'échantillons sur les sites d'observations. Ces échantillons ont fait l'objet de confection de lames minces et polies, d'une étude pétrographique, minéralogique et des analyses sur roches totales par les méthodes ICP-MS et ICP-AES au Laboratoire « Bureau Veritas Commodities Canada Ltd ».

### 3. Résultats

#### 3-1. Cartographie par l'imagerie ASTER

La structure de Tambogo d'une superficie de 2,60 kilomètres carrés, se distingue nettement des autres formations géologiques environnantes (latérite et schistes) au niveau des différentes combinaisons effectuées. La combinaison trichromique des bandes 8, 4 et 2 (RGB) donne à titre d'exemple un bon rendu de la structure circulaire (**Figure 4**). La structure de Tambogo est affectée par une faille transcurrente dextre d'orientation moyenne N45°E. Les structures linéaires mesurées sur le terrain varient de N35°E à N50°E.



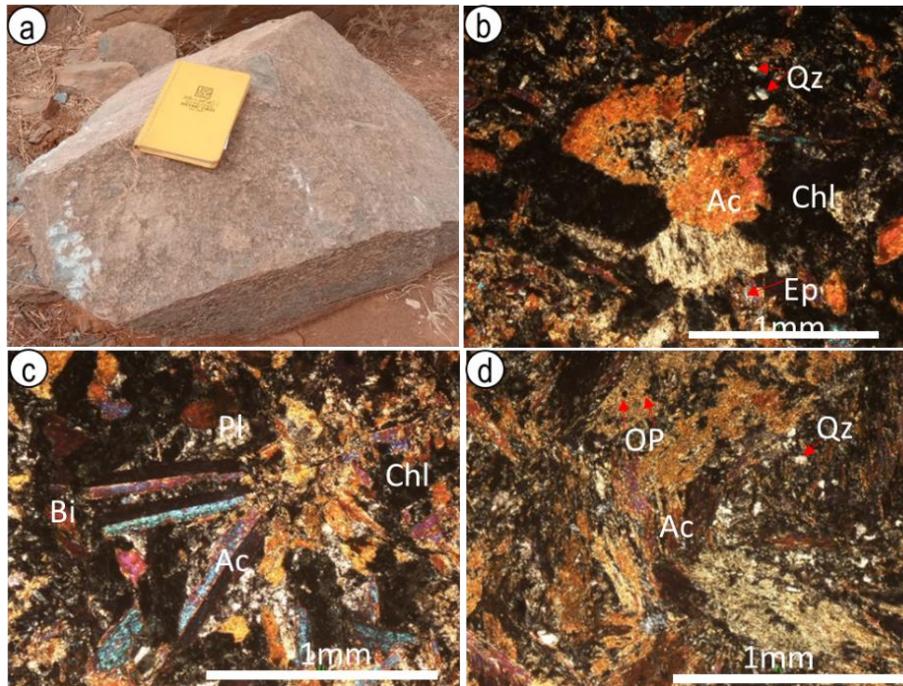
**Figure 4 :** Image ASTER montrant la morphologie de la structure circulaire de Tambogo

