

Etude Métallogénique du Prospect Aurifère de Woulo-Woulo (Zone d' Afema, sud-est de la Côte d'Ivoire)

Gnanzou Allou

Boya Kakeu Tokpa Dimitri Lionel

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME),
des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM),
Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Coulibaly Inza

Laboratoire Géosciences et Environnement (LGE), UFR des Sciences et
Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Bamba Ibrahim Eric

Coulibaly Yacouba

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME),
des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM),
Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Doi: [10.19044/esipreprint.8.2022.p313](https://doi.org/10.19044/esipreprint.8.2022.p313)

Approved: 27 August 2022
Posted: 29 August 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCES

Cite As:

Allou G., Lionel B.K.T.D., Inza C., Eric B.I. & Yacoube C. (2022). *Etude Métallogénique du Prospect Aurifère de Woulo-Woulo (Zone d' Afema, sud-est de la Côte d'Ivoire)*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.8.2022.p313>

Résumé

Le prospect de Woulo-Woulo est situé au sud-est de la Côte d'Ivoire précisément dans la zone de Maféré, à environ 8 km à l'ouest du couloir de cisaillement d' Aféma. Le prospect Woulo-Woulo est constitué de métasédiments (métagrauwackes et métaargilites), de métavolcanites (laves andésitiques et brèches) et d'intrusions de métarhyolites porphyriques et de métagabbros. Ces différentes lithologies ont été affectées par une importante activité hydrothermale matérialisée par des veines et veinules de quartz, carbonates (calcite \pm dolomie), \pm tourmaline, \pm sulfures. La minéralisation aurifère du prospect de Woulo-Woulo est encaissée préférentiellement dans la métarhyolite porphyrique déformée et hydrothermalisée. Cependant, cette minéralisation apparait principalement liée aux veines et veinules de quartz et carbonates et présente donc un contrôle structural. C'est une minéralisation de type filonien et hydrothermale donc épigénétique. Cette activité hydrothermale a induit une altération pervasive des encaissants

entraînant une carbonatation, une silicification, une chloritisation, une séricitisation et une épidotisation. La paragenèse métallifère est constituée de pyrite (sulfure principal), blende ou sphalérite et or natif.

Mots clés : Côte d'Ivoire; Afema ; Prospect de Woulo-Woulo, hydrothermalisme ; Or

Metallogenic Study of the Woulo-Woulo Gold Prospect (Afema Area, South-Eastern Côte d'Ivoire)

Gnanzou Allou

Boya Kakeu Tokpa Dimitri Lionel

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME),
des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM),
Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Coulibaly Inza

Laboratoire Géosciences et Environnement (LGE), UFR des Sciences et
Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),
Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Bamba Ibrahim Eric

Coulibaly Yacouba

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME),
des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM),
Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Abstract

The Woulo-Woulo prospect is located in the south-east of Côte d'Ivoire, precisely in the Maféré area, approximately 8 km west of the Aféma shear corridor. The Woulo-Woulo prospect consists of metasediments (metagrauwackes and metaargilites), metavolcanites (andesitic lavas and breccias) and intrusions of porphyry metarhyolites and metagabbros. These different lithologies have been affected by significant hydrothermal activity materialized by quartz, carbonates (calcite \pm dolomite), \pm tourmaline, \pm sulphide veins and veinlets. Gold mineralization at the Woulo-Woulo prospect is hosted preferentially in the deformed and hydrothermalized porphyry metarhyolite. However, this mineralization appears to be mainly related to quartz and carbonate veins and veinlets and is therefore structurally controlled. It is a vein-type and hydrothermal mineralization and therefore epigenetic. This hydrothermal activity has induced a pervasive alteration of the host rock leading to carbonation, silicification,

chloritization, sericitization and epidotization. The metalliferous paragenesis consists of pyrite (principal sulfide), blende or sphalerite and native gold.

Keywords: Côte d'Ivoire, Afema ; Woulo-Woulo prospect, hydrothermalism ; Gold

1. Introduction

Les formations birimiennes ont été accrétées autour de 2,1 Ga au cours de l'orogénèse éburnéenne (Abouchami *et al.*, 1990; Boher *et al.*, 1992). Ces formations sont composées de ceintures de roches vertes et de larges bassins sédimentaires ; le tout intrudés par plusieurs générations de granitoïdes. Les formations du bassin sédimentaire birimien sont en générale constituées d'argilites et de grès. Ils ont subi plusieurs événements tectonométamorphiques évoluant du faciès schiste vert au faciès amphibolite (Milési *et al.*, 1989; Boher *et al.* 1992; Ama-Salah *et al.*,1996; Hirdes *et al.*,1996; Peucat *et al.*,2005; Feybesse *et al.*, 2006; De Kock *et al.*, 2009; Baratoux *et al.*, 2011). Mais l'atout le mieux partagé et le plus important, car non modifiable demeure l'héritage naturel dont elle bénéficie : une géologie faite de roches birimiennes très favorables aux ressources minières dont l'or (**Figure 1**). Ainsi, les formations birimiennes sont devenues de véritables cibles de recherches minière et académique afin de mieux les connaître dans le but d'y découvrir de nouvelles ressources minérales. La géologie de l'Afrique de l'ouest fait d'elle aujourd'hui une des régions les plus convoitées par les sociétés minières. Depuis 1999, sa production industrielle d'or est en forte croissance (World Gold Analyst, 2010). Ses réserves sont estimées à 3873 tonnes d'or dans 60 gisements avec une teneur moyenne de 1,74g/t Au (Gold farb *et al*, 2017). En effet, les minéralisations aurifères du domaine paléoprotérozoïque (birimien) sont pour la plupart du temps associées à des shear-zones ou à des zones de contacts métasédiments-roches vertes /intrusion granitoïdique (Fabre, 1985 ; Milesi *et al*, 1989 et 1992 ; Feybesse, 2001 ; Assié, 2008 ; Houssou, 2013 ; Houssou *et al.*, 2017 ; Ouattara, 2015 ; Ouattara *et al.*, 2015 ; Ouattara *et al.*, 2018a). La présence d'or dans la région d'Aféma et son exploitation (placer et quartz aurifère) est bien connue de la population depuis des siècles. Les gisements déjà connus et exploités dans l'Aféma (Jonction, Begnan, Aniuri, Asupiri, Brahima, Adiopan), sont tous localisés dans un grand couloir de cisaillement orienté N030 à N040 et sont associés à des formations volcano-sédimentaires (Watts *et al.*, 1995 ; Tourigny, 1998 ; Husson, 1998 ; Pothin *et al.*, 2000 et 2003 ; Assié, 2008). Le prospect de Woulo-Woulo se situe à l'ouest de ce couloir de cisaillement. Il est constitué principalement de formations métasédimentaires et métavolcaniques associés à un felsique volcanique de grande extension, orienté nord-sud. Les résultats des différentes phases d'exploration, montrent

d'importantes teneurs en or ; d'où l'intérêt de comprendre la géologie et la minéralisation. Cette étude a pour objectif, de contribuer à la compréhension du contexte géologique et métallogénique du prospect de Woulo-Woulo.

