

## Pétrographie des metabasites aurifères du Kokumbo Bocca et de leurs produits d'altération (Centre de la Côte d'Ivoire)

Gnamba Emmanuel Franck GOUEDJI<sup>1</sup>, Zié OUATTARA<sup>1</sup>, Clément Odon N'CHO<sup>1</sup>, Taly Audrey Amandine Flore GLOUGBE<sup>1</sup>, Yacouba COULIBALY<sup>2</sup>, Alain KOUAMELAN<sup>2</sup>, Bamory KAMAGATE<sup>1,3</sup>

### Résumé

Kokumbo Bocca est une colline située dans la localité de Kokumbo dans la région de Toumodi au centre de la Côte d'Ivoire. Cette colline contient des roches vertes (basites) à sulfure aurifère dont les produits d'altérations sont exploités par des orpailleurs. L'objectif général de cette étude est de déterminer les caractéristiques pétrographiques et structurales des roches vertes de Kokumbo Bocca, porteuses de minéralisations aurifère. Ainsi, l'acquisition des données a consisté au prélèvement d'échantillons de roches sur le terrain et de sol issus d'anciens travaux miniers ou sur des sites d'orpaillages suivi de leur caractérisation macroscopique, microscopique et au diffractomètre à rayon X puis à la fluorescence à rayon X.

L'analyse pétrographique révèle que ces metabasites sont représentées par des metabasalts et des métadolérites. Ces différentes roches ont subi un léger métamorphisme dans le faciès schiste vert associé à d'importantes altérations hydrothermales. Ces altérations hydrothermales pervasives et filoniennes (chloritisation, séricitisation l'épidotisation, carbonatation, silicification et sulfidation) ont contribué à la concentration de la minéralisation sulfurée aurifère. Cette étude révèle en outre que la minéralisation aurifère a une double origine hypogène (syngénétique et épigénétique) et supergène. La minéralisation hypogène est caractérisée par une paragenèse à pyrite, arsenopyrite et chalcoppyrite. Tandis que la minéralisation aurifère supergène se rencontre dans les latérites argileuses qui supplantent les metabasites de Kokumbo Bocca.

**Mots clés :** Metabasites, Or, Birimien, Kokumbo, Centre de la Côte d'Ivoire

### Abstract

#### Petrography of the Kokumbo Bocca gold-bearing metabasites and their alteration products (Central Ivory Coast)

Kokumbo Bocca is a hill located in the locality of Kokumbo in the Toumodi region, central Ivory Coast. This hill contains green rocks (basites) with gold-bearing sulfide whose weathering products are exploited by artisanal gold miners. The general objective of this study is to determine the petrographic and structural characteristics of the green rocks of Kokumbo Bocca, bearing gold mineralization. Thus, data acquisition consisted of taking samples of rocks in the field and soil from old mining works or artisanal gold miners' sites followed by their characterization by macroscopy, microscopy, X-ray diffractometer and then to X-ray fluorescence.

Petrographic analysis reveals that these metabasites are represented by metabasalts and metadolérites. These different rocks have undergone a slight metamorphism of the greenschist facies associated with significant hydrothermal alterations. These pervasive and vein hydrothermal alterations (chloritization, sericitization, epidotization, carbonation, silicification and sulfidation) have contributed to the reconcentration of the gold-bearing sulfide mineralization.

The gold mineralization has both origin, hypogene (syngenetic and epigenetic) and supergene. Hypogene mineralization is characterized by pyrite, arsenopyrite and chalcoppyrite paragenesis. While supergene gold mineralization occurs in clay-laterites which are above the metabasites of Kokumbo Bocca.

**Keywords:** Metabasites, Gold, Birimian, Kokumbo, Central Ivory Coast

1. UFR Sciences Géologiques et minières, Université de Man, BPV20 Man, Côte d'Ivoire

2. Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Énergétiques, UFR STRM, Université Félix HOUPOUET-BOIGNY d'Abidjan-

Cocody, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

3. Laboratoire de Géosciences et Environnement, UFR SGE, Université de Nangui Abrogoua (UNA), 02 BP 801 Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire

### 1. Introduction

En Côte d'Ivoire, les minéralisations aurifères sont globalement portées par des ceintures de roches vertes birimiennes (Milési *et al.*, 1989 ; Assié, 2008 ; Kadio *et al.*, 2010), dans lesquelles l'or est extrait. À Kokumbo Bocca, les roches vertes contiennent des minéralisations aurifères sulfurées et les orpailleurs exploitent l'or dans les régolites latéritiques argileux qui se développent sur ces roches vertes (metabasites) et dans les veines de quartz recoupant ces formations.

Cependant, bien que l'activité d'orpaillage se fasse dans les régolites issus des roches vertes, la nature pétrographique de ces roches reste méconnue d'où la nécessité de déterminer les caractéristiques pétrographiques et structurales des metabasites aurifères de Kokumbo Bocca. La région de Kokumbo située au centre de la Côte d'Ivoire appartient au domaine éburnéen qui a

été structuré au cours du cycle orogénique éburnéen daté entre 2,5 et 1,6 Ga et qui correspond à la mise en place des formations birimiennes (Ouattara, 2017 et 2021 ; Coulibaly *et al.*, 2017 ; Guedji, 2014 ; Pawlig *et al.*, 2006 ; Doumbia *et al.*, 1998 ; Leube *et al.*, 1990 ; Abouchami, 1990 ; Yacé, 1982 ; Camil, 1984 ; Tagini, 1971).

