

Caractérisation lithologique du prospect aurifère de Woulo-Woulo, zone d' Afema, Sud-Est de la Côte d'Ivoire

Allou GNANZOU^{1*}, Inza COULIBALY², Kakeu Tokpa Dimitri Lionel BOYA¹,
Ibrahim Eric BAMBA¹ et Yacouba COULIBALY¹

¹ *Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME), 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire*

² *Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE), Laboratoire Géosciences et Environnement, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 18 Mai 2022 ; Accepté le 15 Juillet 2022)

* Correspondance, courriel : ganzouallou@yahoo.fr

Résumé

Le prospect de Woulo-Woulo est situé au sud-est de la Côte d'Ivoire, dans la zone de Maféré (sud-est de la Côte d'Ivoire), à environ 8 km à l'ouest du couloir de cisaillement d' Aféma. Cette étude est une contribution à la caractérisation des minéralisations aurifères birimiennes en Côte d'Ivoire. La méthodologie employée dans cette étude, a débuté par des observations macroscopiques des carottes de sondage sur le terrain, et par des lames minces des différentes lithologies qui ont été confectionnées au laboratoire pour une étude au microscope polarisant. Les lithologies du prospect de Woulo-Woulo sont composées de métasédiments (métagrauwackes et métaargilites), de laves volcaniques (métaandésites), de volcanoclastites (brèches rhyolitiques), et d'intrusifs (métarhyolites et métagabbros). L'ensemble de ces roches a été affecté par un métamorphisme de faciès schiste vert. Ces roches ont été également affectées par une intense altération hydrothermale matérialisée principalement par des veines et veinules de quartz, calcite, \pm tourmaline, \pm sulfures. Cette activité hydrothermale a induit une altération pervasive des encaissants, entraînant une carbonatation, une silicification, une chloritisation, une séricitisation, et une épidotisation. Ces travaux représentent une contribution à la caractérisation des minéralisations aurifères associées aux formations birimiennes et un guide pour la relance du secteur minier ivoirien.

Mots-clés : *Birimien, Afema, prospect de Woulo-Woulo, lithologie, Côte d'Ivoire.*

Abstract

Caractérisation lithologique du prospect aurifère de Woulo-Woulo, zone d' Afema, Sud-Est de la Côte d'Ivoire

The Woulo-Woulo prospect is located in the south-east of Côte d'Ivoire, in the Maféré zone (south-east of Côte d'Ivoire), about 8 km west of the Aféma shear zone. This study is a contribution to the characterization of birimian gold mineralizations in Côte d'Ivoire. The methodology employed in this study began with macroscopic observations of drill core in the field, and thin sections of the different lithologies were

prepared in the laboratory for study under a polarizing microscope. The lithologies of the Woulo-Woulo prospect are composed of metasediments (metagrauwackes and metaargilites), volcanic lavas (metaandesites), volcanoclastites (rhyolitic breccias), and intrusives (metarhyolites and metagabbros). All these rocks have been affected by a greenschist facies metamorphism. These rocks have been also affected by an intense hydrothermal alteration materialized mainly by veins and veinlets of quartz, calcite, \pm tourmaline, \pm sulfides. This hydrothermal activity induced a pervasive alteration of the host rocks leading to carbonation, silicification, chloritization, sericitization, and epidotization.

