

PETROGRAPHIE DU GISEMENT D'OR DE BONIKRO, SILLON BIRIMIEN D'OUME - FETTEKRO, COTE D'IVOIRE

Zié Ouattara

Yacouba Coulibaly

Laboratoire de Géologie du Socle et Métallogénie, UFR STRM,
Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

François Lieben

Géologue sénior, Newcrest Mining Limited, Côte d'Ivoire

Abstract

The Bonikro gold deposit is located in the southern part of the Oumé-Fettèkro birimian furrow. Its lithology is made of two primary rocks units; a mafic volcanic sequence in the East and a unit of volcano-sedimentary rocks in the western part. The interface of these two units is occupied by the Bonikro Shear Zone and the granodiorit. This intrusive is associated with the dykes of pegmatite and aplite, but also with volcanic giving the group of felsic rocks in the deposit. The minerals of sericite, chlorite, epidote observed in these rocks are consistent with the impacts of the greenschist facies metamorphism. Also, these lithologies are affected by a strong hydrothermal alteration due to the abundant veins of quartz, carbonate, albite, sulphide, scheelite and gold. The distribution of these aforementioned two units in the east and in the west supports the fact that the birimian has inherited the ancient valley. The various volcanic rocks are linked to the birimian volcanism, when the pyroclastites imply that this volcanism has undergone a possible period of explosive character.

Keywords: Birimian, Petrography, Gold, Bonikro, Côte d'Ivoire

Résumé:

Le gisement d'or de Bonikro est situé dans la partie méridionale du sillon birimien d'Oumé – Fettèkro. La lithologie de ce gisement est composée de deux unités primaires ; un ensemble de volcanites mafiques à l'Est et un ensemble de volcanoclastiques et sédimentaires à l'Ouest. L'interface entre ces deux unités lithologiques est occupée par le couloir de cisaillement de Bonikro (BSZ) et le pluton granodioritique. Ce pluton est

associé à des dykes d'aplite et de pegmatite et également à des volcanites donnant ainsi l'ensemble felsique. Toutes ces lithologies sont affectées par le métamorphisme de faciès schistes verts marqué par la présence des minéraux de séricite, de chlorite, d'épidote et aussi par un hydrothermalisme avec les remplissages fissuraux de quartz, de carbonates, d'albite, de sulfure, de scheelite, et d'or. Cette répartition des unités volcaniques et volcanosédimentaires à l'Est et à l'Ouest fait appel à l'existence de vallées birimienne dont l'existence est à relier au volcanisme birimien. Egalement, au sein des volcanosédiments, on a la présence de pyroclastites faits de clastes mafiques et felsiques. Ces pyroclastites témoignent de l'existence d'épisodes explosifs dans le volcanisme birimien ayant eu cours dans ce sillon birimien d'Oumé - Fettèkro.

Mots clés: Birimien, Pétrographie, Or, Bonikro, Côte d'Ivoire

Introduction

En Afrique de l'Ouest, les minéralisations aurifères sont communément portées par les formations birimiennes datant du Paléoprotérozoïque (Milési et al., 1989). C'est en partie pour cette raison que ces formations sont la cible pour les recherches minière et académique. En Côte d'Ivoire, par exemple, ces deux dernières décennies ont été marquées par l'intensification de l'exploration minérale dans les terrain birimiens ; ce qui a eu pour conséquence la découverte de nouveaux gisements d'or notamment les gisements de Tongon, de Bonikro, d'Agbahou, d'Angovia, d'Hiré, d'Aféma, de Sissingué, ...etc (Milési *et al.*, 1989 ; Assié, 2008 ; Coulibaly *et al.*, 2008 ; Kramo *et al.*, 2008 ; Kadio *et al.*, 2010 ; Houssou, 2013). Le gisement aurifère de Bonikro rentré en production depuis octobre 2008, est situé dans la sous-préfecture de Hiré, localité située à 210 km au nord-ouest d'Abidjan. Il appartient ainsi à la région aurifère du pays Dida définie par Sonnendrucker (1967).

La compréhension de ces différents gisements devient capitale pour mettre à jour des guides de prospection minière. C'est pour contribuer à cet effort de connaissance que la pétrographie du gisement à été analysée. Cette pétrographie nous offre l'opportunité d'aborder des aspects clefs de l'orogénèse éburnéenne dans ce sillon birimien. Egalement, elle nous permettra d'évoquer l'intérêt minier des granitoïdes tardi-éburnéens.