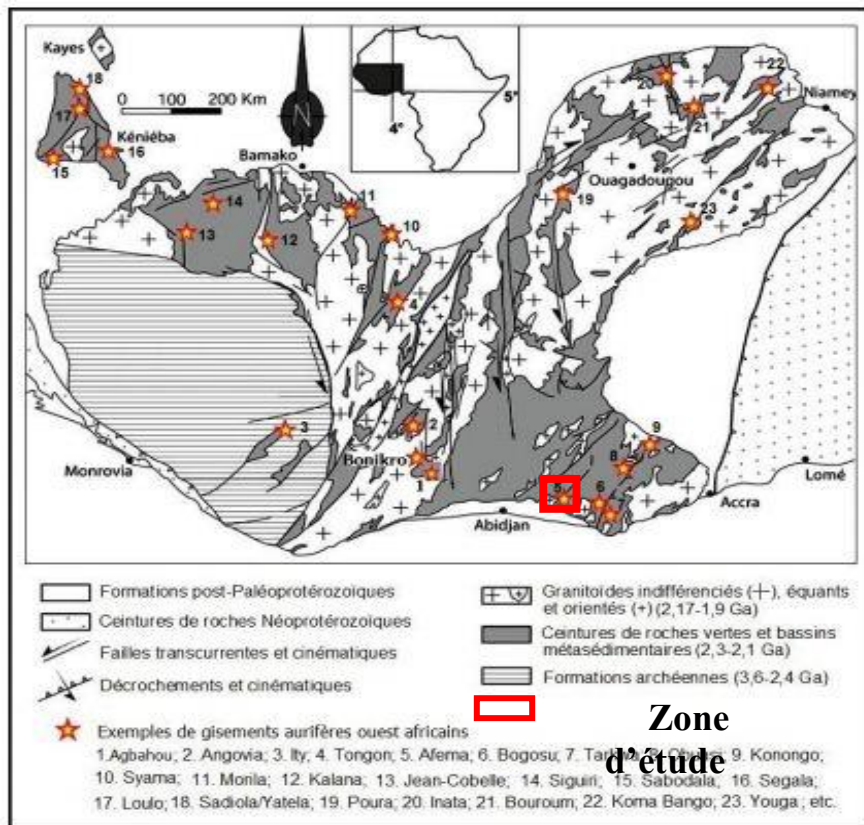


Figure 1. Carte géologique du Craton ouest africain avec la localisation de ses principaux gisements d'or (Modifié d'après Houssou, 2013).

2. Contexte géologique

La Côte d'Ivoire appartient à la partie méridionale du craton ouest-africain, connue sous le nom de dorsale Léo-Man. Elle est composée d'un noyau archéen (3600-2500 Ma) situé à l'ouest en contact avec un domaine paléoprotérozoïque. (2500-1800 Ma), également appelé domaine Baoulé-Mossi localisé à l'est. Ces deux domaines sont séparés par la faille du Sassandra (Bessoles, 1977). Le domaine birrien comprend trois groupes lithologiques: les ceintures volcaniques, les bassins sédimentaires et les massifs de granito-gneiss.

La région d'Aféma appartient au sillon d'Aboisso du domaine paléoprotérozoïque de la Côte d'Ivoire, qui couvre les deux tiers de la Côte d'Ivoire (**Figure 1**). Cette région est constituée de deux grandes unités séparées par la zone de cisaillement d'Aféma-Bibiani (**Figure 2**). A l'ouest de

la zone de cisaillement, on a le Birimien métavolcanique, composé de roches volcaniques mafiques à intermédiaires, de roches volcanoclastiques, interstratifiées avec des horizons de schistes (Milési *et al.*, 1989 ; 1992). Cet ensemble est déformé et injectés d'intrusions de granite, granodiorite, diabase et d'amphibolites, et de sédiments mineurs (Teranga, 2019 ; Housson, 1998).

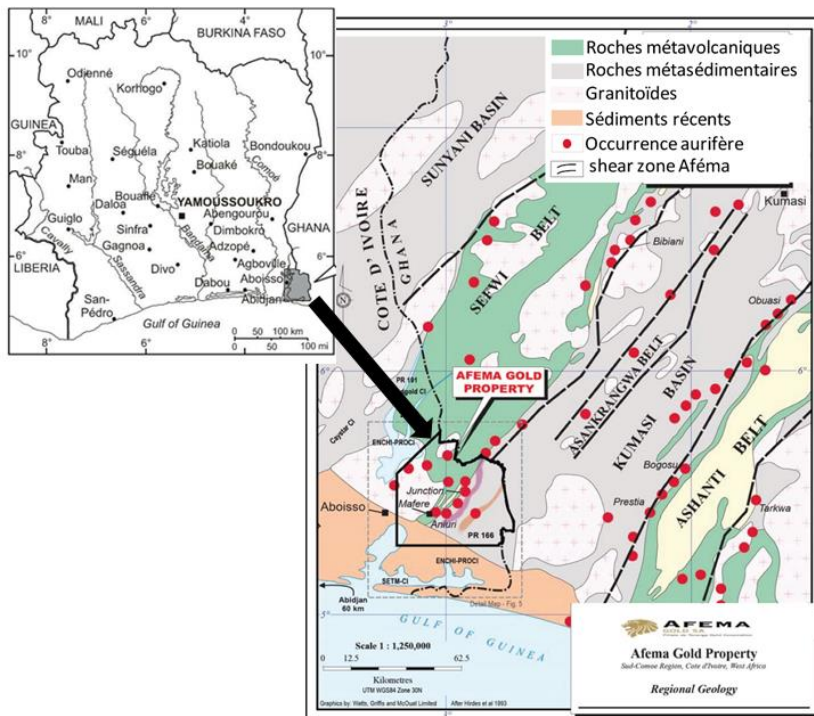


Figure 2. Carte géologique montrant la zone d'étude (Teranga, 2019).

A l'est de la zone de cisaillement, on a les métasédiments Birimiens. Cette unité est dominée par les phyllades gris, noires, et argilites, avec des quartzites, des grès mineurs, et des schistes arkosique micacés et graphiteux (Housson, 1998). L'orientation préférentielle des formations est NE-SO avec un pendage qui varie de 45° SE à subvertical. Le métamorphisme est du faciès schistes verts (Housson, 1998 ; Assié, 2008). La région est caractérisée par le grand couloir de cisaillement, Aféma-Bibiani. Les études structurales montrent deux principaux systèmes de cisaillement à savoir le système NNE-SSO à NO-SE et le système E-O (Housson, 1998). Le couloir de cisaillement d'Aféma-Bibiani jouant en faille inverse avec un rejet latéral senestre mineur (Turner, 1997 ; Tourigny, 1998 ; Housson, 1998). Selon Housson, 1998, cette zone de cisaillement se poursuit au Ghana où la majorité des gisements aurifères de la région de Bibiani y sont rattachés.