Dans la région de Kokumbo, la colline de Kokumbo Bocca, objet de la présente étude, est localisée dans la partie méridionale de la ceinture volcano-sédimentaire de Toumodi-Fètékro (figure 1b), dont les formations géologiques sont constituées principalement de métavolcanites tholéitiques et calco-alcalines, de granitoïdes calco-alcalins, de tonalite-trondjémite-granodiorite (TTG), de volcano-sédiments de type pyroclastites, de sédiments détritiques et de roches vertes, neutres à ultrabasiques (Ouattara, 2018 ; Coulibaly *et al.*, 2017 ; Mortimer, 2016 ; Ouattara *et al.*, 2015 ; Ouattara, 2015 ; Gnanzou, 2014 ; Houssou, 2013 ; Baratoux *et al.*,

2011 ; Lompo, 2009 ; Pouclet *et al.*, 2006 ; Feybesse *et al.*, 2006 ; Gasquet *et al.*, 2003 ; Yacé, 1982). La minéralisation aurifère de la région de Kokumbo serait de trois types à savoir : (i) syngénétique, (ii) filonien (épigénétique) et, (iii) résiduel (supergène).

Dans cet article, la caractérisation pétrographique des métabasites de la région de Kokumbo Bocca et de leurs produits d'altération est basée sur des analyses macroscopiques et microscopiques. Cette approche a permis de déterminer la nature pétrographique des roches vertes et des minéralisations aurifères sulfurées qui leurs sont associées.

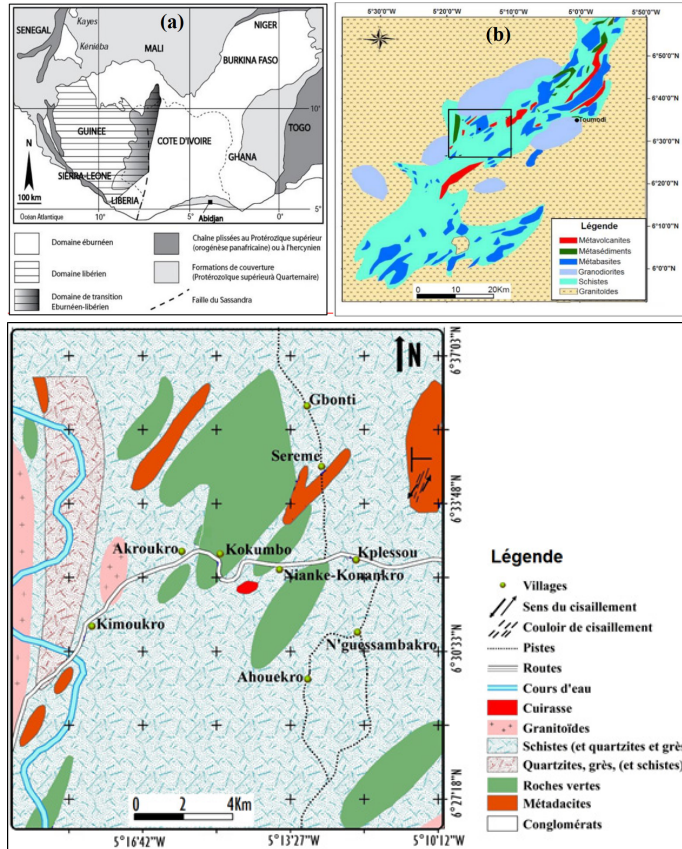


Figure 1 : (a) Carte de la Dorsale de Man (Bessoles, 1977) ; (b) Carte géologique du sud de la ceinture volcano-sédimentaire de Toumodi-Fètékro (région de Toumodi) (Tagini, 1971 ; Yacé, 1976) ; (c) Carte géologique simplifiée de la zone de Kokumbo (Yacé, 1976 ; modifiée)

2. Approche méthodologique

La région de Kokumbo est marquée par la rareté des affleurements à cause de l'épaisse couverture de la végétation et de l'altération supergène. Ainsi, l'acquisition des données dans la zone d'étude a consisté essentiellement au prélèvement d'échantillons : (i) de roches sur le terrain et, (ii) de sol issus d'anciens travaux miniers ou sur des sites d'orpaillages en activité sur la colline Kokumbo Bocca. Pour mener cette étude, quatre (4) types de roches ont été échantillonnées au flanc de la colline et un échantillon de sol a été prélevé au sommet de la colline. Cette phase a permis l'identification macroscopique des échantillons à travers la détermination des caractéristiques des principales lithologies (couleur, texture, composition minéralogique, altération, structure, présence de sulfure). Les lames minces de roches ont été confectionnées au Laboratoire de Géologie de Ressources Minérales et Energétiques (LGRME) de l'Université Felix Houphouët Boigny (FHB) de Cocody. L'observation au microscope polarisant de ces lames minces a

été réalisée au Laboratoire de Géologie de l'Université de Man. L'échantillon de sol quant à lui a été analysé (en périphérie et au centre de l'échantillon) au diffractomètre à rayonnement X (DRX) au Laboratoire de Géologie de l'Université de Man, puis à la fluorescence à rayonnement X (XRF) au Laboratoire LGRME de l'Université FHB de Cocody.

Concernant l'analyse au DRX, l'échantillon de sol a été préalablement broyé à l'aide d'un broyeur de type R200 modèle RETSCH avant d'être traité au DRX, qui est muni d'un détecteur cuivre. Les mesures ont été réalisées dans les conditions de 20 kV de tension, 28 mA d'intensité de courant, 25°C de température de chambre de mesure avec un temps de comptage compris entre 5 et 90 minutes. Le logiciel Visual XRD de marque GBC EMMA a permis après les mesures, l'acquisition d'un diffractogramme pour l'identification des phases minérales.

Pour l'analyse à la XRF, l'échantillon de sol a été étudié à l'aide d'un spectromètre de fluorescence X portable de marque NITON XL3t, composé d'une unité électronique renfermant un générateur électrique de rayon X. Il a permis l'analyse de quelques éléments chimiques dont la teneur en or.

3. Résultats

3.1. Pétrographie

La pétrographie des roches vertes de la colline de Kokumbo Bocca a révélé qu'elles sont composées de deux roches à savoir les métabasites et les métadolérites (tableau I).