Keywords : *Birimian, Afema, Woulo-Woulo prospect, lithology, Côte d'Ivoire.*

1. Introduction

Les terrains paléoprotérozoïques (2,2-2,0 Ga en moyenne) de l'Afrique de l'Ouest (Birimien) sont connus comme étant ceux qui dominent l'ensemble du craton ouest-africain [1 - 5]. Dans la dorsale de Man, ils sont localisés dans une aire géographique dénommée le domaine Baoulé-Mossi. Ce domaine est constitué de sillons et de bassins intracratoniques plus ou moins étirés dans la direction NE-SO contenant des roches plutono-volcaniques, volcanoclastiques et sédimentaires. Ces ceintures de roches vertes d'Afrique de l'Ouest sont souvent intrudées par des granitoïdes de type bassin ou de type ceinture [6 - 8]. 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 [9]. Ses réserves sont estimées à 3873 tonnes d'or dans 60 gisements avec une teneur moyenne de 1,74 g/t Au [10]. D'où, une principale région aurifère mondiale. En Afrique occidentale, les formations birimiennes regorgent la majeure partie des anomalies en or orogénique formées pendant l'orogénèse éburnéenne [11]. En outre, ces formations birimiennes sont inégalement réparties et le territoire ivoirien couvre 35 % des dites formations et représentent 77 % de son socle précambrien. 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 / intrusions granitoïdiques [11 - 20]. La compréhension de ces minéralisations aurifères devient capitale pour les chercheurs et les entreprises minières. En effet, le prospect de Woulo-Woulo est localisé dans la partie occidentale de la zone minière d'Aféma. Il est constitué principalement de formations métasédimentaires, métavolcaniques associés à un intrusif felsique de grande extension, orienté nord-sud. Les différents travaux menés pendant la campagne d'exploration ont mis en évidence d'importantes teneurs en or, ce qui favorise un grand intérêt dans la compréhension de la géologie et de la minéralisation. L'étude détaillée des différentes carottes de sondage s'avère donc nécessaire. Cette étude a pour objectif de contribuer d'une part, à l'amélioration des connaissances pétrographiques du prospect aurifère de Woulo-Woulo (zone minière d'Aféma), pour mieux orienter les travaux d'exploration, et d'autre part à l'amélioration du type et du mode de minéralisation aurifère associée aux formations du Birimien ivoirien et ouest-africain.

2. Méthodologie

2-1. Contexte géologique

La Côte d'Ivoire appartient à la partie sud du craton ouest-africain et plus précisément, à la dorsale de Man ou dorsale de Léo (*Figure 1*). Elle est constituée d'un socle précambrien qui représente 97,5 % de sa superficie et d'un bassin sédimentaire côtier secondaire-tertiaire couvrant 2,5 % du territoire. Ce socle d'âge précambrien comporte un domaine archéen (Kenema-Man) à l'ouest (3600-2500 Ma) et un domaine paléoprotérozoïque (Birimien) également dénommé domaine Baoulé-Mossi à l'est (2500 - 1800 Ma) ; ces

deux domaines sont séparés par la faille du Sassandra [21]. La région d'Aféma appartient au sillon d'Aboisso du domaine paléoprotérozoïque de la Côte d'Ivoire [21] qui couvre les deux tiers de la Côte d'Ivoire. Ce domaine renferme des roches plutono-volcaniques, volcanoclastiques et sédimentaires, métamorphisées sous des conditions de faciès schistes verts et intrudées par des massifs de granitoïdes [1, 3, 22, 23]. 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 [11-13]. Cet ensemble est déformé et injecté d'intrusions de granite, granodiorite, diabase et d'amphibolite, et de sédiments mineurs [24, 25]. À l'est de la zone de cisaillement, on a les métasédiments birimiens. Cette dernière unité est dominée par les phyllades grises, noires, et les argilites, avec des quartzites, des grès mineurs, et des schistes arkosiques micacés et graphiteux [26]. 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 [15, 25]. La région est caractérisée par le grand couloir de cisaillement d'Aféma-Bibiani. Sur une largeur de 3 Km, les faciès birimiens sont intensément déformés, plissés, cisailés et faillés. Aussi, la déformation affecte toutes les autres formations à un degré moindre. Les études structurales montrent deux principaux systèmes de cisaillement [26], à savoir, le système NNE-SSO à NO-SE et le système E-O; Le couloir de cisaillement d'Aféma-Bibiani jouant en faille inverse avec un rejet latéral senestre mineur [25, 27 - 29]. Il faut noter également que cette zone de cisaillement se poursuit au Ghana où la majorité des gisements aurifères de la région de Bibiani y sont rattachés [25].