#### 3-2. Caractères pétrographique et minéralogique

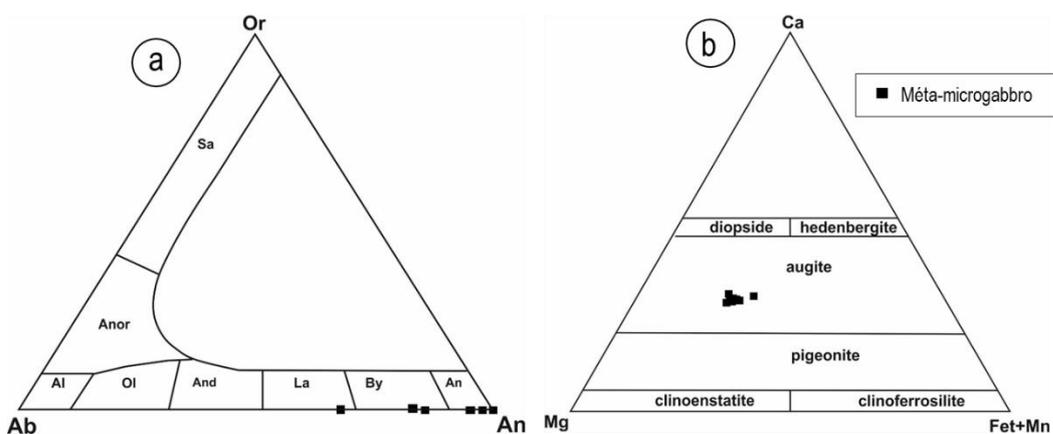
##### 3-2-1. Les méta-microgabbros

Les observations de terrain indiquent que la structure circulaire de Tambogo est une extrusion de méta-microgabbros. Il s'agit d'une roche de couleur noire à verdâtre (**Figure 5a**) avec des phénocristaux de plagioclase et d'actinote de 1 mm à 1 cm de taille. Elle est micro cisailée avec des minéraux sulfurés associés aux plans de cisaillement. L'analyse microscopique révèle une variété de textures évoluant des termes microgrenu porphyrique, microgrenue gloméroporphyrique, micro pegmatitique à pegmatitoïdique et ophitique. Ces méta-microgabbros présentent une mésostase constituée de lattes de plagioclase zoné souvent pseudomorphosé en zoisite et associé à des micro-phénocristaux d'actinote zonée représentant les ouralites (ancien pyroxène), (**Figure 5b**). Les plagioclases analysés ont une composition élevée en CaO 6,8 à 24,15 % (**Tableau 1**), essentiellement de type anorthite, bytownite, et labrador (**Figure 6a**). Aussi les pyroxènes à l'état de reliques sont des clinopyroxènes calciques (**Tableau 2**), ( $Wo_{28,92-31,28} En_{48,59-50,38} Fs_{20,13-20,70}$ ) et de composition apparentée à l'augite (**Figure 6b**). Dans les faciès gloméroporphyriques, la mésostase est recristallisée, mais subsistent de microphénocristaux de plagioclase, partiellement pseudomorphosé en zoisite  $\pm$  chlorite. Les termes les plus différenciés et évolués sont représentés par les faciès pegmatitoidiques à micropegmatitiques. Leur composition minéralogique est marquée le plus souvent par l'actinote (ouralite) sous forme de longues baguettes, (**Figure 5c**) et le quartz sous forme de petits amas de

sous grains, parfois monocristallin et micropegmatitique (**Figure 5d**). Dans l'ensemble les minéraux opaques plus ou moins altérés en leucoxènes forment de cristaux fins ou grossiers à l'état disséminé dans la roche. L'apatite en baguette trapue ou aciculaire se trouve en inclusion dans les minéraux ferromagnésiens ou dans les feldspaths. Le métamorphisme schiste vert est également perceptible dans ces faciès avec les assemblages à épidote, actinote, chlorite et albite.



**Figure 5 :** Photos macroscopique et microscopique des méta-microgabbros : a) Altération en bloc à l'affleurement ; (b) texture microgrenue glomérophyrique avec des phénocristaux d'actinote et de chlorite en amas ; (c) phénocristaux d'actinote représentant des ouralites ; (d) mésostase recrystallisée avec des minéraux de quartz en grains fins micropegmatitiques. Ac : actinote ; Pl : plagioclase ; Chl : chlorite ; Qz : quartz, Bi : biotite ; Op : opaque



**Figure 6 :** (a) Composition chimique des plagioclases des méta-microgabbros de Tambogo dans le système An-Ab-Or ; (b) Diagramme de classification des pyroxènes en reliques

**Tableau 1 : Composition chimique des plagioclases des méta-microgabbros de Tambogo**

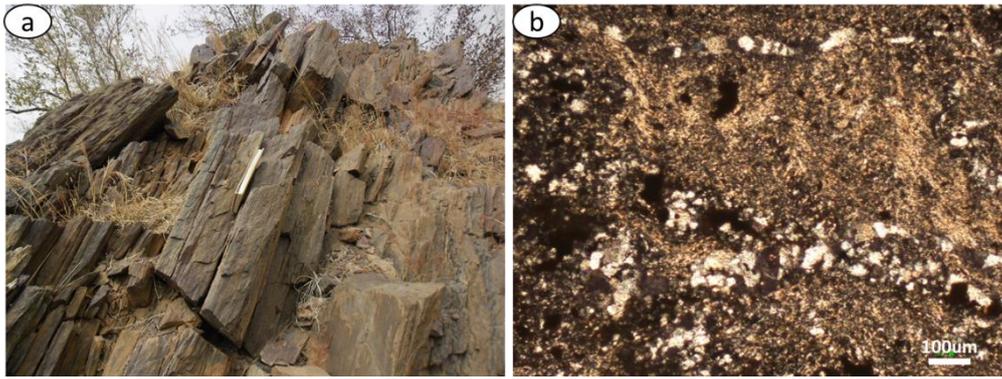
Echantillon	TAM3						
SiO2	50,83	46,26	40,93	44,17	58,96	38,68	39,36
TiO2	0,00	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,06
Al2O3	26,00	29,63	28,66	26,49	22,04	28,32	27,77
Cr2O3	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
FeOt	2,45	1,13	4,79	4,79	1,03	5,47	5,71
MnO	0,07	0,01	0,06	0,09	0,00	0,02	0,09
MgO	0,05	0,01	0,05	0,02	0,01	0,03	0,02
CaO	15,54	19,83	22,79	19,65	6,84	24,16	23,52
BaO	-	-	-	-	-	-	-
Na2O	4,47	2,44	0,69	1,99	8,21	0,00	0,31
K2O	0,03	0,12	0,01	0,01	0,05	0,00	0,01
Total Oxyde	99,43	99,44	98,00	97,22	97,14	96,67	96,86
Ab	31,99	16,68	4,73	14,22	66,17	0,00	2,12
Or	0,10	0,34	0,02	0,04	0,17	0,00	0,03
An	67,92	82,98	95,25	85,75	33,67	100,00	97,85