Contexte géologique

La Côte d'Ivoire appartient à la partie sud du craton ouest africain c'est-à-dire la dorsale de Man (Bessoles, 1977 ; Fig. 1). Elle est ainsi caractérisée par deux unités géologiques inégalement réparties ; un socle cristallophyllien d'âge précambrien couvrant 97,5% du territoire et un bassin

sédimentaire côtier secondaire-tertiaire couvrant 2,5% du pays et apparaissant en discordance sur les formations précambriennes.

Le socle précambrien ivoirien est subdivisé en deux domaines géologiques par la faille du Sassandra (Bessoles, 1977); le domaine archéen (3500 -2500 Ma) qui occupe la partie occidentale et le domaine protérozoïque (2500 – 1600 Ma) situé à l’est. Entre ces deux domaines, Kouamelan (1996) a identifié une zone de transition.

Le domaine protérozoïque auquel appartient le gisement d’or de Bonikro a été structuré par le mégacycle éburnéen. Ce domaine renferme des formations d’âge birimien ; le Birimien étant considéré comme un épisode de création crustale entre 2,2 et 2,1 Ga (Abouchami *et al.*, 1990 ; Boher, 1991). Les roches birimiennes couvrent les deux tiers de la Côte d’Ivoire et sont matérialisées par l’alternance de sillons volcanosédimentaires généralement orientés NNE et bordés ou renfermant des granitoïdes qui sont syntectoniques (orientés) ou post-tectoniques (équants) (Chermette, 1935 ; Yacé, 1982).

Méthodologie

La région d’Oumé – Hiré est marquée par la rareté des affleurements à cause de l’épaisse couverture de la végétation et de l’altération supergène. Ainsi, la méthodologie employée pour étudier la lithologie du gisement de Bonikro s’est basée non seulement sur une longue phase de terrain mais a surtout consisté en l’analyse de plus de cinquante kilomètres de carottes de sondage.

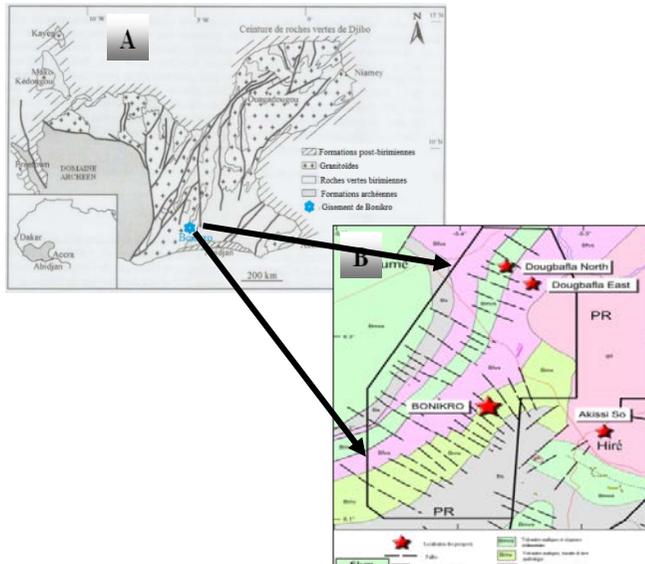


Figure 1: Cartes géologiques de la dorsale de Man (A) et de la zone d'étude (B) (modifiée après Debat *et al.*, 2003 et BHP Minerals, 1992).

La phase de terrain a débuté en Juin 2010 dans la carrière du gisement de Bonikro et s'est poursuivie dans les différentes carrières de la compagnie Newcrest Mining Limited à Oumé et également à Yamoussoukro. Cette phase a surtout permis de faire une description macroscopique des roches et de recueillir les paramètres principaux des lithologies à savoir la couleur, la texture, la composition minéralogique, les altérations, la déformation, la présence de sulfure et d'or visible. Elle a permis de faire un échantillonnage conséquent.

La phase de laboratoire avait pour objectif de compléter la pétrographie macroscopique. Des lames minces ont ainsi été confectionnées puis observées au microscope polarisant de type Naschet au Laboratoire de Géologie du Socle et Métallogénie (LGSM) de l'Université Félix Houphouët-Boigny. Ensuite, elles ont été étudiées au Laboratoire de Géoresources à l'Université de Lorraine, Nancy où ces lames ont été microphotographiées à l'aide du logiciel de capture d'images Axiovision 4.7 associé au microscope polarisant. Cette approche microscopique a été réalisée aussi bien en lumière transmise qu'en lumière réfléchie.

Résultats

Les formations géologiques de Bonikro peuvent être rassemblées sous quatre principaux groupes : le plutonite, les roches filoniennes, les unités volcaniques et les roches volcano-sédimentaires.