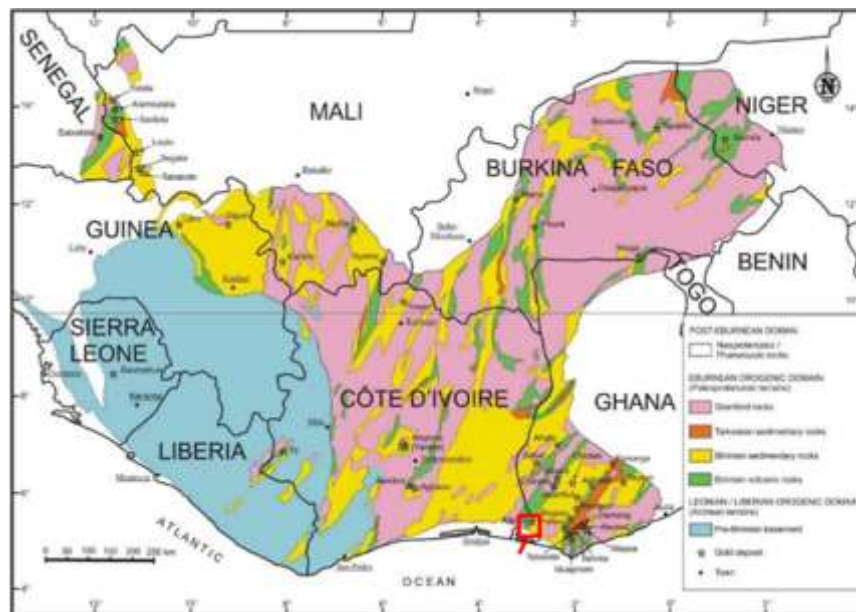


Figure 1 : Géologie régionale de la dorsale de Man et emplacements des principaux gisements d'or connus (modifié d'après [13])

2-2. Méthodes d'acquisition des données

L'acquisition des données a consisté essentiellement en une étude pétrographique. Elle a débuté par une phase de terrain sur le prospect de Woulo-Woulo, situé sur le permis d'exploitation PE43 Aféma. Cette phase a permis de faire la description macroscopique des carottes de sondages et recueillir les principaux paramètres des lithologies, à savoir: la couleur, la texture, la composition minéralogique, les altérations, la déformation, la présence de sulfures et d'or visible. Cette étude nous a permis de faire un échantillonnage conséquent. 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 étudiées au microscope polarisant au Laboratoire Géologie, Ressources Minérale et Energétique (LGRME) de l'UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR STRM) de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan. Cette étude microscopique 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.).

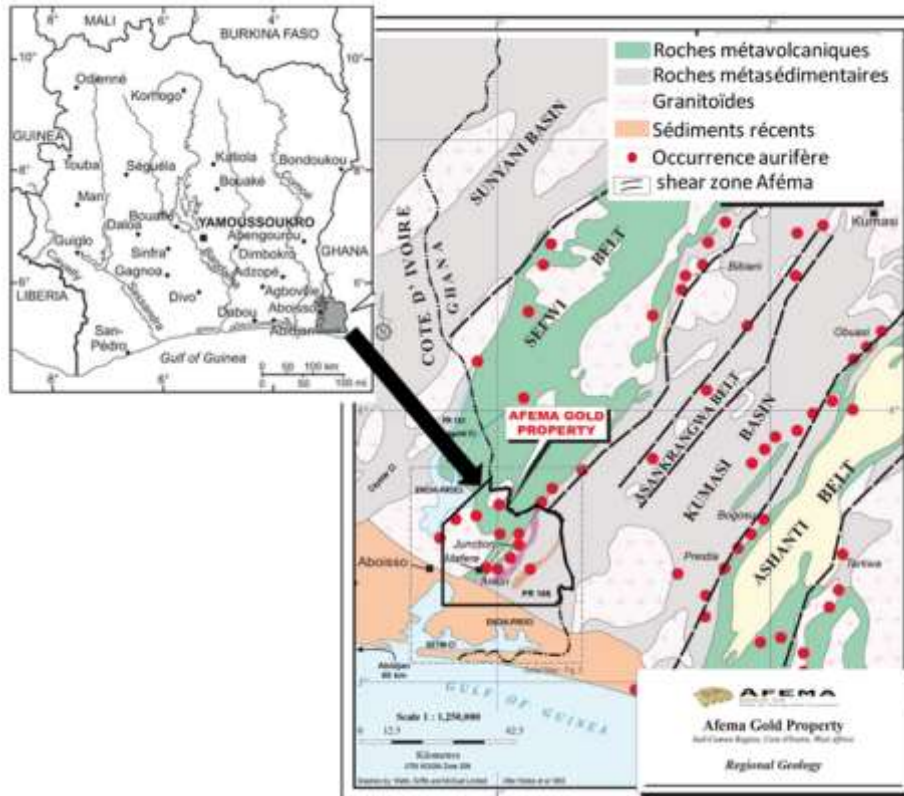


Figure 2 : Carte géologique montrant la zone d'étude [24]

3. Résultats

Les principales lithologies rencontrées sur le prospect ont fait l'objet d'une étude pétrographique macroscopique (carotte de sondage) et microscopique (lames mince). Les unités lithologiques observées sur le prospect de Woulo-Woulo sont essentiellement des métavolcanites, d'intrusifs et des métasédiments. Les paragraphes suivants décrivent chaque lithologie en détail.