**Tableau 2 : Composition chimique des pyroxènes des méta-microgabbros de Tambogo**

Echantillons	TAM3													
SiO2	54,77	55,04	55,57	52,10	54,98	53,76	54,95	55,30	54,91	54,92	55,50	54,69	54,39	55,10
TiO2	0,33	0,00	0,00	0,10	0,29	0,23	0,09	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	2,23	0,00
Al2O3	1,25	0,98	1,23	4,68	0,75	1,90	1,29	0,84	0,75	0,91	1,32	1,29	1,12	1,41
Cr2O3	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04
FeO	12,90	12,48	12,23	13,43	12,05	11,92	12,24	12,17	12,51	11,66	11,88	12,78	11,09	12,10
MnO	0,22	0,23	0,23	0,26	0,23	0,26	0,22	0,20	0,20	0,27	0,24	0,28	0,21	0,26
MgO	14,61	15,12	15,26	12,59	15,18	14,88	14,94	15,38	14,76	15,93	15,51	14,80	15,02	15,02
CaO	12,70	12,95	13,23	12,36	12,86	12,66	12,80	12,71	12,73	12,72	12,91	12,75	13,45	12,69
Na2O	0,13	0,08	0,04	0,48	0,05	0,20	0,09	0,03	0,06	0,09	0,11	0,11	0,12	0,11
K2O	0,01	0,01	0,04	0,09	0,00	0,04	0,02	0,00	0,04	0,05	0,00	0,07	0,04	0,06
Total Oxyde	96,93	96,89	97,82	96,09	96,40	95,88	96,65	96,64	95,96	96,54	97,50	96,77	97,67	96,78
Wo	29,47	29,62	30,06	30,62	29,63	29,67	29,67	29,14	29,59	28,92	29,51	29,44	31,28	29,48
En	47,17	48,10	48,25	43,41	48,69	48,53	48,19	49,07	47,71	50,38	49,31	47,53	48,59	48,57
Fs	23,36	22,28	21,69	25,97	21,68	21,80	22,14	21,78	22,69	20,70	21,19	23,03	20,13	21,95

**3-2-2. Encaissant**

L'encaissant de la structure selon les analyses pétrographiques correspond à une association de schistes felsitiques sériciteux, ferrugineux et silicifiés (*Figure 2a*). Leur matrice est composée d'un agrégat de fins cristaux quartzo-feldspathiques, d'abondantes pallettes de séricite et des granules d'oxyde de fer (*Figure 7b*). Localement dans les faciès felsitiques, on observe un agrégat de pyroclastes de feldspaths bien conservés, de nombreuses oolites volcaniques zonés, du quartz recristallisé, le tout cimenté par des amas d'oxyde de fer provenant de la déstabilisation d'anciens ferro-magnésiens. La préservation de fragments lithiques et felsitiques et de restes de sphérolites dans ces schistes indexent d'anciennes pyroclastites fines (tuf à lapilli) et de coulée sphérolitique de composition dacitique.