Données pétrographiques

Plutonite

Le plutonite est représenté par la granodiorite qui est économiquement la lithologie la plus importante du gisement de Bonikro dans le sens où l'or y est régulièrement encaissé. Il est uniquement représenté par la granodiorite porphyroïde.

La granodiorite porphyroïde de Bonikro intrude les formations volcaniques mafiques et volcano-sédimentaires au centre de la carrière puis s'allonge vers le Nord Est. L'ensemble des travaux de terrain s'étant organisé autour d'elle, nous avons pu nous rendre compte de sa variété texturale. Ainsi elle se présente sous différents aspects selon qu'elle soit (i) fraîche, (ii) ou localisée dans les zones d'intenses altérations hydrothermales, (iii) ou encore affectée par le cisaillement.

La granodiorite fraîche présente une texture initiale magmatique facilement reconnaissable; la roche est à la base grenue porphyroïde et d'aspect massif (Fig. 2A). Elle se compose de minéraux clairs (plagioclase, quartz, et feldspath potassique) et sombres (biotite ± amphibole), lui donnant ainsi une couleur mésocrate. La taille des minéraux est variable ; on a les grains moyens de plagioclase, les phénocristaux de biotite (0,7 à 1 cm),

les mégacristaux de feldspaths potassiques (1 à 3 cm). Les minéraux accessoires se résument à l'apatite, l'ilménite, le zircon, la monazite et le rutile. Lorsqu'elle est dans les zones d'altérations, la granodiorite présente les minéraux hydrothermaux et change de couleur. Affectée par le cisaillement, les minéraux sont étirés, orientés et cisailés aboutissant à une mylonitisation de ce pluton.

Le plagioclase représente 35 à 40 % de la matrice (Fig. 2B) mais du fait de la petitesse de la taille de ces cristaux (0,2 à 0,5cm), on a l'impression à l'œil nu que les plagioclases sont peu abondants. Les minéraux de plagioclases sont affectés par des veines irisées faites de séricite, calcite, biotite et de muscovite. Les plagioclases sont d'origine magmatique, automorphe, de taille variable et se trouvant incluses soit dans le feldspath potassique ou alors dans le quartz. Elle sont généralement fracturées et altérée.

Le quartz occupe environ 35 % de la roche (Fig. 2B). Le quartz primaire est reconnaissable par ses gros cristaux, automorphes. Ce quartz a une extinction roulante prononcée et recristallise en donnant de petits cristaux représentant ainsi le quartz secondaire. Dans les veines hydrothermales, nous avons le quartz hydrothermal, qui est limpide et souvent associé aux carbonates.

Le feldspath potassique est remarquable du fait de sa grande taille (1 à 3 cm) masquant ainsi sa petite abondance (15 à 20 %). Les minéraux de feldspath potassiques sont les mégacristaux automorphes et contiennent des inclusions de plagioclases, de biotite, de sulfures et d'or. Il s'agit essentiellement d'orthose et rarement de microcline.

La biotite est le principal mica. Elle se présente sous la forme de gros cristaux (0,5 à 2 cm). Sa teinte sombre et sa taille camouflent sa faible abondance qui se situe entre 10 et 15% (Fig. 2B). Etant généralement transformée en séricite lors de l'altération hydrothermale, la présence de la biotite a longtemps été considérée comme marquant les zones stériles. Toutefois, elle reste relativement peu altérée dans les zones minéralisées caractérisées par des veines en feuillets.

L'amphibole se confond à la biotite à l'œil nu. Toutefois, il s'en distingue au microscope polarisant par l'existence en section basale de deux clivages losangiques. Il s'agit de la hornblende verte.

L'apatite et **l'ilménite** sont communément contenues dans les phénocristaux de biotite. Parfois, on observe l'enchevêtrement de l'ilménite et du quartz donnant ainsi une texture granophyrique à la roche.

Le zircon observé pendant les séances au MEB, reste en contact avec l'apatite, mais également occupe les veines hydrothermales.

Les pyrites sont presque toutes automorphes donnant l'impression d'être primaires toutefois d'autres apparaissent dans les fractures des minéraux majeurs.

L'altération hydrothermale et la déformation

Les échantillons les plus frais montrent des indices d'altération hydrothermale et de déformations. Cela témoigne de l'intensité de ces phénomènes géologiques et de leur caractère tardif. Lorsqu'elle est minéralisée, la granodiorite en plus d'être déformée apparaît le plus souvent associée à trois types d'altération ; la séricitisation, l'albitisation et la silicification.