3. Méthodologie

La zone d'Aféma est marquée une rareté des affleurements due à l'intense altération supergène. De ce fait la méthodologie employée a débutée par une phase de terrain et l'étude des carottes de sondage. Par la suite, des échantillons représentatifs des différents faciès ont été sélectionnés pour la phase de laboratoire afin d'apporter plus de précision à la pétrographie macroscopique. Des lames minces ont été confectionnées et étudiée au microscope polarisant et métallographique au Laboratoire Géologie, Ressources Minérale et Energétique de l'UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR STRM) de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan. L'étude au microscopique polarisant nous a permis d'apprécier les associations minéralogiques des différentes roches encaissantes et des veines, d'établir l'ordre d'apparition de ces minéraux et également de les mettre en relation avec les microstructures (microfractures, microplis, etc.). Les observations au microscope métallographique des lames minces polies ont permis d'identifier les sulfures, l'or puis de repérer les zones où les paragenèses métallifères et/ou les associations avec l'or.

4. Résultats

4.1. Altération

4.1.1. Altération supergène

Le prospect de Woulo-Woulo étant situé dans un climat chaud et pluvieux, les roches ont subi une altération importante. Les affleurements sont très rares dans la zone, seul quelque métarhyolite affleure. Cette altération affecte plus les métasédiments et les métaandésites. La zone d'altération est épaisse et l'oxydation atteint souvent les profondeurs de 80m. La couleur est rouge brique à rouge orangée pour les mafiques, gris à gris noir et souvent orangée pour les métasédiments et jaune orangé à blanche pour le felsique.

4.1.2. Altération hydrothermale

L'altération hydrothermale, principalement fissurale, filonienne est un processus de colmatage et de remplissage des fractures par des fluides hydrothermaux. Elle est très importante dans l'intrusif felsique (*Figure 3 A-B*). Les veines et veinules observées sont en générale constituées de quartz-sulfure, de quartz, carbonates \pm sulfure, carbonates \pm sulfures et souvent de quartz, carbonates \pm tourmaline \pm sulfure. De plus, ces veines et veinules sont observés pour la plupart fissurées, fracturé, boudinés et souvent plissées. Cette altération filonienne a induit un mode pervasif dans les encaissants entraînant (*Figure C à G*) :

- **une carbonatation** : La carbonatation est observable de manière diffuse et pénétrante dans toutes les lithologies ainsi que comme

matériel de remplissage des veinules et veines. En effet, elle correspond pour l'essentiel à une calcification des feldspaths surtout les plagioclases qui ont été en majorités détruits et remplacés. Les cristaux de carbonates sont souvent automorphe (losangique) à subautomorphe et présentent généralement un clivage fin formant très souvent un quadrillage losangique et/ou polysynthétique ;

- **une chloritisation :** elle se manifeste au dépend des ferromagnésiens (pyroxène, amphibole, et biotite). Elle se développe préférentiellement dans les métagabbros, les métagrauwackes, les métaargilites et les métaandésites. Elle présente le même habitus que les minéraux ferromagnésiens dont elle provient, soit elle est remobilisée et disposée en amas fibreux souvent orientés dans la matrice de la roche encaissante et dans les plans de schistosité;
- **une séricitisation :** La séricite, de couleur pâle, légèrement jaunâtre à brunâtre, est retrouvée en petits cristaux, souvent allongés parallèlement à la schistosité. La séricitisation est un processus conduisant à la formation de minéraux de séricite à partir de la déstabilisation de certains minéraux de la roche encaissante (globalement les feldspaths). Ce minéral d'altération est observé dans les métarhyolites, métagrauwackes, métaargilites et les métagabbros ;
- **une épidotisation :** L'épidote est un produit de l'altération hydrothermale. C'est un produit du remplacement des plagioclases lors de l'hydratation des roches. Il correspond également à une déstabilisation des cristaux d'amphibole et de pyroxène. L'épidotisation est très marquée dans les formations de métagabbros et de métarhyolite ;
- **une silicification :** La silicification est l'altération la plus dominante du prospect de Woulo-Woulo. Dans les unités lithologiques les plus compétentes à la déformation, comme les métarhyolites, la silicification se fait principalement sous forme de veines et veinules, qui sont des phénomènes d'addition de quartz secondaire. La silice cristallise dans les fractures et les fissures laissées dans les roches par le jeu de la tectonique.