**Figure 7 :** Photos macroscopique et microscopique des schistes ferrugineux : (a) affleurement de schiste cisailé et redressé ; (b) schistes sériciteux avec des agrégats de minéraux quartzo-feldspathiques

### 3-3. Géochimie

Les teneurs en  $\text{SiO}_2$  (48.45-54.56 %), en alcalins  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (1.45-2.23 %), en  $\text{CaO}$  (8.78 -13.14 %), en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (10.39-15 %) et en  $\text{TiO}_2$  (0.77-1.13 %), consignées dans le **Tableau 3** témoignent du caractère basique de ces roches. Le diagramme TAS [23] (**Figure 8a**) leur confère la composition de gabbro à tendance ferrifère. Selon le diagramme AFM [24] (**Figure 8b**), les méta-microgabbros ont une affinité tholéïitique. On note aussi en fonction de l'index mafique de différenciation une légère tendance à l'enrichissement des éléments Ni, Cr, CO, V, Ti, (**Figure 9**), plus net avec la distribution du Cr contrôlé probablement par le fractionnement des pyroxènes. Les spectres des terres rares normalisés aux chondrites [25] montrent une allure parallèle et plate à pente relativement faible qui rappelle les types MORB (Figure 10). Le taux de fractionnement très faible  $(\text{La}/\text{Sm})\text{N} = 1.24 - 1.74$  et  $(\text{La}/\text{Yb})\text{N} = 1.35 - 2$ , à l'exception de TAM5 qui représente le faciès pegmatitoïdique et dont le spectre est légèrement différencié. Cet échantillon montre un léger appauvrissement en LREE (Light Rare Earth Elements) et un enrichissement en HREE (Heavy Rare Earth Elements). Les méta-microgabbros présentent de faibles anomalies négatives en Europium ( $0.86 \leq \text{Eu}/\text{Eu}^* \leq 1.023$ ) et modérées en Cérium ( $0.82 \leq \text{Ce}/\text{Ce}^* \leq 0.92$ ). Les anomalies négatives discrètes à quasiment nulles en Eu, impliquent l'absence de fractionnement de plagioclase dans les résidus de fusion et indiquerait une source magmatique basique. L'anomalie négative en Ce, est commune aux magmas d'arc moderne mais pourrait également refléter des altérations post magmatiques liées à la circulation prépondérante des fluides hydrothermaux [26, 27] dans le contexte géologique. On note de discrètes anomalies positives en Pr et en Yb, pour ces dernières sans doute liées à une implication des pyroxènes dans le fractionnement des faciès glomérophyriques. Les spectres multiéléments normalisés au manteau primitif [28] des méta-mirogabbros (**Figure 10**), montrent des anomalies négatives nettes en alcalins Rb et K et positives en Ba, faibles à modérées dans certains faciès et prononcées dans les termes pegmatitoïdiques évolués et différenciés. Ces anomalies impliquent le fractionnement des feldspaths. A l'ensemble des faciès basiques apparaissent de petites anomalies négatives en Pb et en Ti. Cette dernière est due au fractionnement des minéraux titanés ou ferro-titanés dans la source. On note de petites anomalies positives en Nd, en Yb et plus visibles du Sr dans ces roches probablement dues à une contamination crustale. Le rôle des minéraux accessoires dont l'apatite dans ces différents fractionnements est aussi envisageable.

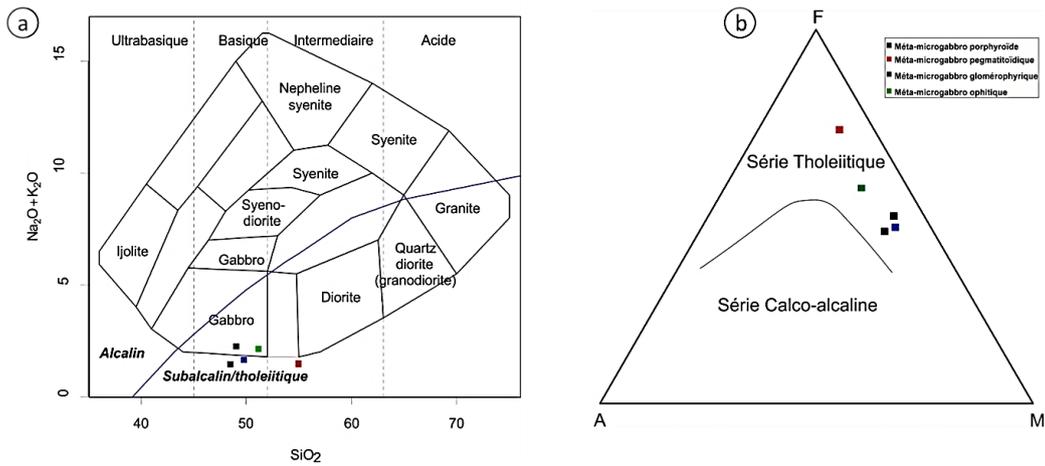


Figure 8 : a) Diagramme de classification TAS [23] appliqué aux méta-microgabbros de Tambogo ; b) Diagramme AFM [24] montrant leur affinité tholéitique