Tableau I : Synthèse sur les principales caractéristiques géologiques des différents échantillons prélevés

Echantillons	Contextes	Lithologies	Minéralogies primaires	Associations minérales métamorphiques
KK01	Flanc de colline	Métabasite	Pl, Aug, Amp, Or Py, Cp	schistes verts Circulation tardive
KK02	Flanc de colline	Métadolérite	Pl, Aug, Amp, Or, Py, Cp	
KK03	Flanc de colline	Filonnet de Qtz+Cal dans Métadolérite Contact	Pl, Aug, Amp, Or Py, Cp	Chl, Ep, Ser, Qtz Qtz, Cal, Py, Cp, Apy
KK04	Flanc de colline	Métabasite / Métadolérite		
KKA	Site d'orpaillage	Latérite argileuse	Hem, Klin, Ca, Si, MnO	

Pl = Plagioclase ; Aug = Augite ; Amp = Amphibole ; Or = Orthose ; Qtz = Quartz ; Chl = Chlorite ; Ser = Séricite ; Ep = Epidote ; Cal = Calcite ; Klin = Kaolinite ; Hem = Hématite ; Ca = Carbonate ; Si = Silice ; MnO = oxyde de Manganèse ; Cp = Chalcopyrite ; Py = Pyrite ; Apy = Arsenopyrite

Le **métabasalte** est macroscopiquement massif de couleur vert foncé à gris, non magnétique, composé de minéraux fins et présentant des mouchetures de sulfures disséminés. Il a une structure équante (figure 2a). Au microscope, il présente une texture microlitique. Il est composé de minéraux primaires (plagioclase, augite, amphibole, orthose, quartz) et de minéraux secondaires (chlorite, épidote, séricite) (figure 2 b et c).

Le plagioclase (30 à 40 % de la roche) est le minéral le plus abondant. De taille micrométrique (< 600 µm), il est incolore, forme des cristaux sous forme de baguettes enchevêtrées. Par endroits, il s'altère en séricite au sein de la roche.

L'augite fait 20 à 30 % de la roche. Sa taille est d'environ 500 µm, de couleur vert-pâle en lumière polarisée non analysée (LPNA). C'est le second minéral abondant de la roche, il a une teinte jaune-orangée (fin premier ordre) en lumière polarisée analysée (LPA).

L'amphibole (10 à 20 % de la roche), de couleur beige à vert foncé, a une taille inférieure à 400 µm. Certains cristaux s'altèrent par endroits en chlorite.

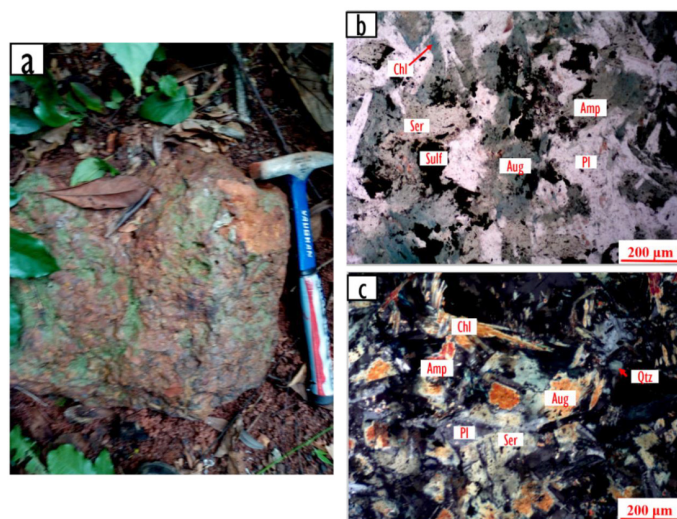
L'orthose (moins de 5 % de la roche) a une taille inférieure à 400 µm. Il est le plus souvent associé au plagioclase.

Quant au quartz, il est le moins abondant (moins de 5% de la roche), de très petite taille (< 200 µm). Les cristaux présentent une extinction roulante en LPA.

Les minéraux secondaires comprennent : la chlorite (autour de 10 % de la roche) de couleur vert pâle, de forme généralement allongée ; l'épidote (moins de 5 % de la roche) se présente sous forme de masse fibreuse de couleur jaune ; la séricite (moins de 5 % de la roche) de couleur beige est marquée par une teinte vive, associée au plagioclase. La texture est lépidoblastique à nématoblastique par endroits.

Les sulfures (autour de 10% de la roche) paraissent opaques au microscope optique en lumière transmise. Ils sont disséminés.

Le métabasalte de Kokumbo Bocca semble avoir subi un métamorphisme régional de faciès schiste vert, marqué par la présence de minéraux secondaires (chlorite, épidote, séricite).



**Figure 2.** Macrophotographie (a) et microphotographies (b, c) d'un métabasalte de Kokumbo Bocca. (a) Métabasalte prélevé dans les gravats d'un puits d'orpaillage en activité ; (b) Microphotographie du métabasalte en LPNA ; (c) Microphotographie du métabasalte en LPA. Pl = Plagioclase ; Aug = Augite ; Amp = Amphibole ; Or = Orthose ; Qtz = Quartz ; Chl = Chlorite ; Ser = Séricite ; Sulf = Sulfure.

La **métadolérite** est macroscopiquement massive, de couleur vert-sombre, de structure équante et non magnétique. Les minéraux la composant sont à grains fins et comportent des mouchetures de sulfures disséminés (figure 3a). La constitution minéralogique en minéraux silicatés comprend : le plagioclase, l'augite, l'amphibole, l'orthose, le quartz, la chlorite, la séricite et l'épidote, tandis que celle des sulfures est composée de pyrite et de chalcopryrite. La métadolérite est recoupée par des filonnets de quartz et de calcite. Au microscope, elle présente une texture doléritique (figure 3b et c).