3-1. Métavolcanites

3-1-1. Laves volcaniques

Les laves volcaniques rencontrées sur le prospect Woulo-Woulo sont principalement des andésites. Ils sont présents également sur tout le prospect. A l'œil nu, les andésites sont d'aspect massif et de couleur verte (**Figure 3A**). Seul quelques minéraux carbonatés et cristaux de pyrites sont identifiables. Au microscope, la roche a une texture microlitique porphyrique. Elle est composée de phénocristaux de sanidines, de plagioclases et de quelques rares cristaux d'amphiboles (**Figure 3B**). Les phénocristaux de sanidine

montrent des cristaux prismatiques avec une mâcle simple. Les plagioclases sont également en baguettes plus grandes que les sanidines et montrent souvent des altérations avancées en carbonates (calcite \pm dolomie). L'amphibole est de taille moyenne et montre généralement une altération en chlorite et dans un degré moindre, en épidote. La mésostase est constituée de microlites de plagioclases, d'amphiboles, de carbonates (calcite \pm dolomie), d'épidote et de chlorite.

3-2. Volcanoclastites

Les brèches sont larges de 1m à 10m. Elles sont constituées de débris de la rhyolite (*Figure 3C*). L'observation microscopique montre la présence de débris rhyolitiques, ainsi que des phénocristaux de quartz plongés dans une matrice fine (*Figure 3D*).