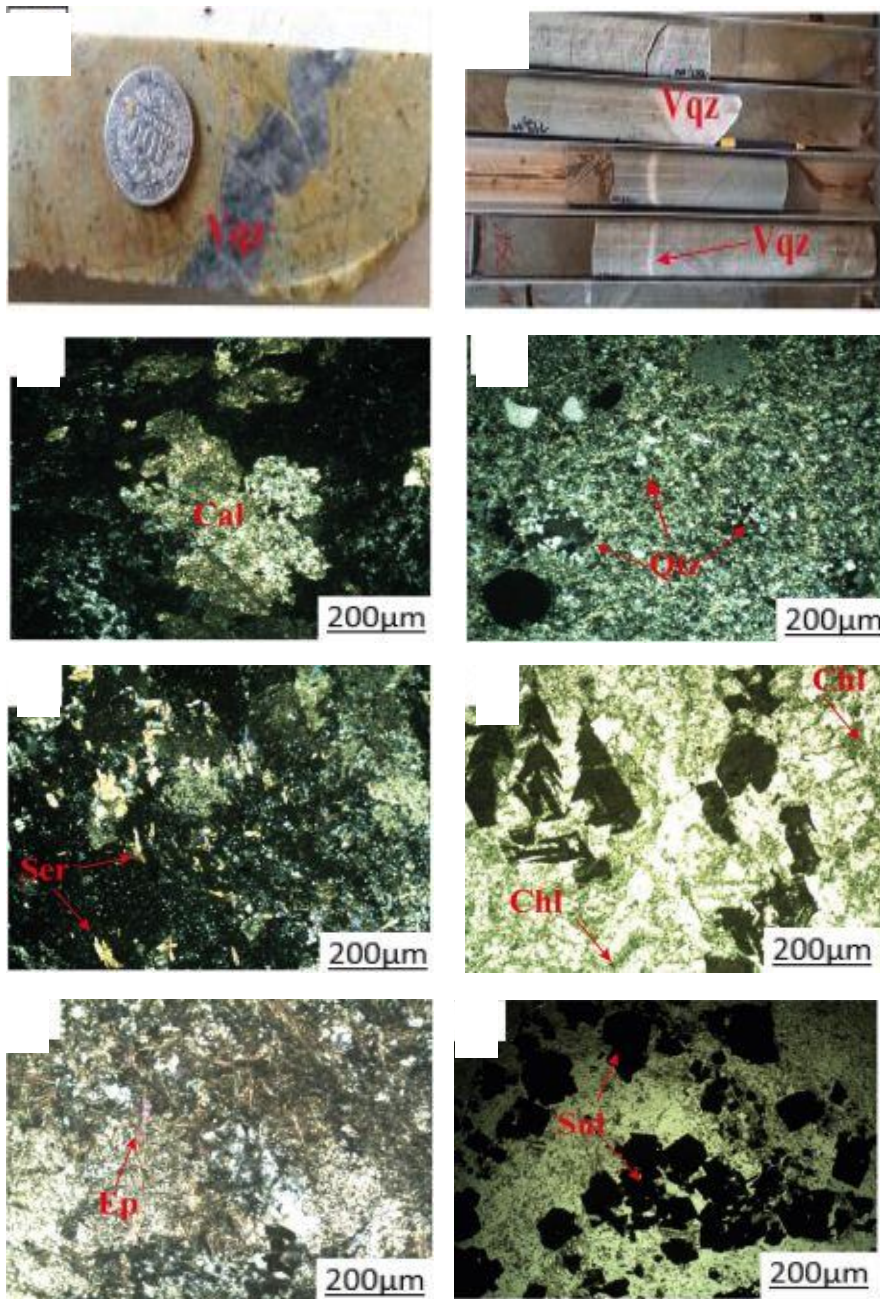


Figure 3 . Aspects macroscopique et microscopique de l'altération hydrothermale.
 A-B : Altération filonienne ; C à H : Altération pervasive. C : carbonatation ; D :
 Silicification ; E : Séricitisation ; F : Chloritisation ; G : Epidotisation.

4.2. Minéralisation

- Encaissant de la minéralisation

Le prospect de Woulo-Woulo est constitué de métasédiments (métagrauwackes et métaargilites), de métavolcanites (laves andésitiques et brèches) et d'intrusions de métarhyolites porphyriques et de métagabbros. Les fortes valeurs d'or lors des campagnes de géochimie sol et de tranchées et de sondages (RC et DD) se répartissent principalement dans la métarhyolite. Ainsi la corrélation des données montrent que la métarhyolite porphyrique est la lithologie porteuse de la minéralisation du prospect (*Figure 4*).

- **Minéralisation et déformation**

Les anomalies majeures sont encadrées par un couloir de cisaillement d'orientation N-S à NNE-SSO. Ce couloir affecte tout le prospect mais à différente proportion. La déformation est très importante dans la métarhyolite. L'analyse structurale sur les carottes de sondages montre la présence de veines et veinules de quartz associées à des sulfures, localisées dans des fractures ouvertes et zone de cisaillement (*Figure 5*). Les intervalles de sondage montrant les plus fortes teneurs en or sont liés aux zones à déformation intense. En effet, la minéralisation est observée dans les veinules et aux épontes des veines de quartz.

- **Minéralisation et altération hydrothermale**

Les différentes lithologies du prospect sont affectées par l'altération hydrothermale. Cette altération est marquée par un important système de veines et veinules de quartz, carbonates (calcite \pm dolomie), \pm sulfures ; \pm tourmaline. Cela a induit une altération pervasive, due à une circulation de fluide hydrothermal. Les principales altérations hydrothermales pervasives observées sont : la carbonatation, la chloritisation, la silicification, la séricitisation, et l'épidotisation. De plus, les observations microscopiques montrent des associations quartz + séricite + carbonates + pyrite et une association de quartz+épidote+carbonates+pyrite (*figure 6*). Ces associations minérales mettent en relief respectivement une altération phyllique ou séricitique et une altération propylitique sur le prospect. La minéralisation est intimement liée aux veines et veinules de quartz, carbonates (calcite \pm dolomie), \pm sulfures portées par la métarhyolite. Elle est donc liée aux veines et veinules hydrothermales.

- **Paragenèse métallifère**

Les événements tectoniques post-magmatiques qui ont affecté les formations du prospect de Woulo-Woulo sont accompagnés de circulations de fluides minéralisateurs avec dépôts de silice et de carbonates, ainsi que le développement d'une paragenèse minérale sulfurée et de l'or. La paragenèse métallifère est constituée de pyrite (sulfure principal), blende ou sphalérite

et or (**Figure 7**). La pyrite de forme cubique, de couleur jaune clair, est la phase sulfurée la plus dominante. Elle constitue environ 90% des sulfures présents. Elle est parfois craquelée, présente des figures d'arrachement témoignant ainsi de la tectonique qui a prévalu dans cette zone. La pyrite serait alors antérieure à la tectonique. La blende ou sphalérite est subautomorphe, gris, de taille inférieure à la pyrite. Elle se présente à la périphérie et souvent dans les microfractures des cristaux de pyrite. L'or natif est jaune à jaune pâle avec un éclat vif, forme variée et de petite taille. Il a été observé dans les microfractures des cristaux de pyrite.

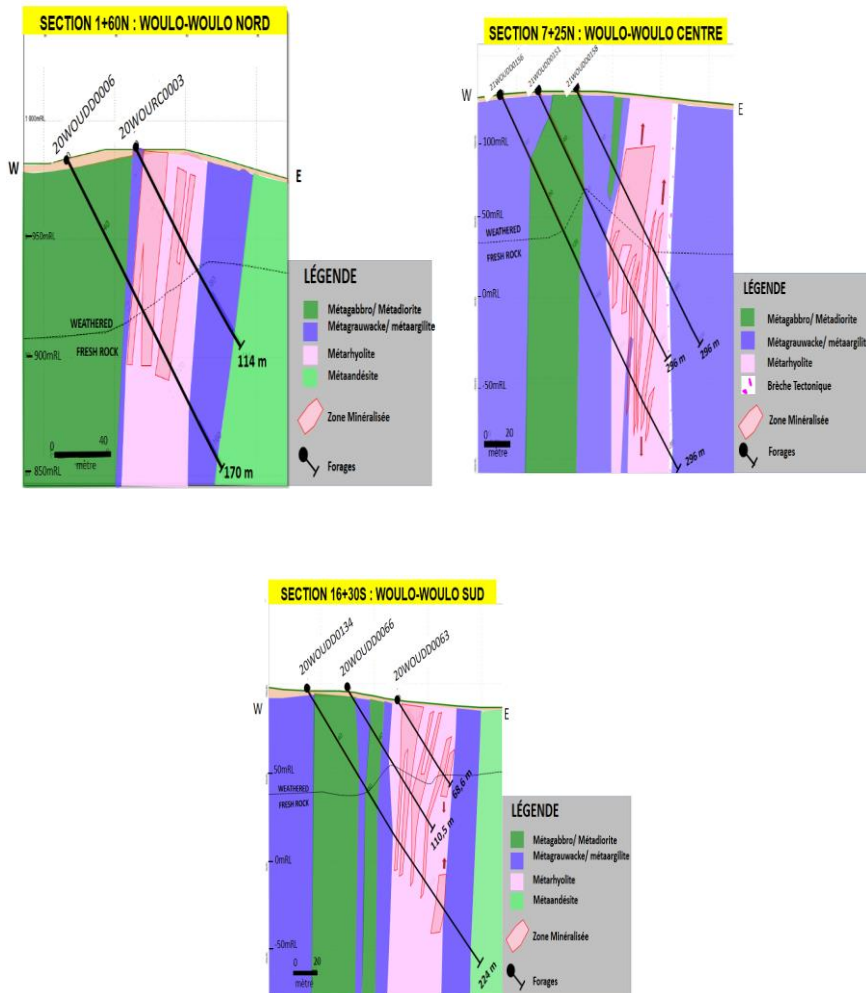


Figure 4. Coupe transversale représentative du prospect de Woulo-Woulo nord montrant la géologie, la minéralisation et la limite de l'altération supergène. A: Woulo-Woulo Nord ; B: Woulo-Woulo Centre. C: Woulo-Woulo Sud.