Le plagioclase est le minéral le plus abondant de la roche (autour de 50 % de la roche). Il a des cristaux de taille inférieure à 600 µm. Il se présente sous forme de plage de baguettes enchevêtrées et très altérées. Il est souvent accompagné de l'orthose qui constitue près de 10 % de la roche. L'orthose a une taille inférieure à 600 µm. Il est caractérisé par la macle de Carlsbad en LPA.

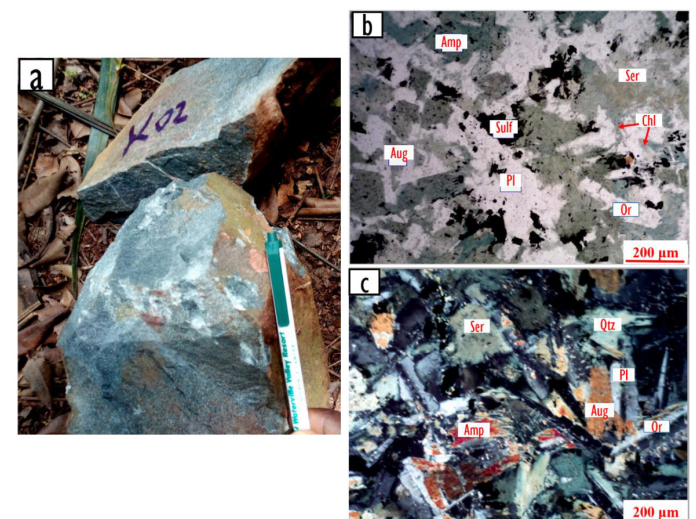
L'augite (30 à 40 % de la roche) est subautomorphe avec des cristaux de taille inférieure à 500 µm, qui se développent dans les interstices entre les plagioclases. L'amphibole représente environ 10 % de la roche. La taille des cristaux est inférieure à 400 µm. Certains cristaux de ces deux derniers minéraux sont très altérés par endroits en chlorite.

Le quartz (moins de 5 % de la roche) est micrométrique, moins abondant. Il est souvent associé au plagioclase.

La chlorite (moins de 10% de la roche) forme, soit une auréole coronitique autour de l'augite et de l'amphibole, soit est complètement transformée. Elle imprime par endroits une texture lépidoblastique à la roche. L'épidote et la séricite (représentant moins de 5 % de la roche) sont aussi présentes avec les mêmes caractéristiques évoquées plus haut.

Les filonnets de quartz et de calcite recoupent à l'emporte-pièce les minéraux précités au sein de la métadolérite. Le quartz a une extinction roulante pendant que la calcite est incolore en lumière polarisée non analysée. Cette dernière a une teinte rose violacée à bleu en LPA.

Les minéraux sulfurés (pyrite, chalcopryrite) (représentant près de 10% de la roche) sont disséminés soit dans la roche, soit au sein des filonnets.



**Figure 3.** Macrophotographie (a) et microphotographies (b, c) d'une métadolérite de Kokumbo Bocca

(a) Métadolérite prélevée à l'intérieur d'un puits d'orpaillage en activité ; (b) Microphotographie de la métadolérite en LPNA; (c) Microphotographie de la métadolérite en LPA.  
 Pl = Plagioclase ; Aug = Augite ; Amp = Amphibole ; Or = Orthose ; Qtz = Quartz ; Chl = Chlorite ; Ser = Séricite ; Sulf = Sulfure.

L'échantillon de sol qui a été prélevé sur la colline de Kokumbo Bocca dans un tas de minerai "tout venant", sur un site d'orpaillage en activité, est de la latérite argileuse (tableau I). Cette latérite est de couleur rouge brunâtre mouchetée de blanc, peu cohérente à une texture fine et une faible effervescence à l'acide chlorhydrique (HCl) (figure 4). Les données du diffractomètre (DRX) provenant du centre de l'échantillon de latérite argileuse indiquent que les constituants minéraux sont : le quartz, la muscovite et la phengite. Tous ces minéraux résistent à l'altération météorique. Leur produit d'altération est la kaolinite (figure 5a). Les différents produits d'altération obtenus à la périphérie de l'échantillon sont des minéraux tels que la hielscherite, la kaolinite, l'hématite, la chalcophyllite, la spangolite. Ces différents minéraux d'altération sont associés aux produits d'altération des basaltes (figure 5b).



Figure 4. Macrophotographie de l'échantillon de latérite argileuse prélevé sur la colline de Kokumbo Bocca.

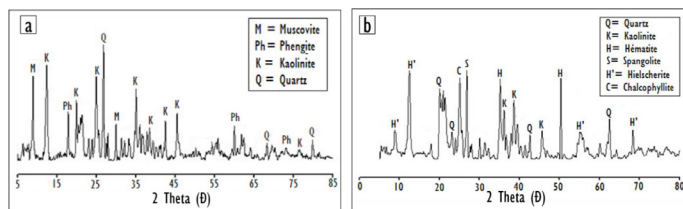


Figure 5. Diffractogrammes obtenus sur l'échantillon de latérite argileuse du Kokumbo Bocca. (a) Données obtenues au centre de l'échantillon ; (b) Données obtenues à la périphérie de l'échantillon

### 3.2. Altération

Le metabasalte et la métadolérite de Kokumbo Bocca ont été affectés par un métamorphisme dans le faciès schiste vert, qui a entraîné la transformation totale ou partielle de certains minéraux. Ces transformations ont favorisé des altérations de type pervasive (chloritisation, séricitisation l'épidotisation, carbonatation et sulfudation) et hydrothermales filoniennes

(figure 6). Ces roches (metabasalte et métadolérite) sont recoupées par des filonnets de quartz et de calcite.