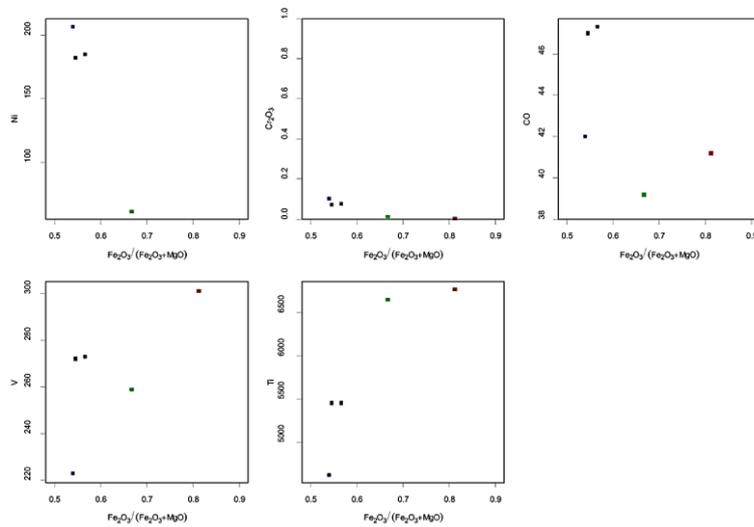


Figure 9 : Diagramme montrant la variation des éléments Ni, Cr2O3, CO, V, Ti en fonction de Fe2O3/(Fe2O3+MgO)

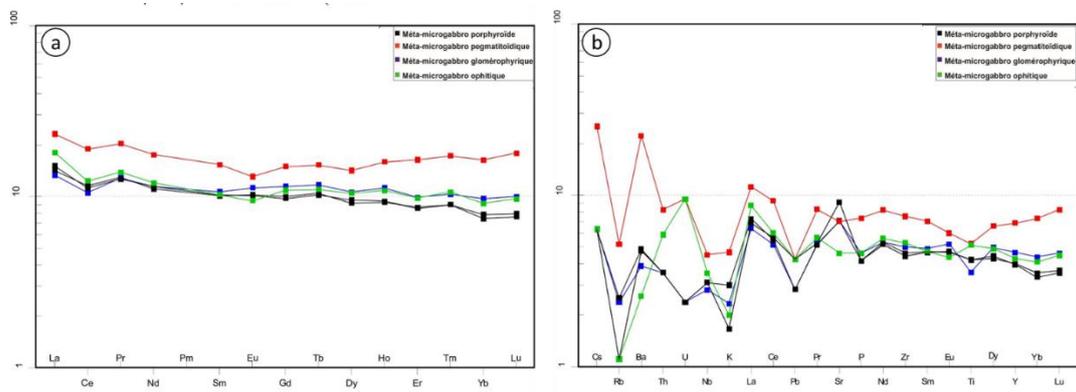


Figure 10 : a) Spectres des terres rares normalisés aux chondrites [25] ; b) Spectres multiéléments normalisés au manteau primitif [28]