L'impact de la déformation sur la granodiorite est considérable dans le sens où dans ces zones de cisaillement la roche présente une foliation avec comme résultante une chloritisation naissante devenant de plus en plus nette et abondante.

La mylonitisation a été intense à Bonikro, aboutissant à la disparition de la plupart des minéraux primaires surtout les phylliteux que l'on retrouve agglomérés dans les plans de déformations. Les minéraux comme le quartz et les plagioclases, les plus résistants sont facilement observables associés à des sulfures dans les porphyroblastes.

Les xénolites sont rares et présentent des formes subarrondies à arrondies. Ils s'observent au voisinage des contacts entre la granodiorite et les autres types de roches (volcano-sédimentaires à l'ouest et mafiques volcaniques à l'est). Au microscope, les xénolithes présentent une composition constituée de biotite, muscovite, calcite, quartz et de sulfures.

Roches filoniennes

- **Pegmatites**

Les pegmatites se retrouvent généralement associées aux aplites dans le sud-ouest de la carrière de Bonikro (Fig. 2C). Elles recoupent les zones d'intense schistosité qui ont affecté les mafiques et les sédiments. A l'affleurement, les filons de pegmatites sont obliques par rapport au litage primaire. Dans leur continuité, on observe des dykes aplitiques. Macroscopiquement, la pegmatite est d'une couleur rose uniforme et traversée par des veines composées de quartz, calcite et de tourmaline. On y rencontre les minéraux majeurs tels que : feldspath potassique, plagioclase et les gros cristaux de quartz. La tourmaline est en aiguille aussi bien dans la matrice que dans les veines, de coloration bleu claire à rose soit variant des termes elbaïtes à rubellites (Fig. 2D).