La **chloritisation** s'est matérialisée par la transformation des minéraux d'augite et d'amphibole complètement ou partiellement en chlorite (figure 6a). La **séricitisation** est marquée par le remplacement des plagioclases et dans une moindre mesure des orthoses en séricite (figure 6b). Tandis que l'**épidotisation** par le remplacement des cristaux de feldspath et d'amphibole par l'épidote. La **carbonatation** a été constatée aux épontes des filonnets de quartz (figure 6c). Elle est due à la transformation des minéraux (augite, amphibole et plagioclase) en calcite. La **sulfudation**, qui est le processus le plus important par lequel la minéralisation aurifère à Kokumbo Bocca s'est mise en place, est marquée par la formation des sulfures (figure 6d).

L'**altération hydrothermale filonienne** est marquée par la présence de filonnets de quartz et de calcite, due au remplissage des fissures par les fluides hydrothermaux. Le quartz s'est formé par le processus de **silicification** et la calcite s'est formée à travers le processus de calcination, généralement en présence du quartz au sein de la métadolérite (figure 6c).

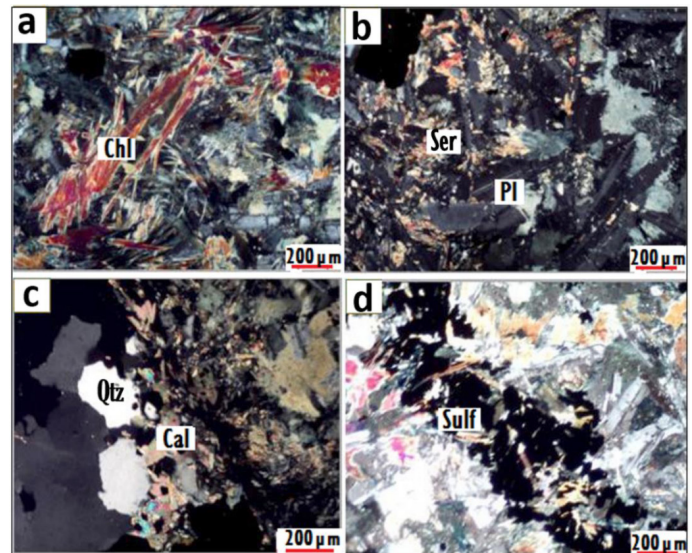


Figure 6: Microphotographies des divers types d'altérations observés à Kokumbo Bocca.

(a) Chloritisation; (b) Séricitisation ; (c) Carbonatation et silicification; (d) Sulfudation  
 Chl = Chlorite, Ser = Séricite, Cal = Calcite, Qtz = Quartz, Sulf = Sulfure.

### 3.3. Minéralisation aurifère

Les sulfures observés macroscopiquement sont disséminés et occupent les interstices au sein des metabasaltes et des métadolérites (figure 7). Ils sont aussi présents à l'intérieur des filonnets de quartz. La paragenèse métallifère à Kokumbo Bocca est définie comme étant composée macroscopiquement de la pyrite, de la chalcopirite et de l'arsénopyrite. Cette minéralisation est primaire syngénétique lorsqu'elle est contenue dans la roche et primaire tardive épigénétique lorsqu'elle est présente au sein des filonnets (de quartz et de la calcite). La minéralisation aurifère observée à Kokumbo Bocca est d'origine : (i) syngénétique, (ii) épigénétique et (iii) supergène. La minéralisation supergène se rencontre dans les terrains latéritiques couvrant les metabasites.

Cependant, la caractérisation métallographique de cette minéralisation n'a pu être effectuée mais, des teneurs en or et d'autres éléments chimiques accompagnateurs de l'or dans les paragenèses métallifères aurifères ont été obtenues par la spectrométrie à fluorescence (XRF) sur l'échantillon de latérite (Tableau II). À la périphérie et au centre de l'échantillon, des teneurs en or respectives de 17,2 ppm et 1,6 ppm obtenues indiquent une anomalie en or à Kokumbo Bocca d'autant plus que le Clarke crustale pour l'or varie entre 0,0011 ppm et 0,04 ppm (Haynes, 2016 ; Yaroshevsky, 2006). Notons que les teneurs obtenues au XRF constituent des guides pour les prospections métallogéniques plus approfondies.



**Figure 7.** Macrophotographie d'un metabasalte avec des sulfures disséminés composés de pyrite, chalcopyrite. Py = Pyrite ; Cp = Chalcopyrite

Tableau II : Données XRF de l'échantillon de sol.

Éléments	Valeurs (ppm)		
	Centre	Périphérie	Clarke crustale
Au	1,6	17,2	0,0011 - 0,04
Cu	1316,6	859,9	50 - 68
As	801,9	985	1,5 - 2,1
Ag	34,5	20,8	0,07 - 0,08
Pb	249	205,2	10 - 14
Zn	151,9	127,2	70 - 79
Cr	1055,9	1046,8	100 - 335
Ni	271,2	299,6	80 - 190
Co	2213,3	2188,2	20 - 30
Sn	138	91	2,2 - 2,3

## 4. Discussion

### 4.1. Pétrographie et altération

Les roches vertes de Kokumbo Bocca sont constituées de minéraux primaires (plagioclase, augite, amphibole orthose et quartz) et de minéraux secondaires (chlorite, séricite et épidote). Leurs textures primaires (microlithique et doléritique), supplantées par des textures secondaires (lépidoblastique à

nématoblastique), indiquent que ces roches ont une origine volcanique mafique et sont affectées par un métamorphisme de faible à moyen degré dans le faciès schiste vert. En effet, Amoih (2017) et Beba (1995) indiquent que les roches de la région de Kokumbo ont été affectées par des phénomènes d'altérations et de métamorphisme général, avec une paragenèse minérale qui témoigne d'un métamorphisme de faible degré, dans le faciès schiste vert et, localement dans le faciès amphibolite. Ce type de métamorphisme affectant ces métavolcanites (métabasaltes et métadolérites) a été évoqué dans la ceinture birimienne volcano-sédimentaire de Toumodi-Fètékro par plusieurs auteurs (Coulibaly *et al.*, 2017 ; Castaing *et al.*, 2003). La même observation a été réalisée dans d'autres ceintures de roches vertes d'Afrique de l'Ouest, en Côte d'Ivoire (Ouattara *et al.*, 2021, 2017 ; Ouattara, 2015 ; Houssou, 2013 ; Baratoux *et al.*, 2011), au Sénégal et au Ghana (Sylla et Ngom, 1997 ; Hirdes *et al.*, 1992).