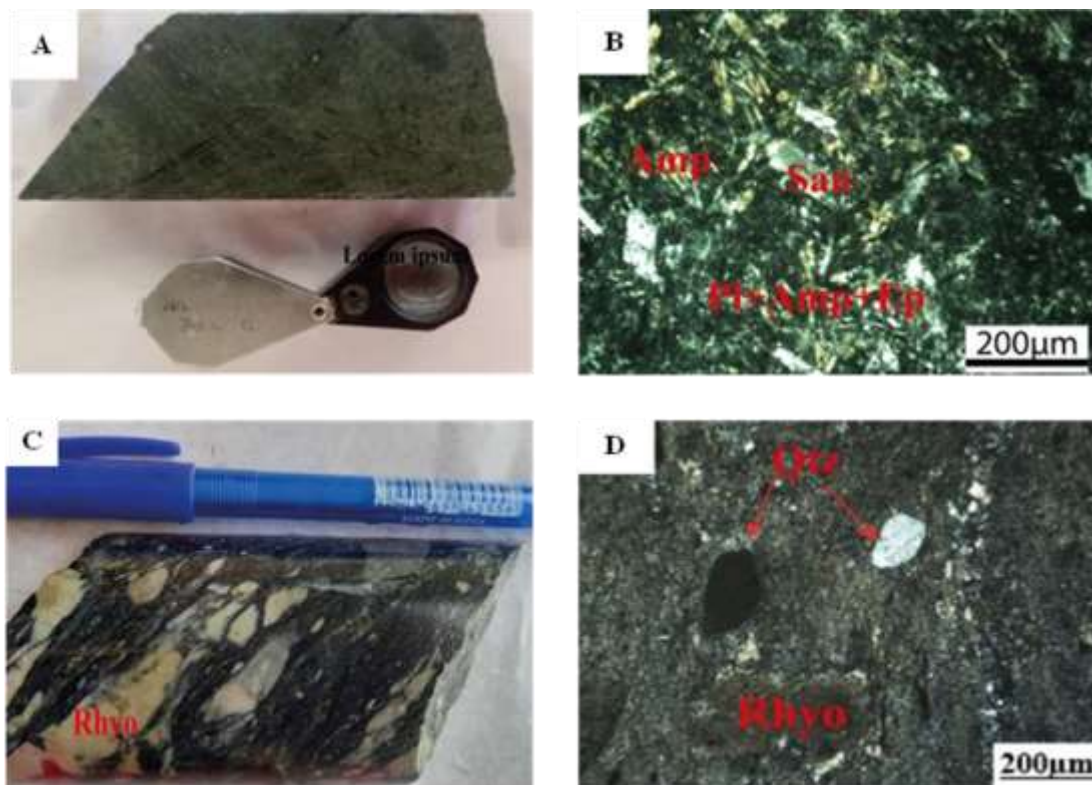


Figure 3 : *Aspects macroscopique et microscopique des métavolcanites du prospect de Woulo-Woulo. A-B : Métaandésite ; C-D : brèche ; E-F : Andésite. Amp : amphibole ; San : sanidine ; Pl: plagioclase ; Qtz : quartz ; Ep : Epidote ; Rhyo : rhyolite*

3-3. Métasédiments

Les métasédiments représentent les lithologies majeures du prospect. Les métasédiments sont pratiquement présents à tous les niveaux des sondages, et intercalés par des intrusifs. Ils sont caractérisés par un litage exprimé par une alternance de couches grises de granulométrie moyenne (métargawackes) et de couches noires de granulométrie fine (métargilites) (*Figure 4A*). Les lits sont souvent très proches, environ 0,3 cm par endroits et souvent d'environ 30 Cm à d'autres endroits. Les lits ont en générale le même pendage et la même épaisseur. La principale schistosité régionale est parallèle au litage ou contact de ces métasédiments. Les métasédiments sont par endroits de couleur verdâtre au contact des intrusifs mafiques. Ces roches sont parcourues généralement par des veines et des veinules de quartz-carbonates \pm sulfures (principalement la pyrite) (*Figure 4B*).

3-3-1. Métagrauwackes

Ces roches représentent le niveau gris moyen à gris pâle des métasédiments (**Figure 4C**) ; généralement schisteuses et altérées en carbonate de calcium. A l'œil nu, ces métasédiments sont composés de feldspaths souvent étirés, de quartz, de clastes noirs (graphite ?) et généralement, de gros cristaux de pyrite. L'étude microscopique permet d'observer une matrice fine intergranulaire, dénaturée par l'hydrothermalisme et composée de plagioclases subautomorphes, très abondants, généralement altérés et transformés en carbonates (calcite \pm dolomie) (**Figure 4D**). Ces plagioclases montrent généralement une orientation subparallèle à la schistosité et au contact ou litage. Le quartz est présent, souvent étiré et arrondi, avec une extinction roulante remarquable. On observe également la chlorite provenant généralement de la déstabilisation des cristaux d'amphiboles et des sulfures. Ces sulfures sont représentés principalement par la pyrite.

3-3-2. Métaargilites

Les métaargilites représentent la partie noirâtre à grains très fins des métasédiments. Ces roches présentent un aspect de type maidstone noir et cette coloration serait influencée par l'intensité de l'altération hydrothermale (**Figure 4E**). Les seuls minéraux identifiables macroscopiquement sont des minéraux carbonatés et quelques sulfures. En lame mince, on constate que la roche est constituée que de minéraux secondaires, dont des phénocristaux carbonates (calcite \pm dolomie) rectangulaires avec des clivages parfaits et bien visibles (**Figure 4F**). La matrice est composée de séricite, chlorite, quartz, et de minéraux opaques allongés (graphite ?). Ces minéraux montrent dans l'ensemble une orientation subparallèle à la schistosité.

3-4. Intrusifs

Les intrusifs observés dans la zone d'étude sont représentés par les gabbros et les rhyolites.

3-4-1. Rhyolites

Les rhyolites sont de couleur grise à beige et affleurent au nord, au centre et au sud du prospect (**Figure 5A et C**). Ces roches sont leucocrates, porphyriques, et imprégnées de veines et de veinules de quartz. A l'œil nu, on peut observer de gros cristaux de quartz. En lame mince, la roche présente une texture microlitique porphyrique à phénocristaux de quartz et de plagioclase (**Figure 5B et D**). Le quartz est xénomorphe à extinction ondulante remarquable. Les cristaux de plagioclase sont généralement altérés et transformés en carbonates (calcite \pm dolomie), en séricite et épidote. La mésostase se compose de quartz, de carbonates (calcite \pm dolomie), de séricite, d'épidote ; et souvent de lacunes de cristallisation. Ces roches contiennent également des sulfures représentés principalement par la pyrite. Il faut toutefois noter que les rhyolites de couleur beige montrent une altération plus avancée que les rhyolites grises.