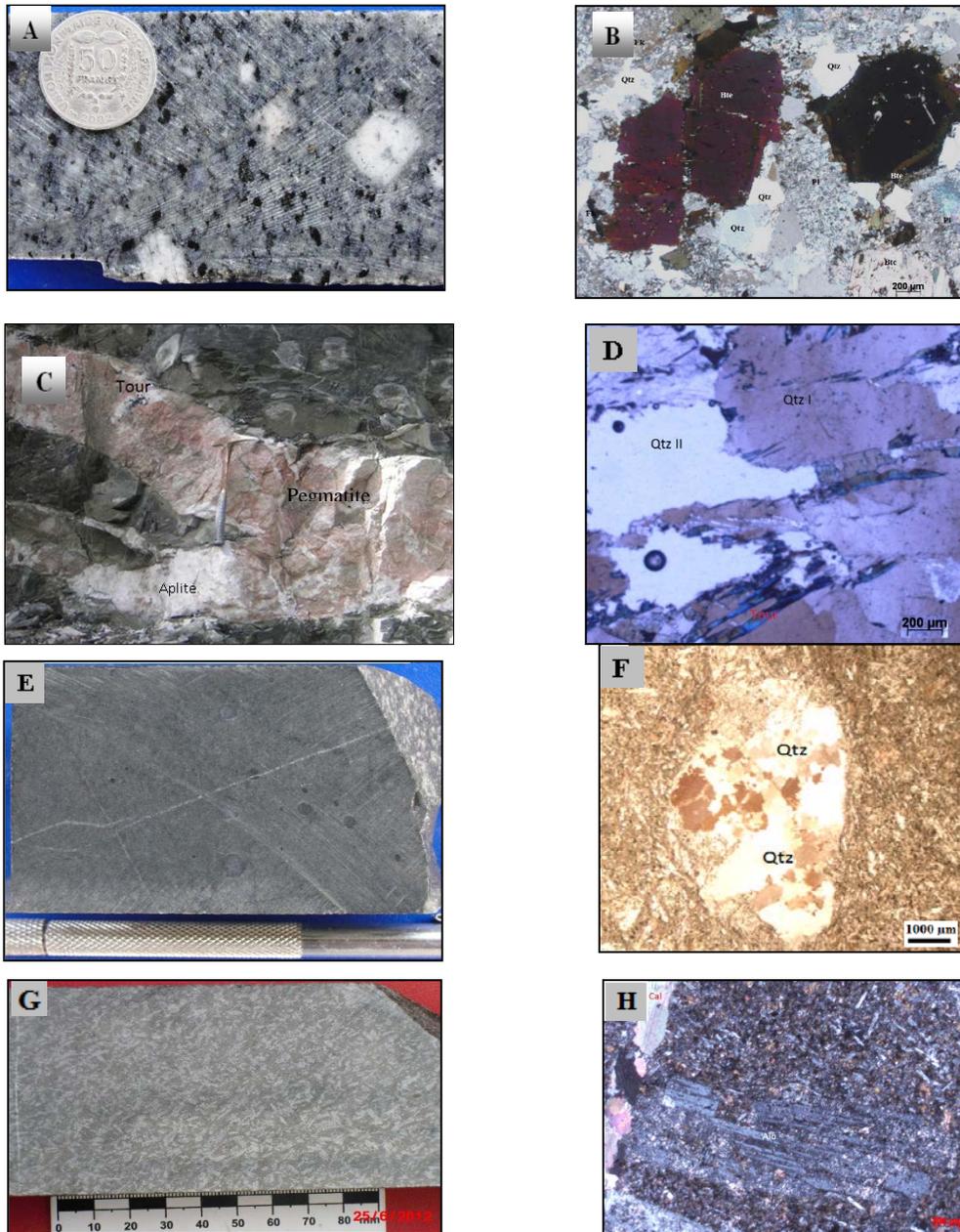


Figure 2 : Aspects macroscopique et microscopique des roches felsiques du gisement d'or de Bonikro.

A et B: Granodiorite; C et D: pegmatite; E et F: lave acide; G et H: dacite porphyrique

Qtz: quartz, Bte: biotite; Fk: feldspath potassique; Pl: plagioclase; tour: tourmaline; cal: calcite; alb: albite

- **Dykes aplitiques**

Les dykes d'aplitites s'associent aux pegmatites dans le sud-ouest de la carrière (Figs. 2C). Ces roches leucocrates diffèrent des pegmatites par la petitesse de leurs minéraux. Les pegmatites association de ces roches avec les pegmatites témoigne que la cristallisation a été rapide (Marieke, 2012).

Les unités volcaniques

Volcanites felsiques

Elles se composent de lave acide, la rhyodacite et de dacite porphyrique.

- **Lave acide**

Elle apparaît en dessous des roches volcaniques mafiques à l'est de la fosse d'exploitation. Elle montre une relation étroite avec ces roches et constitue la transition entre les lithologies felsique et mafique ; cet extrusif felsique (Fig. 2E) est également affecté par une intense altération hydrothermale. A l'œil nu, la roche présente une texture hyaline parsemée de petites cavités (amygdales) créée lors du refroidissement rapide. Au microscope polarisant, on observe que les cavités sont constituées de porphyroclastes de quartz secondaire associé à la calcite et quelques sulfures (Fig. 2F). La lave acide est composée principalement de baguettes de feldspath (plagioclase et/ou potassique), de quartz recristallisé, de plagioclase allongés, de feldspath potassique et de diverses veinules de calcite.

- **Rhyodacite**

Cette roche de texture microgrenue porphyrique est peu commune à Bonikro. On la retrouve le plus souvent dans les filons en contact avec les formations volcaniques basaltiques de l'Est. Elle est également présente dans les intervalles minéralisés.

- **Dacite porphyrique**

Rencontrée à l'ouest, cette roche est remarquable du fait des deux formes de plagioclase (phénocristal et microlithe) qu'elle contient. Cela est indicateur d'une cristallisation effectuée en deux étapes ; les phénocristaux automorphes ayant cristallisé en premier (Fig. 2G & H).

La roche a subi une intense altération hydrothermale marquée par des veines tardives de carbonates affectant la roche et donc les minéraux primaires. Les plagioclases présentent des textures de remplacement et apparaissent donc hétérogènes ; forte albitisation, inclusion fréquente de baguettes d'apatite, chlorite, muscovite et de carbonate. L'ensemble de ces minéraux se retrouvent dans la matrice associés à des cristaux de feldspath potassiques, du quartz et des pyrites.

Volcanites mafiques

Ces roches se rencontrent à l'est de la carrière de Bonikro.

- **Basalte**

Mélanocrate, ce basalte est localement décoloré par l'altération hydrothermale (Fig. 3A et B). Il est parfois porphyrique et occupe principalement les zones de contraintes surtout celles qui font la transition entre la granodiorite porphyroïde et le basalte porphyrique dans les couloirs de cisaillement. Il est intensément schistosé et se distingue du basalte porphyrique par l'absence de phénocristaux.