Les métabasaltes et les métadolérites de Kokumbo Bocca ont en outre été affectés par des altérations (pervasives et filonienne), qui se sont manifestées par la pseudomorphose partielle ou totale des minéraux primaires. Ainsi, les minéraux primaires (plagioclase, pyroxène, amphibole, orthose) se sont altérés généralement en minéraux secondaires (calcite, chlorite, séricite, épidote). En plus, des altérations de silicification et de sulfuration se sont produites au sein de ces roches. Ces phénomènes d'altérations ont aussi affectés certains gisements aurifères, de Dougbafla (Ouattara *et al.*, 2021, 2017), de Bonikro (Ouattara *et al.*, 2015) et de Bobosso (Gnanzou, 2014) en Côte d'Ivoire. Au-delà des altérations (pervasives et filonienne), les métabasites de Kokumbo Bocca ont également subi une altération supergène intense, qui s'est traduite par la formation d'une couverture réolithique latéritique épaisse au-dessus de ces formations. Toutes ces altérations ont contribué à la concentration de la minéralisation aurifère de Kokumbo Bocca.

### 4.2. Minéralisation aurifère

La minéralisation aurifère de Kokumbo Bocca est portée par des formations métamorphisées, ayant subi une altération hydrothermale. La paragenèse métallifère aurifère de Kokumbo Bocca est composée macroscopiquement de la pyrite, de l'arsénopyrite et de la chalcopyrite. Elle se rapproche de celle évoquée par Sonnendrucker (1968) qui établit une paragenèse métallifère (pyrite, arsénopyrite, stibine, mispickel et scheelite), associée à l'or au sein d'un encaissant basique dans la région de Kokumbo. En effet, à Kokumbo Bocca, la minéralisation primaire syngénétique est à sulfure disséminée dans les métavolcanites. Celle qui est primaire tardive épigénétique se retrouve au sein des filonnets de quartz ou de calcite. Selon plusieurs auteurs (Houssou, 2013 ; Oberthür *et al.*, 1994, 1996 ; Sibson, 1989 ; Sibson *et al.*, 1988), il existe une relation génétique plus ou moins étroite entre ces deux types de minéralisation. Ils sont interprétés comme étant la manifestation de plusieurs épisodes d'infiltration de fluides hydrothermaux et de dépôt de minéraux le long des shearzones. Ce type de minéralisation bimodale a été mis en évidence dans plusieurs gisements aurifères en Côte d'Ivoire (Bonikro et Agbaou) (Ouattara, 2015 ; Houssou, 2013), dans la sous-région principalement au Ghana (gisements de la ceinture Ashanti ; Oberthür *et al.*, 1996) et au Burkina Faso (Salambere

*et al.*, 2021 ; Ouedraogo *et al.*, 2016). Au-delà des altérations (pervasives et filonienne), l'altération supergène qui a donné lieu à la latérite argileuse formée au-dessus des metabasites a certainement contribué au piégeage et à la reconcentration de l'or dans la couverture latéritique. Ce qui a favorisé ces gîtes à minéralisations supergènes exploités par les orpailleurs présents dans la région. Les teneurs relativement élevées en or (Au), arsenic (As), cuivre (Cu) (supérieur au Clarke crustale) obtenues dans la latérite argileuse indiquent une concentration anormale de ces éléments chimiques (Haynes, 2016 ; Yaroshevsky, 2006). Ce qui justifierait la paragenèse à sulfure aurifère (pyrite, arsénopyrite, chalcopryrite) observée à Kokumbo Bocca. Aussi, les teneurs relativement élevées en chrome (Cr), nickel (Ni), cobalt (Co) implique que ce sol latéritique proviendrait de l'altération météorique de roche d'origine plutôt mafique que felsique donc des metabasites et/ou métadolérites (Glodji *et al.*, 2019).

Au final, la colline de Kokumbo Bocca dont les metabasites et leurs produits d'altération contiennent de la minéralisation sulfurée aurifère, doit être une zone privilégiée pour la recherche de gisement minier aurifère. Par ailleurs, des études ultérieures sur la caractérisation métallographique de ces sulfures aurifères de même que la caractérisation des autres formations géologiques de la colline de Kokumbo Bocca doivent être initiées car, cette colline est abondamment investiguée par l'orpaillage traditionnel.

## 5. Conclusion

La caractérisation pétrographique des metabasites du Kokumbo Bocca a montré que ces formations géologiques sont composées de minéraux primaires (plagioclase, augite, amphibole, orthose, quartz) associés à des minéraux secondaires (chlorite, séricite, épidote). Leurs textures microlithiques à doléritiques sont supplantées par des textures lépidoblastiques à nématoblastiques. Ces roches (metabasites et métadolérites) ont une origine volcanique mafique et sont affectées par un métamorphisme du faciès schiste vert. Ces métavolcanites ont par ailleurs été affectées par des altérations pervasives (chloritisation, séricitisation, l'épidotisation, carbonatation et sulfuration) et hydrothermales filoniennes (silicification) qui sont à la base de la concentration de la minéralisation aurifère sulfurée à Kokumbo Bocca.

Cette minéralisation sulfurée, disséminée dans ces métavolcanites, est primaire syngénétique et primaire tardive épigénétique lorsqu'elle est filonienne (quartz et calcite). La paragenèse métallifère est composée de pyrite, d'arsénopyrite et de chalcopryrite. La minéralisation aurifère de Kokumbo Bocca est aussi de type supergène dans la couverture régolithique, de nature latéritique argileuse.