**Tableau 3 : Composition chimique des éléments majeurs (%), et traces (ppm) des méta-microgabbros de Tambogo**

Echantillons	TAM1	TAM4	TAM3	TAM5	TAM6
	Méta-microgabbro porphyroïde		Méta-microgabbro pegmatitoïdique	Méta-microgabbro glomérophyrique	Méta-microgabbro ophitique
SiO <sub>2</sub>	48,45	49,06	49,76	54,96	51,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,26	13,25	13,31	13,21	14,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,26	10,79	10,39	15	12,51
MgO	8,66	9,03	8,88	3,46	6,25
CaO	13,14	11,79	12,46	8,78	9,52
Na <sub>2</sub> O	1,4	2,14	1,56	1,32	2,08
K <sub>2</sub> O	0,05	0,09	0,07	0,14	0,06
TiO <sub>2</sub>	0,91	0,91	0,77	1,13	1,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,09	0,1	0,16	0,1
MnO	0,18	0,17	0,16	0,23	0,2
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,074	0,07	0,1	<0,002	0,01
Ba	33	34	27	156	18
Ni	185	182	207	<20	61
Sc	40	40	38	47	36
LOI	2,3	2,4	2,3	1,4	2,2
Sum	99,85	99,86	99,88	99,84	99,86
Be	<1	3	<1	<1	1
Co	47,3	47	42	41,2	39,2
Cs	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Ga	13,5	13	14	14	13,9
Hf	1,5	1,5	1,7	2,4	1,6
Nb	2,2	2,2	2	3,2	2,5
Rb	0,7	1,6	1,5	3,3	0,7
Sn	<1	<1	<1	<1	<1
Sr	192,9	150	149	148,6	96,8
Ta	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Th	0,3	0,3	0,3	0,7	0,5
U	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,2
V	273	272	223	301	259
W	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,6
Zr	49,3	51,4	55,8	84,4	59,1
Y	18,1	17,9	21,1	31,4	19,4
La	4,7	5	4,4	7,7	6
Ce	10	9,7	9,1	16,5	10,7
Pr	1,45	1,42	1,44	2,29	1,56
Nd	7	7,2	7,2	11,1	7,6
Sm	2,06	2,08	2,17	3,13	2,09
Eu	0,79	0,78	0,87	1,01	0,73
Gd	2,76	2,7	3,18	4,15	3,01
Tb	0,49	0,48	0,55	0,72	0,52
Dy	3,15	3,27	3,65	4,88	3,6
Ho	0,65	0,66	0,79	1,12	0,76
Er	1,95	1,92	2,23	3,7	2,21
Tm	0,27	0,27	0,31	0,52	0,32
Yb	1,73	1,64	2,15	3,61	2,01
Lu	0,27	0,26	0,34	0,61	0,33

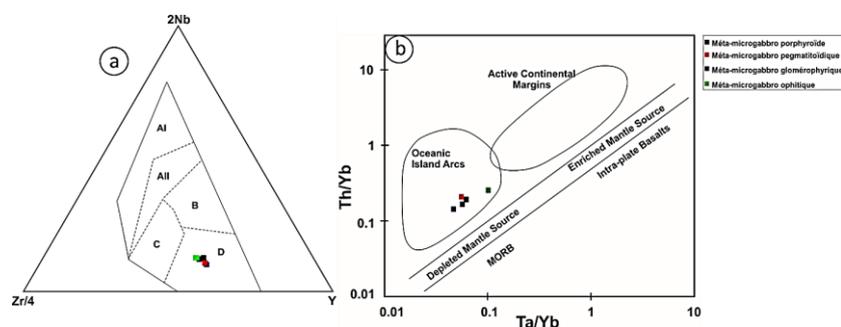
## 4. Discussion

### 4-1. Morphologie circulaire

L'utilisation de l'imagerie ASTER dans cette étude a permis d'identifier les caractéristiques géomorphologiques de la structure circulaire de Tambogo [29]. La distribution des couleurs sur l'image composite fausses couleurs des bandes 8 4 2 indique clairement l'existence d'une structure circulaire de très fort relief. Cette technique est plus aisée et performante pour la détection précise des structures circulaire [10, 30] comparée à l'approche par les méthodes analogiques ou conventionnelles [1]. La forme subcirculaire obtenue sur l'image ASTER contraste nettement avec les données MNT qui décrivent plutôt une structure aux contours digités. Cette forme pourrait sans doute être induite par les processus physiques exogènes de la Terre [29].

### 4-2. Contexte pétrogénétique et géodynamique

La structure circulaire de Tambogo n'est pas isolée, elle fait partie d'un ensemble de massifs intrusifs circulaires dans les formations volcano-sédimentaires de Kaya-Goren (**Figure 3**). Sa nature gabbroïque déduite des examens pétrographiques démontre qu'elle est d'origine magmatique [13, 30]. Les variations pétrographiques seraient dues à un processus de cristallisation fractionnée, confirmée par l'étude géochimique. En outre, les microtextures décrites typiques des roches hypo-volcaniques témoigneraient de leur mise en place souterraine dans un contexte géologique initialement marqué par un volcanisme explosif dominant ou effusif subordonné. Ce contexte aurait contribué à la création de structures volcano-tectoniques favorables au remplissage tardif d'un magma basique. Les méta-microgabbros de la structure de Tambogo ont une composition tholéiitique à tendance ferrifère selon le diagramme AFM. Cette nature tholéiitique est aussi attestée par la présence du quartz igné aux cotés des micropegmatites, associé aux reliques d'augite et au plagioclase calcique [31-32]. L'allure presque identique et plate des spectres des terres rares suggère une même source pour les différents faciès et une affinité pour les MORB, type N-MORB confirmé par le diagramme Zr/4-Y-2Nb [33] de discrimination géotectonique (**Figure 11a**), qui indexent aussi des basaltes tholéiitiques des arcs volcaniques. Les spectres multiéléments des méta-microgabbros révèlent des anomalies négatives en alcalins (Rb, K) induites par le fractionnement des feldspaths ou le lessivage hydrothermal de ces éléments. L'anomalie en Ce suggère une source magmatique d'arc insulaire pour les roches étudiées. Cet environnement géodynamique est commun à l'ensemble du magmatisme birimien au Burkina Faso [26]. De plus les rapports des éléments traces Th/Yb et Ta/Yb du diagramme binaire [34], (**Figure 11b**) confirme cette hypothèse et suggère également une source mantellique déprimée de ces méta-microgabbros de la structure de Tambogo à l'instar du complexe mafique de Yelonhira dans le sillon de Houndé [35].