- **Lave basaltique**

Les laves basaltiques sont diversifiées et se répartissent sur les murs dans la partie orientale du gisement. Ces gros blocs de basalte montrent des évidences d'autobréchification, et contiennent des amygdales (Fig. 3C). L'autobréchification est à rechercher dans le fait que la lave basaltique lors de sa mise en place englobe des brèches volcaniques. A Bonikro, il s'agit de brèches issues de la même lave et qui ont été refroidies plus tôt. On a donc des laves basaltiques autobréchifiées. Ces cavités sont en général principalement remplies de calcite.

Roches volcano-sédimentaires

- **Pélites**

Les pélites sont reconnaissables par leur litage fin ou laminaire qui les caractérise (Fig. 3D). Elles sont gris pâle à gris foncée avec une épaisseur des lits variant de 0,5 à 7 cm. Lorsqu'elle se situe dans les zones à forte oxydation, la roche est pourpre et le litage devient délicat à identifier. Les lits sont faits de chlorites et de muscovite associés à la pyrite disséminée.

Ces métasédiments sont orientés nord-ouest avec un pendage vers l'Est. Le litage (S0) est orienté est et sud-est et est associé à une schistosité (S1). Au contact avec la zone de cisaillement ou du felsique apparait la seconde schistosité (S2). Les veines hydrothermales qui les traversent sont constituées de carbonate et de sulfures.

- **Schistes**

Les schistes rencontrés sont à chlorite ou à micas formant ainsi des chloritoschistes et des micaschistes (Fig. 3E et F). Les minéraux constitutifs sont alignés parallèlement aux plans de schistosité de ces roches. Ces roches schistosées sont le résultat du métamorphisme général et de l'intense cisaillement sur la péliste.

- **Conglomérats**

Il s'agit ici des fragments grossiers de pélites qui ont été repris et déposés. Ils présentent de ce fait la même composition sédimentaire avec un ciment d'origine volcanique.

- **Pyroclastites**

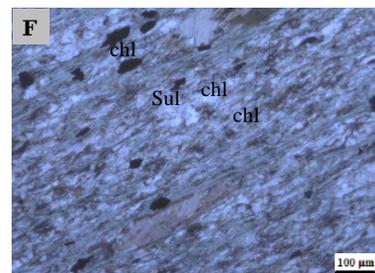
Des roches pyroclastiques grossières, constituées de deux types de clastes (mafiques et felsiques) de taille variable de 4 à 8 cm ont été observés dans un forage à l'ouest de la fosse d'exploitation (Fig. 3G). Ce forage a également recoupé les dacites porphyriques décrites plus haut. Les clastes felsiques sont arrondis tandis que les clastes mafiques sont sub-arrondis ; ce qui implique qu'ils auraient subi un léger transport. Ces différents clastes mettent en exergue le volcanisme explosif qui a mis en place ces formations.

- **Argilites**

Les argilites ou black shales ont été mis en évidence à l'ouest de la fosse, au-delà des zones minéralisées (Fig. 3H). Les fins lits des argilites sont le plus souvent noirs graphiteux mais également ont été affectés de microplissements témoignant des conditions de raccourcissement intense qui ont postérieurement joué.

Roche métamorphique

Une cornéenne a été observée, elle est circonscrite autour de pluton de Bonikro (Fig. 3I) dans une auréole d'environ 1 mètre dans les contacts entre le pluton et le basalte ou les sédiments métamorphisés. La roche est blanchâtre et affectée par les fractures.