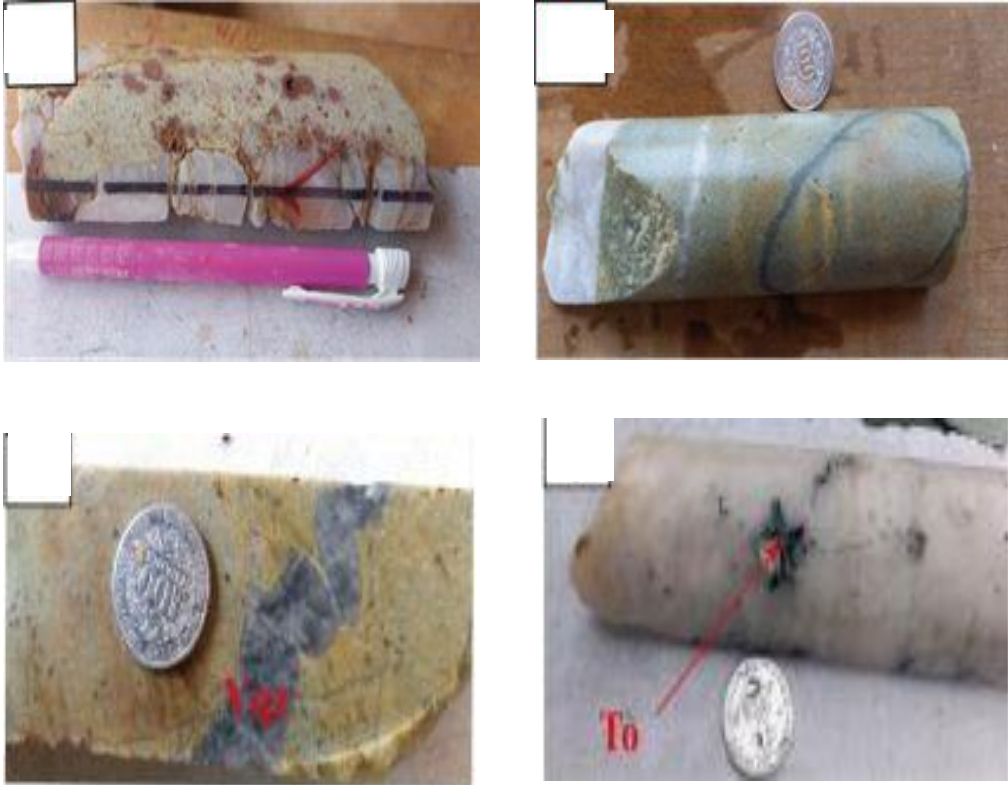


Figure 5. *Aspects macroscopiques des veine et veinule de quartz, calcite et sulfures dans la métarhyolite porphyrique A : veine de quartz fracturée ; B : veinules de quartz-sulfure ; C : veine de quartz en fumée ; D : veines de quartz-calcite \pm tourmaline. Vqz : Veine de quartz ; Sul : Sulfure ; To : Tourmaline.*

5. Discussion

5.1. Existe-t-il un contrôle lithologique   Woulo-Woulo ?

Les lithologies rencontrées dans le prospect de Woulo-Woulo sont des métasédiments (métagrauwackes et métaargilites), des laves volcaniques (m etaand esitites), des volcanoclastites (B eches rhyolitique), et des d'intrusifs (métarhyolites et métagabbros). La minéralisation aurifère a été observée dans la plupart de ces formations. Cependant, elle est encaissée préférentiellement dans l'intrusion de métarhyolite porphyrique, dans laquelle on retrouve les fortes teneurs en Or. Dans l'encaissant min eralis e, en plus des veines hydrothermales, l'on constate une importante carbonatation, silicification, séricitisation et une sulfuration. Tout comme à Woulo-Woulo, la minéralisation du gisement de Hermann, situé au SO du prospect, est cantonnée à des roches volcaniques acide de type rhyolite. Ce type de minéralisation a déjà été  voqu e dans la plupart des gisements du birimien de la Côte d'Ivoire (Aféma: Assié, 2008; Kadio *et al.*, 2010; Angovia: Coulibaly *et al.*, 2008; Bonikro: Gnzou, 2006; Tongon: Coulibaly *et al.*,

2008) et d'Afrique de l'Ouest (Milési *et al.*, 1989; 1992 ; Oberthür *et al.*, 1997).

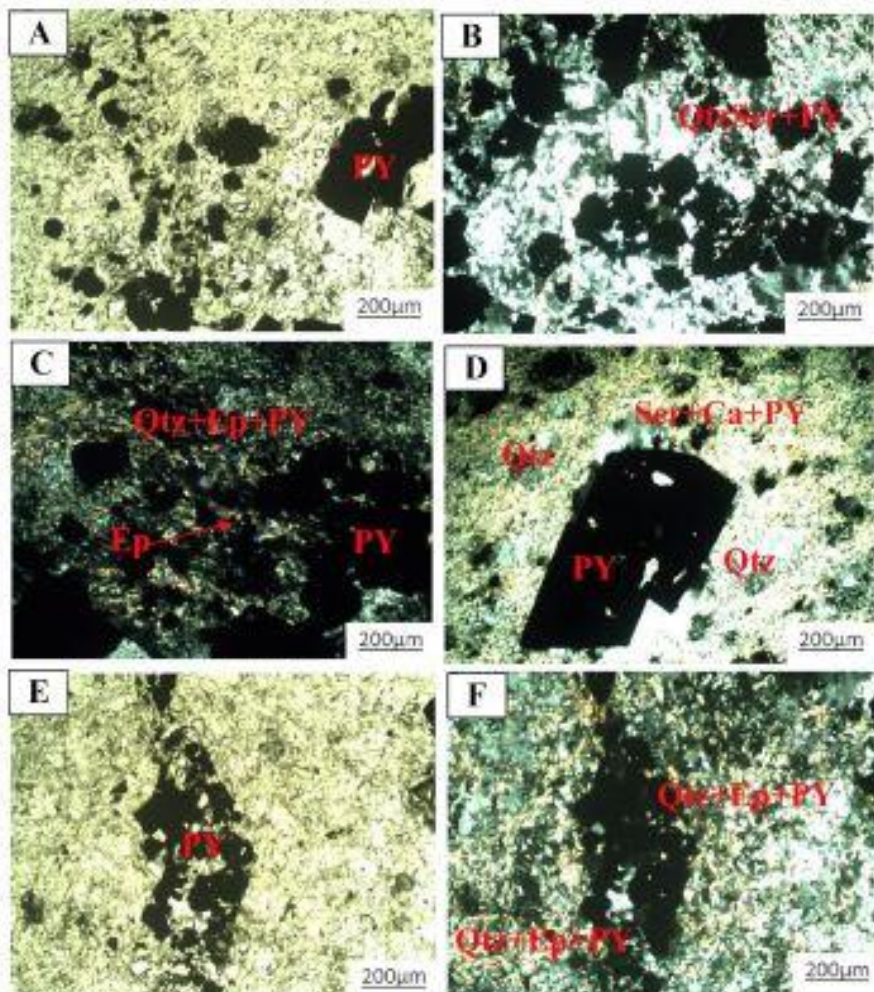


Figure 6. Associations minéralogiques liées à la minéralisation A ; B et D : altération phyllique ; C, E et F : altération propylitique. PY : Pyrite ; Qtz : Quartz ; Ser : Séricite ; Ca : Calcite ; Ep : Epidote.