Enfin, les metabasites aurifères de Kokumbo Bocca ont des caractéristiques similaires à celles, définies dans les autres ceintures de roches vertes birimiennes de Côte d'Ivoire et d'Afrique de l'ouest.

## Remerciements

Cette étude a été réalisée à l'unité de formation et de recherche des sciences géologiques et minières ((UFR SGM)

de l'Université de Man en s'inspirant des données issues principalement des auteurs et de celles relatives aux travaux de terrain avec les partenaires du Laboratoire Mixte International (LMI). Chaleureux remerciements à Alphonse YAO, David BARATOUX, ainsi qu'à tous les autres membres du projet LMI.

## Références bibliographiques

Abouchami W., Boher M., Michard A. and Albare de F. (1990). A Major 2,1Ga Event of Mafic Magmatism in West Africa: An Early Stage of Crustal Accretion. *Journal of Geophysical Research*, 95, 17605-17629.

Amoïh A. (2017). Etude petro-structurale des formations géologiques de Kimoukro et Kokumbo (Région de Toumodi, Côte d'Ivoire). Mémoire de master en sciences de la terre, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 56p.

Assié, K. E. (2008). Lode gold mineralization in the Paleoproterozoic (Birimian) volcano- sedimentary sequence of Afema gold district, southeastern Côte d'Ivoire. Thesis, Faculty of Energy and Economic Sciences. Technical University of Clausthal, Germany, 198p.

Baratoux L., Metelka V., Naba S., Jessell M.W., Gregoire M. and Ganne J. (2011). Juvenile Paleoproterozoic crust evolution during the Eburnean orogeny (~2.2-2.0 Ga), western Burkina Faso. *Precambrian Research*, 191, 18-45.

Beba F. A. (1995). La minéralisation aurifère dans les formations volcano-sédimentaires du Birimien : cas de Kokumbo. Mémoire d'étude supérieur, science de la terre et des ressources minières, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 45p.

Bessoles B. (1977). Géologie de l'Afrique, Le craton ouest-africain. Paris, Mémoire, Bureau de recherches géologiques et minières, France, 88, 404p.

Camil J. (1984). Pétrographie, chronologie des ensembles archéens et formations associées de la région de Man (Côte d'Ivoire) : implications pour l'histoire géologique du craton ouest-africain. Thèse de Doctorat, science de la terre. Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 306p.

Castaing C., Billa M., Milési J.P., Thiéblemont D., Le Mentour J., Egal E., Donzeau M., Guerrot C., Cocherie A., Chèvremont P., Tegvey M., Itard Y., Zida B., Ouedraogo I., Kote S., Kabore B.E., Ouedraogo C., Ki J.C. et Zunino C. (2003). Notice explicative de la carte géologique et minière du Burkina Faso à 1/1 000 000. Bureau de recherches géologiques et minières BUMIGEB. 147p.

Coulibaly I., Kouamelan A.N., Djro S.C. et Coulibaly Y. (2017). Pétrographie des volcanites et plutonites de la partie sud du Sillon Volcano-Sédimentaire de Toumodi-Fetekro (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 13(30), 199-221.

Doumbia S., Pouclet A., Kouamelan A., Peucat J.J. and Vidal M. (1998). Petrogenesis of juvenile-type Birimian (Paleoproterozoic) granitoids in Central Côte d'Ivoire, West Africa: geochemistry and geochronology. *Precambrian Research*, 87, 33-63.