**Figure 11 :** (a) Diagramme de discrimination géotectonique [33], AI : basaltes alcalins intraplaques, AII : basaltes alcalins et tholéiitiques intraplaques B : E-MORB, C : basaltes tholéiitiques intraplaques et arcs volcaniques, D : MORB type N et basaltes des arcs volcaniques ; (b) Diagramme de discrimination géotectonique appliquées aux méta-microgabbros de Tambogo [34]

## 5. Conclusion

L'étude géomorphologique de la structure circulaire de Tambogo identifiée sur l'image ASTER a permis à la suite de travaux cartographiques de terrain de connaître son mode de mise en place. Cette structure représente une extrusion apparentée à des méta-microgabbros épimétamorphiques encaissée par des schistes ferrugineux, et auréolée par des occurrences de cuirasse ferrugineuse. Elle est située au sud de la ceinture birimienne de Kaya-Goren. Sa mise en place en milieu souterrain est attestée par ses différentes textures hypo-volcaniques. Les variations texturales sont attribuables aux conditions de cristallisation fractionnée confirmée par les diagrammes géochimiques. Une mise en place à la faveur d'un remplissage magmatique tardif est envisageable et pourrait évoquer les gisements de type plug ou neck. Le contexte géodynamique d'arc insulaire a prévalu lors de sa formation. L'étude d'autres structures circulaires satellitaires constitue un "challenge" pour comprendre leur pétrogenèse et éventuellement évaluer le potentiel global des ressources minérales associées.

## Références

- [1] - U. WENMENG, "Pétrologie des ensembles lithologiques du Protérozoïque inférieur au Nord-Est de Ouagadougou. Etude pétrographique, géochimique et géochronologique", Thèse Unique, Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand (1986) 275 p.
- [2] - O. KAGONE, F. KOALA, S. NAPON, S. NIKIEMA, M.F. OUEDRAOGO, S. TINTO, B. ZIDA, et R. ZONGO, "Notice explicative de la Carte géologique du Burkina Faso à 1/200 000", Feuille Pissila, Ministère des Mines, des Carrières et de l'Energie, (2003) 50 p.
- [3] - E. EGAL, M. DONZEAU, C. CASTAING, J. LE METOUR, D. THIEBLEMONT, M. TEGYEY, C. GUERROT, M. BILLA, Y. ITARD, G. DELPONT, J. C. KI, C. ZUNINO, et P. CHEVREMENT, "Notice explicative de la Carte géologique du Burkina Faso à 1/200 000", Feuille Kaya, Ministère des Mines, des Carrières et de l'Energie, (2003) 78 p.
- [4] - J. ROLET, H. YESOU, et Y. BESNUS, *Bulletin Société géologique France*, 2 (1993) 199 - 214
- [5] - W. U. REIMOLD and C. KOEBERL, *J. Afr. Earth Sci.*, 93 (2014) 57 - 175
- [6] - M. WENDORFF and S. MASTER, *Geology Geophysics & Environment*, 41 (3) (2015) 381 - 390
- [7] - J. B. DUAN, P. PENG, Z. YANG and L. LIU, *Remote Sens. Land Resour.*, 31 (3) (2019) 193 - 200
- [8] - H. Q. BAI and J. LI, *Geomat. Spatial Inform. Tech.*, 41 (05) (2018) 99 - 101
- [9] - L. C. ROWAN, R. G. SCHMIDT and J. C. MARS, *Remote Sensing of Environment*, 104 (2006) 74 - 87
- [10] - K. KURATA and Y. YAMAGUCHI, *Remote Sens.*, 11 (2) (2019) 162
- [11] - A. M. YOUSSEF, H. M. EL-KALIOUBY and Y. A. ZABRAMAWI, *Journal of Applied Geophysics*, 87 (2012) 28 - 39
- [12] - A. I. OPARA, R. L. UDOETE, T. T. EMBERGA, H. N. ECHETAMA, I. E. UGWUEGBU, K.C. NWOKOCHA, K. C. IJEOMA, J. C. CHINAKA and J. C. ONYEMA, *Journal of Geosciences and Geomatics*, 3 (3) (2015) 56 - 67
- [13] - G. USCINOWICZ, *Geological Quarterly*, 61 (1) (2017) 205 - 213
- [14] - O. CENGIZ, E. SENER and F. YAGMURLU, *Journal of Asian Earth Sciences*, 27 (2006) 155 - 163
- [15] - S. CHAABOUT, H. C. AOUDJEHANE, W. U. REIMOLD and D. BARATOUX, *J. Afr. Earth Sci.*, 112 (2015) 339 - 352
- [16] - D. CHARDON, J. L. GRIMAUD, A. BEVAIS and O. BAMBA, *Earth Science Reviews*, 179 (2018) 124 - 146
- [17] - V. METELKA, L. BARATOUX, M. JESSELL, A. BARTH, J. JEZEK and S. NABA, *Remote Sensing of Environment*, 204 (2018) 964 - 978
- [18] - V. SATTRAN and U. WENMENG, "Geology of Burkina Faso", Czech Geological Survey, (2002) 136 p.
- [19] - J. L. FEYBESSE, J. P. MILLESI, M. F. OUEDRAOGO et A. PROST, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris*, T 310 II (1990) 1353 - 1360