5.2. La minéralisation à Woulo-Woulo présente-t-elle un contrôle structural ?

Les anomalies majeures sont encadrées par un couloir de cisaillement d'orientation N-S à NNE-SSO. La déformation est très importante dans la métarhyolite porphyrique. Les intervalles de sondages montrant les plus fortes teneurs en or sont liés aux zones à déformation intense dans la métarhyolite porphyrique. En effet, la minéralisation est observée dans les veinules et aux épontes des veines de quartz. Ainsi, la minéralisation de Woulo-Woulo est contrôlée par la tectonique, malgré le

fait d'avoir parfois une minéralisation disséminée pouvant faire penser à un type syngénétique. C'est une minéralisation de type filonien associé à des veines et des veinules hydrothermales de quartz, carbonates (calcite \pm dolomie) \pm sulfure \pm tourmaline, donc épigénétique.

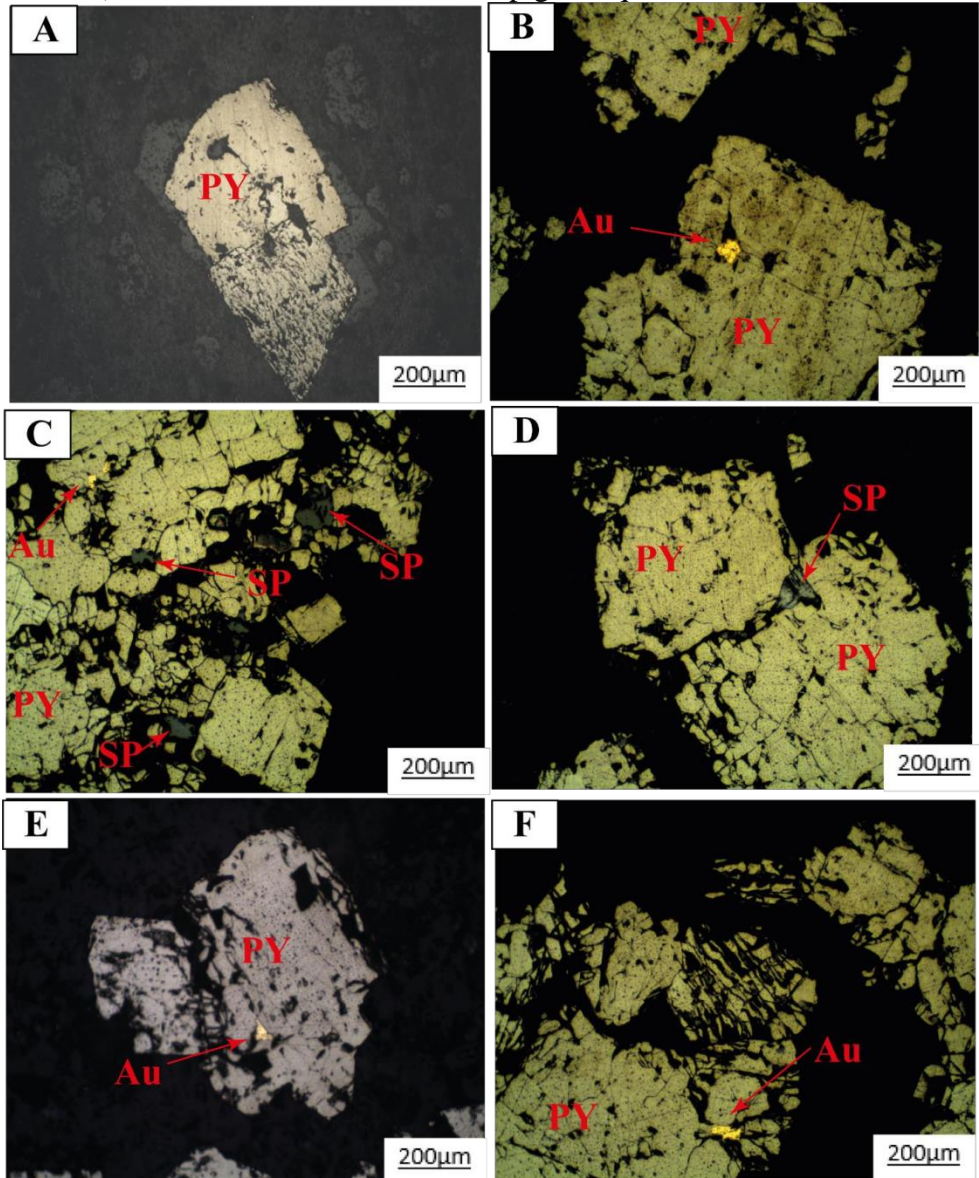


Figure 7. Aspect microscopique de la paragenèse métallifère. A : pyrite disséminé dans la roche ; B, C, D, E et F : pyrite en amas dans les veinules. PY : Pyrite ; SP : sphalérite ; Au : Or.

L'orientation N-S à NNE-SSO des veines et veinules. Ce contrôle structural de la minéralisation aurifère a également été reconnu sur la

distribution des minéralisations aurifères en Côte d'Ivoire : Jonction et Anuiri, et Hermann (Assié, 2008 ; Kramo, 2008), Agbahou (Houssou, 2013), Bobosso (Gnanzou, 2014), de Bonikro (Ouattara, 2015) et de Dougbafla-Bandama (Ouattara, 2018) ; au Ghana : Ashanti, Konongo, Bogosu, Prestea et Abawso (Oberthür *et al.*, 1996, 1997 ; Wille et Klemm, 2004) ; au Mali : Boutonnière de Kedougou-Kenieba (Lawrence *et al.* 2016, Masurel *et al.*, 2016), dans la ceinture d'Ashanti au Ghana (Oberthür *et al.*, 1996 et 1997) ; au Sénégal : dans les shear-zones aurifères, de Sabodala (Sylla et N'Gom, 1997) ; au Burkina Faso : Taparko (Bourges *et al.*, 1998) et de Diabato (Milési *et al.*, 1989 et 1992 ; Klemm *et al.*, 1997). Cela montre une corrélation parfaite entre la minéralisation de Woulo-Woulo et les autres minéralisations du Birimien.