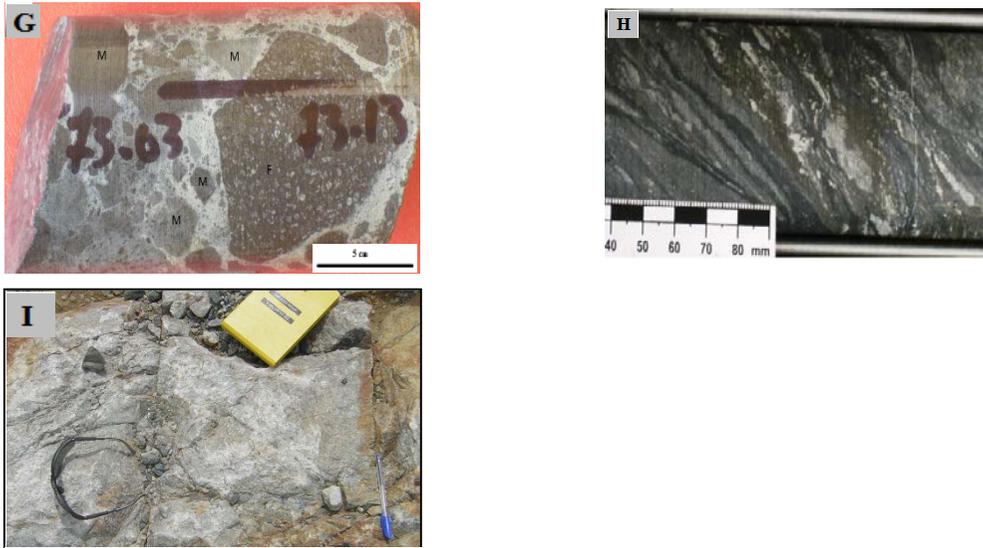


Figure 3: Aspects macroscopique et microscopique des volcanites mafiques et des volcano-sédiments du gisement d'or de Bonikro.

Chl: chlorite; Musc: muscovite; sulf:

A et B: Basalte; C: Basalte amygdalaire; D: Pélite; E et F: schiste; G: pyroclastites, H: argilite et I: cornéenne.

Discussion

La lithologie du gisement d'or de Bonikro est constituée de volcanites mafiques (basaltes) à l'est et de roches volcanoclastiques et sédimentaires à l'ouest. Ces deux groupes lithologiques sont séparés par le groupe de roches felsiques principalement fait de granodiorite. Du sud au nord de la carrière de Bonikro, l'interface entre les roches basaltiques et volcanosédimentaires est dirigée du N 000° au NE c'est-à-dire variant de la direction méridienne à la direction birimienne. Cette distribution des lithologies nous suggère que le groupe de felsiques est apparue tardivement au sein des lithologies précitées. Dans le Sud, les unités volcano-sédimentaires et volcaniques sont si proches que cela nous a suggéré que les formations de « l'Ouest » et celles de « l'Est » étaient en contact avant la remontée de l'intrusif felsique. La répartition des lithologies basaltiques et volcanosédimentaires observée à Bonikro est similaire à celle du gisement d'Agbahou à la différence que les intrusifs sont mafiques (diorite et gabbro); ce dernier gisement étant situé à quelques 25 km au sud-est de Bonikro (Houssou, 2013). Cette répartition lithologique permet de comprendre la

mise en place des roches dans la partie méridionale du sillon birimien de Fettekro et donc de celle des ceintures des roches vertes du Birimien. Les corrélations suggèrent que les unités de roches basaltiques à l'est et celles des volcanoclastiques et sédiments à l'ouest constituent les premières roches de cette ceinture. Ces corrélations confirment l'existence dans l'orogénèse éburnéenne de vallées ou de blocs séparés par des grands accidents (Roques, 1982) Leur ordre de mise en place amène à faire quelques observations. La mise en place des lithologies volcaniques est à relier au volcanisme birimien. Celui-ci d'ailleurs a eu des épisodes explosifs marqués par la présence des pyroclastites. Ce caractère explosif a déjà été évoqué ailleurs dans ce sillon de Fettekro (Yacé, 1982).

Le pluton granodioritique est constitué de plagioclase, quartz, feldspath alcalins, biotite, rares hornblendes vertes avec des traces de titanite, apatite et zircon. Les filons de pegmatite et d'aplite nous amènent à lier l'origine des fluides minéralisateurs du gisement aurifère de Bonikro au magmatisme. Selon (Jung, 1977), la formation du granitoïde au stade orthomagmatique est suivie par le stade pneumatolytique où les éléments volatils se regroupent dans les cavités formant ainsi des pegmatites renfermant de la tourmaline. La dernière étape de mise en place des éléments volatils est toujours selon Jung, (1977), le stade où apparaissent le wolfram et la molybdénite. La granodiorite de ce gisement fait partie des formations post-birimienne du sillon de Fettekro et est la principale roche encaissant la minéralisation aurifère. Dans l'ensemble sédimentaire de l'Ouest du gisement apparaissent des argilites qui sont des roches organique et carbonatées dont la mise en place suppose être faite dans un environnement anaérobique, donc en présence d'une eau stagnante. Le graphite observé dans ces argilites pourrait être relié à ce type d'environnement favorable aux réactions réductrices. L'observation de graphite dans le gisement d'Aféma par Assié (2008) a conduit cet auteur à également évoquer ce type d'environnement.

Remerciement

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet de thèse de Zié Ouattara sur le gisement d'or de Bonikro, projet ayant bénéficié du soutien financier de la compagnie Newcrest Mining Limited.