Feybesse J.L., Billa, M., Guerrot C., Duguey E., Lescuyer J.L.,

- Milesi J.P. and Bouchot V. (2006). The paleoproterozoic Ghanaian province: geodynamic model and ore controls, including regional stress modeling. *Precambrian Research*, 149, 149–196.
- Gasquet D., Barbey P., Adou M. and Paquette J.L. (2003). Structure, Sr-Nd isotope geochemistry and zircon U-Pb geochronology of the granitoids of the Dabakala area (Côte d'Ivoire): evidence for a 2.3 Ga crustal growth event in the Palaeoproterozoic of West Africa? *Precambrian Research*, 127, 329–354.
- Glodji A.L., Yessoufou S., N'Tcha A. et Kassa J.-B. (2019). Caractéristiques pétrographiques et potentialités métallogéniques de l'intrusion de M'Bétékoukou, Centre-Bénin, Afrique de l'Ouest. *Afrique Science*, 15(5), 288 - 301
- Gnanzou A. (2014). Etude 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 de doctorat, Université Paris-Sud Orsay, France et Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, 303p.
- Guedji G.E.F. (2014). Les séquences mafiques-ultramafiques de Samapleu et leur minéralisation en Ni-Cu-EGP: un dyke du complexe lité Yacouba ; craton archéen de Man, Ouest Côte d'Ivoire. Unpublished Ph.D. Thesis, Cotutelle, Université de Franche Comté-Besançon de France, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, 380p.
- Haynes W. M. (2016). Abundance of elements in the Earth's crust and in the sea. p. 2402 (14-17). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 97<sup>th</sup> edition, CRC Press/Taylor and Francis, 2652 p.
- Hirdes W., Davis D.W. and Eisenlohr N.N. (1992). Reassessment of Proterozoic granitoid ages in Ghana on the basis of U/Pb zircon and monazite dating. *Precambrian Research*, 56, 89-96.
- Houssou N.N. (2013). Etude pétrologique, structurale et métallogénique du gisement aurifère d'Agbahou, Divo, Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, 177p.
- Kadio E., Coulibaly Y., Allialy M.E., Kouamelan A.N., and Pothin, K.B.K. (2010). On the occurrence of gold mineralizations in southeastern Ivory Coast. *Journal of African Earth Sciences*, 57, 423–430.
- Kouamelan A.N. (1996). Géochronologie et géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire, implication pour la transition archéen-protérozoïque. Thèse unique de Doctorat en sciences de la terre, Rennes, France, 277p.
- Leube A., Hirdes W., Mauer R. and Kesse G.O. (1990). The early Proterozoic Birimian supergroup of Ghana and some aspects of its associated gold mineralization. *Precambrian Research*, 46, 139-165.
- Lompo M. (2009). Geodynamic evolution of the 2.25 - 2.0 Ga Paleoproterozoic magmatic rocks in the Man-Leo Shield of the West African Craton. A model of subsidence of an oceanic plateau (Eds, Reddy S.M., Mazumder R., Evans D.A.D. and Collins, A.S.), *Palaeoproterozoic Supercontinents and Global Evolution*, Geological Society, London, 323, 231-254.
- Milési J.P., Feybesse J.L., Ledru P., Dommangeat A., Ouedraogo M.F., Marcoux E., Prost A., Vinchon C., Sylvain J.P., Johan V., Tegye M., Calvez J.Y., et Lagny P. (1989). Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest, leurs relations avec l'évolution lithostratigraphique du protérozoïque inférieur. *Chronique de la recherche minière*, 497, 98p.
- Mortimer J. (2016). Paleoproterozoic geology of the Toumodi area, Ivory Coast, 1:100,000. *Journal of Maps*. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2016.1227732>
- Oberthür T., Schmidt A., Vetter U., Simon K. and Amanor J.A. (1996). Gold mineralization in the Ashanti belt of Ghana: genetic constraints of the stable isotope geochemistry. *Geologie economie*, 2(91), 289-301.
- Oberthür T., Vetter U., Schmidt A., Weiser T., Amanor J.A., Gyapong W.A., Kumi R. and Blenkinsop T.G. (1994). The Ashanti gold mine at Obuasi in Ghana: mineralogical, geochemical, stable isotope and fluid inclusion studies on the metallogenesis of the deposit. *Geologie Jahrbuch*, 2(100), 31-129.
- Ouattara A.S., Gnanzou A., Coulibaly I., Coulibaly Y. et Droh L.G., (2021). Caractères lithostratigraphiques des formations birimiennes de la zone Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fettekro, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 57(2), 213-222.
- Ouattara A.S. (2018). Le gisement aurifère de Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fettekro, Oumé, Côte d'Ivoire): Pétrographie, déformation, géochimie et métallogénie. Doctorat, Université Felix Houphouët Boigny, Cocody, Côte d'Ivoire, 252p
- Ouattara A.S., Coulibaly Y. et Kouadio F. J.-L. H. (2017). Les altérations hydrothermales associées à la minéralisation aurifère du gisement de Dougbafla (District d'Oumé-Hiré, Centre-ouest de la Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal*, 13(30), 108-125.
- Ouattara Z., Coulibaly Y. et Lieben F. (2015). Pétrographie du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien d'Oumé - Fettekro, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 11(21), 119-132.
- Ouattara Z. (2015). Caractère lithostratigraphique, structural, géochimique et métallogénique du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien de Fettekro, Centre-Sud de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, Cocody, Côte d'Ivoire, 252p.
- Ouedraogo A., Bamba O, Ouattara G., Gampine E. et Sawadogo S. (2016). Caractérisations structurales des gites aurifères du corridor de Bouboulou-Bouda au Burkina Faso, Afrique de l'ouest. *Afrique science* 12(5), 89 – 104.
- Pawlig S., Gueye M., Klischies R., Schwarz S., Wemmer K. and Siegesmund S. (2006). Geochemical and Sr-Nd isotopic data on the Birimian of the Kedougou-Kenieba Inlier (Eastern Senegal): implications on the Palaeoproterozoic evolution of the West African Craton. *South African Journal of Geology*, 109, 411–427.
- Poucllet A., Doumbia S. and Vidal M. (2006). Geodynamic setting of the Birimian volcanism in central Ivory Coast (western Africa) and its place in the Palaeoproterozoic evolution of the Man Shield. *Bulletin Société Géologique de France*, 177, 105-121.

- Pouclet A., Vidal M., Delor C., Simeon I. et Alric G. (1996). 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 Société Géologique de France, 3(167), 307-319.
- Salambere P-W. E., Ilboudo H., Traore S.A. et Lompo M. (2021). Analyse pétrographique, structurale et métallographique de l'environnement minéralisé de Boulgou-Kodisare, Burkina Faso, Afrique de l'ouest. Afrique science, 19(3) 105 – 118.
- Sibson R.H. (1989). Structures and mechanics of fault zones in relation to fault-hosted mineralization. The Australian Mineral Foundation, Glenside, South Australia, 12p.
- Sibson R.H., Robert F. and Poulsen K.H. (1988). High-angle reverse faults, fluid pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*, 16, 551-555.
- Sonnendrucker P. (1968). Étude de synthèse sur l'or en Côte d'Ivoire. La région aurifère Baoulé Sud. Rapport SODEMI, Abidjan, 208, 75p.
- Sylla M. et Ngom P.M. (1997). Le gisement d'or de Sabodala (Sénégal Oriental): une minéralisation filonienne d'origine hydrothermale remobilisée par une tectonique cisailante. *Journal of African Earth Sciences*, 25(2), 183-192.
- Tagini B. (1971). Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire : essai de géotectonique régionale. Doctorat, Université de Lausanne, Suisse, 5, 302p.
- Yacé I. (1982). Etude géologique du volcanisme Eburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne précambrienne de Fettekro. Ministère des mines, République de Côte d'Ivoire, 156 p.
- Yacé I. (1976). Le volcanisme Eburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne Précambrienne de Fettekro en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Abidjan. 373p.
- Yaroshevsky A.A. (2006). Abundances of chemical elements in the Earth's crust. *Geochemistry International*, 44 (1), 48-55.