- [20] - P. DEBAT, S. NIKIEMA, A. MERCIER, M. LOMPO, D. BEZIAT, F. BOURGES, M. RODDAZ, S. SALVI, F. TOLLON and U. WENMENGA, *Precambrian Research*, 123 (1) (2003) 47 - 65
- [21] - J. GANNE, V. DE ANDRADE, R. F. WEINBERG, O. VIDAL, B. DUBACQ, N. KAGAMBEGA, S. NABA, L. BARATOUX, M. JESSELL and J. ALLIBON, *Nature Geoscience* 5, (2011) 60 - 65
- [22] - W. P. P. ZONGO, U. WENMENGA and Y. H. KOFFI, *Bulletin Institut Scientifique de Rabat*, 38 (2016) 81 - 94
- [23] - K. G. COX, J. D. BELL and R. J. PANKHURST, "*The interpretation of igneous rocks*", Ed. George Allen and Unwin, London (1979) 450 p.
- [24] - T. N. IRVINE and W. R. A. BARAGAR, *Can. J. Earth Sci.*, 8 (1971) 523 - 548
- [25] - N. NAKAMURA, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 38 (1974) 757 - 775
- [26] - W. ABOUCHAMI, M. BOHER, A. MICHARD and F. ALBAREDE, *J. Geophys. Res.*, 95 (1990) 17605 - 17629
- [27] - GNANZOU, "Étude des séries volcano-sédimentaires de la région de Dabakala (Nord-Est de la Côte d'Ivoire) : genèse et évolution magmatique : contribution à la connaissance de la minéralisation aurifère de Bobosso dans la série de la Haute-Comoé", Thèse unique, Université Paris Sud Orsay, France et Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, (2014) 229 p.
- [28] - S. S. SUN and W. F. MCDONOUGH, *Geol. Soc. London. Spec. Pub.*, 42 (1989) 313 - 345
- [29] - A. SHABAN, *International Journal of Remote Sensing*, 30 (5) (2009) 1127 - 1140
- [30] - Z. WANG, C. ZHOU and H. QIN, *Advances in Space Research*, 65 (2020) 1818 - 1830
- [31] - D. KAPENDA, A. B. KAMPUNZU, B. CABANIS, M. NAMEGABE and K. TSHIMANGA, *Geol. Rundsch*, 87 (1998) 345 - 362
- [32] - U. WENMENGA, M. KECIR, B. TAPSOBA and C. H. LO, *Egyptian Journal of Geology*, 53 (2009) 101 - 114
- [33] - M. MESCHEDE, *Chemical geology*, 56 (1986) 207 - 218
- [34] - J. A. PEARCE, *Shiva Geology Series*, (1983) 230 - 272
- [35] - M. NANEMA, H. Y. KOFFI et U. WENMENGA, *Afrique Science*, 12 (4) (2016) 314 - 333, <http://www.afriquescience.info>