Conclusion

La distribution spatiale des lithologies du gisement d'or de Bonikro a mis en évidence une diversité de faciès, globalement répartie à l'ouest, à l'est. Ainsi, les roches volcano-sédimentaires se localisent à l'Ouest, les unités volcaniques s'observent à l'Est. Entre ces deux entités, se retrouve l'ensemble formé par les plutonites et des filoniens. Cet ensemble s'encaisse

globalement dans l'unité volcanique au centre et continue dans la direction nord-est. Les séquences volcaniques appartiennent au volcanisme birimien.

Toutefois, les pyroclastites associées impliquent que le volcanisme dans ce sillon a eu quelques épisodes explosifs. Ces roches sont affectées d'altération hydrothermale en séricite, en albite et en silice mais également par un métamorphisme de faciès schistes verts. Les granitoïdes tardi-éburnéens des sillons birimiens sont capables de concentrer les ressources aurifères car le granodiorite de Bonikro qui est post-birimien est porteuse de la minéralisation aurifère.

References:

- ABOUCAMI, W., BOHER, M., MICHARD, A. & ALBAREDE, F. (1990). A major 2,1 Ga event of mafic magmatism in West Africa: An early stage of crustal accretion. *J. Geophys. Res.*95(11): pp.17605-17629.
- ASSIE, 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, 198 p.
- BESSELES, B. (1977). Géologie de l'Afrique, Le craton ouest-africain. Paris, Mém. B.R.G.M., France, n°88, 404 p.
- BOHER M. (1991). Croissance crustale en Afrique de l'Ouest à 2,1 Ga. Apport de la géochimie isotopique. Thèse Univ. Nancy-I, 180 p.
- CHERMETTE A. (1935). Les filons de quartz aurifère de Hiré (Côte d'Ivoire). Rapport n°200, Gouv. gén. de l'A.O.F., Insp. gén. des P.T., Serv. des Mines, Dakar, 21 p. dat.
- COULIBALY Y., BOIRON M. C., CATHELIN M., AND KOUAMELAN A. N. (2008). Fluid immiscibility and gold deposition in the Birimian quartz veins of the Angovia deposit (Yaouré, Ivory Coast). *Journal of African Earth Sciences* 50, pp. 234-254.
- DEBAT P., NIKIEMA S., MERCIER A., LOMPO M., BEZIAT D., BOURGES F., RODDAZ M., SALVI S., TOLLON F., WENMENGA U. (2003). A new metamorphic constraint for the Eburnean orogeny from Palaeoproterozoic formations of the Man shield (Aribinda and Tampilga countries, Burkina Faso). *Precambrian Research*, 123, 1, pp. 47 – 65.
- HOUSSOU, N. (2013). Etude pétrologique, structurale et métallogénique du gisement aurifère d'Agbahou, Divo, Côte d'Ivoire. Doctorat, Univ. Félix Houphouët-Boigny, 177 p.
- JUNG J. (1977). Précis de pétrographie. Roches sédimentaires, métamorphiques et éruptives. Masson, 300p.
- 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 Sci.* 57, pp. 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. *Mém. Géosciences Rennes*, 73, 289 p.
- KRAMO K.B., COULIBALY Y., POTHIN K.B.K., and KADIO E. (2008). Mineralogical and chemical characters of the Aféma Shear Zone Gold Mineralization, southe-east of Ivory Coast: Example of the Hermann Mine. *European Journal of Scientific Research*, Vol. 21 No.1, pp. 154-163.
- MARIEKE V.L. (2012). Rare metals mineralizations in granite and pegmatite. 1st SGA-SEG-UNESCO-IUGS Short Course on African Metallogeny, 12-18 march 2012, Burkina Faso.
- MILESI J. P., FEYBESSE J. L., LEDRU P., DOMMANGET A., OUEDRAOGO M. F., MARCOUX E., PROST A., VINCHON C., SYLVAIN J. P., JOHAN V., TEGYEY M., CALVEZ J. Y., and LAGNY P. (1989). Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest, leurs relations avec l'évolution lithostructurale du protérozoïque inférieur. *Chron. Rech. Min.*497, 98 p.
- ROQUES M. (1982). Le décrochement ductile de Brobo, un linéament éburnéen majeur, son rôle possible dans l'orogénèse éburnéenne en Côte d'Ivoire. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 295, Série II, 601, France.
- SONNENDRUCKER P., (1967). Etude de synthèse sur l'or en Côte d'Ivoire. La région aurifère du pays Dida, rapport n° 200, SODEMI, décembre 1967, 75p.
- YACE I. (1982). Etude géologique du volcanisme Eburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne précambrienne de Fettekro. Ministère des mines, République de la Côte d'Ivoire, 156 p.