5.3. Quelles sont les altérations associées à la minéralisation de Woulo-Woulo et sa paragenèse métallifère ?

Dans l'encaissant minéralisé, en plus des veines hydrothermales, l'on constate une importante carbonatation, silicification et séricitisation. Ces altérations sont associées à plusieurs minéralisation en Côte d'Ivoire dont Tongon (Randgold, 2001), Angovia (Coulibaly *et al.*, 2008), Aféma (Assié, 2008 ; Kadio *et al.*, 2010), Agbahou (Houssou, 2013), à Dougbafla-Bandama (Ouattara *et al.*, 2015), Tondabo (Daï Bi *et al.*, 2020) et ailleurs, en Afrique de l'Ouest (Milési *et al.*, 1989 et 1992), au Canada dans la mine Sigma (Robert *et al.*, 1983) et au Mali dans la mine de Kalana (Sangaré *et al.*, 2014). L'or à Woulo-Woulo est invisible à l'œil nu, même dans les sections de forage présentant les plus fortes tout comme à Bobosso (Gnanzou, 2014). Cependant, des cristaux d'or natif ont été observés au microscope métallographique dans les microfractures des cristaux de pyrites. La paragenèse métallifère est composée essentiellement de pyrite (très abondante) de sphalérite et d'or natif. Cette paragenèse avec une abondance de la pyrite a été évoquée dans la zone d'Aféma par Assié (2008), et ailleurs par Houssou (2013) à Agbahou, Gnanzou (2014) à Bobosso, à Bonikro (Ouattara, 2015) et Dai Bi (2021) à Tondabo. Toutefois, la paragenèse métallifère du prospect de Woulo-Woulo se différencie de celles d'Agbahou, de Bonikro et Dougbafla-Bandama par l'absence d'arsénopyrite et de molybdénite.

Conclusion

Le prospect de Woulo-Woulo est constitué de métasédiments (métagrauwackes et métaargilites), de métavolcanites (laves andésitiques et brèches) et d'intrusions de métarhyolites porphyriques et de métagabbros. La minéralisation aurifère de Woulo-Woulo est encaissée dans la métarhyolite porphyrique déformé et hydrothermalisée. C'est une minéralisation de type

filonien qui consiste à des veines et veinules de quartz et carbonates (calcite \pm dolomie) \pm sulfures \pm tourmaline, donc épigénétique. Quant à la paragenèse métallifère, elle est essentiellement formée de pyrite (sulfure principal), blende ou sphalérite et or. L'or a été observé dans les microfractures des cristaux de pyrite. Il faut retenir que la minéralisation est certes contrôlée par la métarhyolite porphyrique mais, la minéralisation de type filonien donc épigénétique est le plus plausible car les zones non déformées, présentent de très faible teneur.

References:

1. Abouchami W., Boher M., Michard A., Albarede F. (1990). A Major 2,1Ga Event of Mafic Magmatism in West Africa: An Early Stage of Crustal Accretion. *J. Geophys. Res.*, 95 : 17605-17629.
2. Ama-Salah I., Liégeois, J.P. & Pouclet, A. (1996). Evolution d'un arc insulaire océanique birimien précoce au Liptako nigérien (Sirba): géologie, géochronologie et géochimie. *Journal of African Earth Sci.*, 22: 235-254.
3. Assié K. E. (2008). Lode gold mineralization in the Paleoproterozoic (Birimian) volcanosedimentary sequence of Afema gold district, southeastern Côte d'Ivoire. Thesis, Faculty of Energy and Economic Sciences Technical University of Clausthal, Germany, pp. 180-210.
4. Baratoux L., Metelka V., Naba S., Jessell M.W., Gregoire M., Ganne J. (2011). Juvenile
5. Paleoproterozoic crust evolution during the Eburnean orogeny (~2.2-2.0 Ga), western Burkina Faso. *Precambrian Res.* 191, 18-45.
6. Bessoles B., (1977). Géologie de l'Afrique. Le craton Ouest-africain. Mémoire BRGM., N°88, 402p.
7. Boher M., Abouchami W., Michard A., Alberede F., Arndt N. (1992). Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga. *Journal Geophysical Research* . 97, 345-369.
8. Bourges F., Debat P., Tollon F., Munoz M. and Ingles J. (1998). The geology of the Taparko gold deposit, Birimian greenstone belt, Burkina Faso, West Africa. *Mineralium Deposita* 33, pp. 591-605.
9. Coulibaly Y., Boi Ron M.C., Cathelineau M. and Kouamelan A.N. (2008). Fluid immiscibility and gold deposition in the Birimian quartz veins of the Angovia deposit (Yaouré, Ivor y Coast). *Journal of African Earth Sciences* 50, pp. 234-254.
10. De Kock, G.S., Théveniaut, H., Botha, P.M.W., Gyapong, W. (2012). Timing the structural events in the Paleoproterozoic Bolé-Nangodi belt terrane and adjacent Maluwe basin, West
11. African craton, in central-west Ghana. *Journal of African Earth Sciences* 65: 1– 24.

12. Daï Bi S. M., Ouattara G., Gnanzou A., Koffi G. B., and Coulibaly I. (2020). Metallotectonic context of the mineralization of the tondabo gold prospect (brobo, center of côte d'ivoire, west africa) international journal of geosciences, 2020, 11, 325-344.
13. Daï Bi S. M. (2021). Etude lithostructurale et géochimique des formations la région de Brobo (Centre de la Côte d'Ivoire) : Aide à la compréhension de la minéralisation aurifère du prospect de Tondabo. Thèse Institut National Polytechnique FELIX HOUPHOUET-BOIGNY de Yamoussoukro. 211p.
14. Fabre R. (1985). Les effets tectoniques des décrochements N.S sénestres dans les volcaniques birimiennes de la région du Yaouré de la Côte d'Ivoire. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 300, Sér. II, N°19, pp.95-110.
15. Feybesse J. L. (2001). Géométrie et cinématique des fractures contrôlant la mise en place des veines et veinules de quartz de la mine d'or d'Angovia (Yaouré, Côte d'Ivoire). Compagnie Minière d'Afrique, Rapport interne, non publié. pp.94-100.
16. 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, Issues 3-4, pp.149-196.
17. Gnanzou A. (2006). Etude lithostratigraphique de la région de Hiré dans le centre -sud de la Côte d'Ivoire (Permis de recherche PRA 37): I mplication à la connaissance de la minéralisation aurifère. DEA, UFR-STRM, Univ. Cocody, 60 p.
18. Gnanzou A. (2014). Etude des séries volcanosédimentaires 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. Doctorat scientifique, Université Paris Sud Orsay, 229p.
19. Gold Farb R.J., André-Mayer A-S., Jowitt S.M. ET Mudd G.M. (2017). West Africa :The World's Premier Paleoproterozoic Gold Province. Society of Economic Geologists, Inc. Economic geology, v. pp. 123 – 143.
20. Hirdes W., Davis D.W., Lüdtké G. and Konan G. (1996). Two generations of Birimian (Paleoproterozoic) volcanic belts in northeastern Côte d'Ivoire (West Africa): consequences for the Birimian controversy. Precambrian Research 80, pp. 173-191.
21. Houssou N. N. (2013). Etude pétrologique, structurale et métallogénique du gisement aurifère d'Agbahou, Divo, Côte d'Ivoire. Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 177p.

22. Houssou N. N., Allialy M. E., Kouadio F. J. L-H. And Gnanzou A. (2017). Structural control of auriferous mineralization in the Birimian: case of the Agbahou deposit in the region of Divot, Côte d'Ivoire. *International Journal of Geoscience* 8, pp. 189 – 204.
23. Husson B. (1998). Géologie et potentiel économique des PE-29, PRA-33, PRA-51 de SOMIAF et Eden Roc Côte d'Ivoire. Bernard Husson et Associés Ltée, Québec, document SOMIAF, Rapport vol. 1, 60 p. (inédit).
24. 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.
25. Klemm R., Oberthür T and Ouedraogo A. (1997). Gold telluride mineralization in the
26. Birimian at Diabatou, Burkina Faso: the role of CO₂-N₂ fluids. *J. Afr. Earth Sci.* 24, pp.227-239.
27. Kramo K. B (2008). Mineralization and chemical characters of the Aféma shear zone Gold mineralization, South-Est of Ivory Coast: Example of Hermann Mine. *European journal of Scientific Research*, No.1, .pp.154-163.
28. Lawrence D.M., Lambert-Smith J.S. & Treloar P.J. (2016). A Review of Gold mineralization of Mali. *Mineral Resource Reviews*, DOI 10.1007/978-3-319-31733 - 5_13.
29. Masurel Q., Thébaud N., Miller J., Ulrich S., Hein K.A.A., Cameron G., Béziat,D., Bruguier O. & Davis, J.A. (2016). Sadiola Hill: A World-Class Carbonate-Hosted Gold Deposit in Mali, West Africa. *Economic Geology*, v. 112, pp. 23-47.
30. Milési J.P., Feybesse J.L., Ledru P., Dommanget A., Ouédraogo M.F., Marcoux E., Prost A.E., Vinchon C., Sylvain J.P., Johan V., Tegye M., Calvez J.Y., Lagny Ph. (1989). Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest. Leur évolution lithostructurale au Protérozoïque inférieur. *Chron. Rech. min., Fr.*, 497 : 3-98.
31. Milesi J.P., Ledru P., Feybesse J.L., Dommanget A. and Marcoux E. (1992). Early Proterozoic ore deposits and tectonics of the Birimian orogenic belt, West Africa. *Precambrian Research* 58, Issues 1-4, pp. 305-344.
32. Oberthür T., Schmidt M. 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. *Econ. Geol.*, (91), 2, pp.289-301.
33. Oberthür T., Weiser T. and Amanor J.A. (1997). Mineralogical siting and distribution of gold in quartz veins and sulphide ores of

- the Ashanti mine and other deposits in the Ashanti belt of Ghana: genetic implications. *Mineralium Deposita*, 32, pp.2-15.
34. Ouattara A. S. (2018). Le gisement de Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fêttêkro, Oumé, Côte d'Ivoire) : Pétrographie, déformation, géochimie et métallogénie. Doctorat, Univ. FELIX HOUPHOUËT-BOIGNY, 252 p.
 35. Ouattara A. S, Coulibaly Y, 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* October, Vol.13, No.30, pp. 108 - 122.
 36. Ouattara Z. (2015). Caractères lithostratigraphique, structural, géochimique et métallogénique du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien de Fêttêkro, Centre-Sud de la Côte d'Ivoire. Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 275p.
 37. Ouattara Z., Coulibaly Y. and Boiron M.C. (2018). Lithostratigraphy of the Bonikro gold deposit: contribution to the setting of the birimian units in the southern Fêttêkro greenstone belt, Cote d'Ivoire. *Rev. Ramres*, Vol.06, N°01, pp. 6-14.
 38. Ouattara Z., Coulibaly Y., and Lieben F. (2015). Petrography of Bonikro Gold Deposit, Oume-Fettekro Greenstone Belt. *Cote d'Ivoire. European Scientific Journal*, 11 pp., 119-132.
 39. Peucat J.J., Capdevila R., Drareni A., Mahdjoub Y., Kahoui M. (2005). The Eglab massif in the West African Craton (Algeria), an original segment of the Eburnean orogenic belt: petrology, geochemistry and geochronology. *Precambr. Res.* 136, 309–352.
 40. Pothin K. B. K., Adou K., Coulibaly Y., Assié E. K. ET Kadio E. (2003). Contrôle géologique de la minéralisation aurifère dans le couloir de cisaillement de l' Aféma (région d'Aboisso, Sud-Est de la Côte d'Ivoire) : zone d'Anuiri. *Arca Geoscience Review* 10, n° 3, pp.253-257.
 41. Pothin K. B. K., Assié K. E. ET Kadio E. (2000). Etude du contexte lithostratigraphique et de la minéralisation aurifère de la région de l' Aféma (Sud-Est de la cote d'Ivoire) à partir des échantillons de sondages carottés. *Bioterre, Revue Internationale Sciences de la Vie et de la Terre* 1, n°1 :pp. 22-35.
 42. Randgold Resources LTD (2001). Permis de Niellé. Rapport final, 90 p.
 43. Robert F., Brown A. C. and Audet A. J. (1983) - Structural control of gold mineralization at the Sigma Mine, Val d'Or, Quebec. *Bull. Can. Inst. Min. Metall.* 76, p. 72-80.

44. Sangaré A., Driouch Y., Salvi S., Féménias O., Siebenaller L., Belkasmi M., Béziat D., Dahire M., Ntarmouchant A., Adil S. Et Debat P. (2014). Géologie des minéralisations aurifères du gisement tardi-éburnéen de Kalana (Birimien, Sud-Ouest du Mali) Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre, 2014, n° 36, 85–108.
45. Sylla M., Ngom P. M. (1997). Le gisement d'Or de Sabodala (Sénégal Oriental): une Minéralisation filonienne d'origine hydrothermale remobilisée par une tectonique cisailante. *J.of Afr. Earth Sces*, 25, No. 2: 183-192.
46. Teranga G. C. (2019): Rapport technique Évaluation technique duprojet AFEMA. Avril 2019.
47. Tourigny G. (1998). Analyse structurale de la zone tectonique d' Aféma et son application à la recherche de gisements aurifères : Permis d'exploitation 29, Côte d'Ivoire, Afrique de l'ouest. Géoteck exploration, 56 p. (document inédit).
48. Turner J. A. (1997).. Structural and lithological features observed from satellite imagery, Ivory Coast multilayer mapping; prepared for Eden Roc Mineral Corp.
49. Watts G. et Macouat. (1995). Compte rendu de la vérification des réserves de minerai et des travaux d'exploration en cours : projet aurifère d' Aféma, Côte d'Ivoire, Document SOMIAF, 82 p.
50. Wille S. E. and Klemd R. (2004). Fluid inclusion studies of the Abawso gold prospect, near the Ashanti Belt, Ghana. *Mineralium Deposita*, 39, pp. 31-45.
51. World G. A. (2010). Special report on West Africa, GFMS World Gold Ltd, 148p.