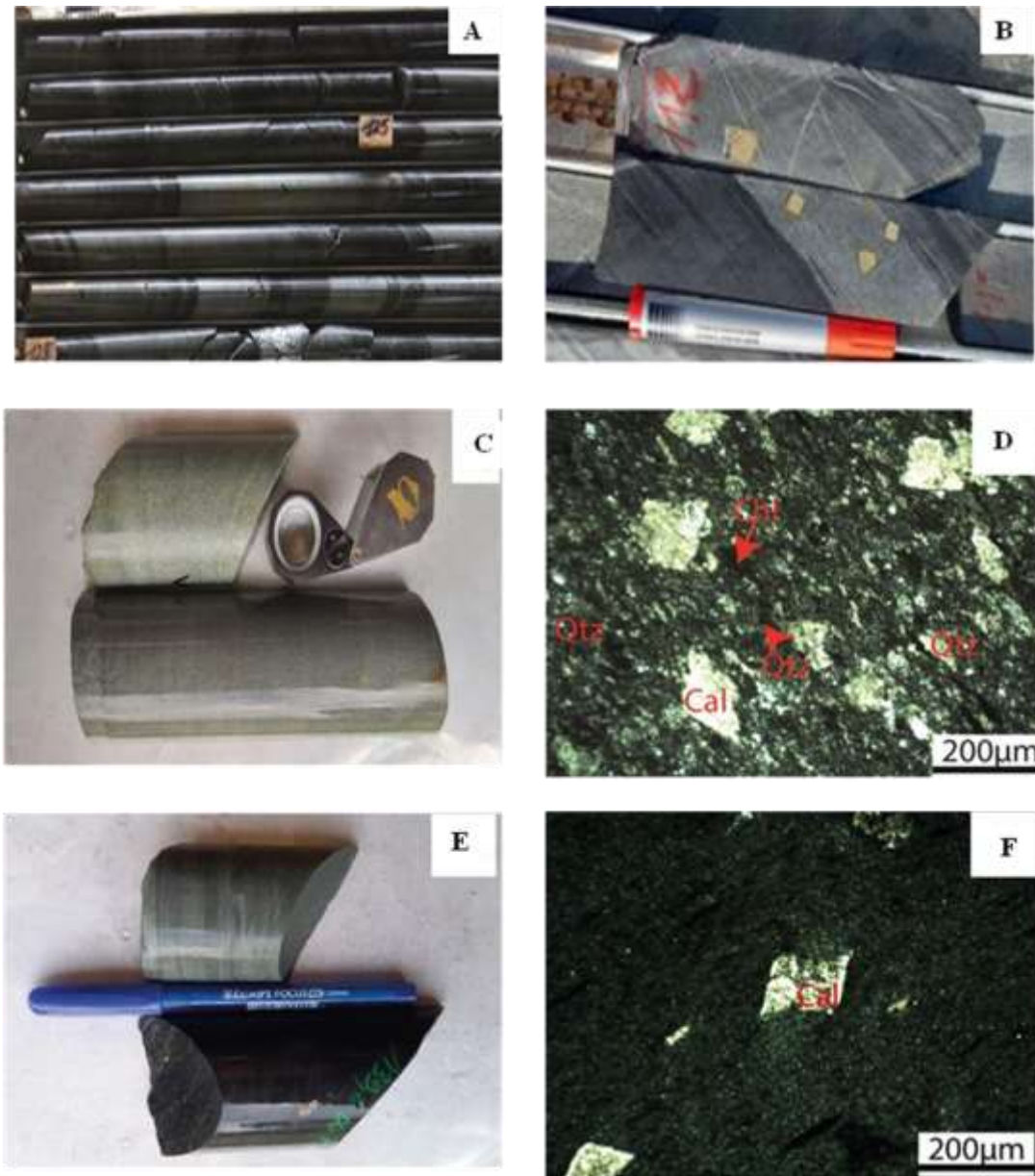


Figure 4 : *Aspects macroscopique et microscopique des métasédiments du prospect de Woulo-Woulo. A : alternance métagrauwackes et métaargilites ; B : métasédiments avec veines et veinules de quartz-carbonates et sulfure ; C-D : Métagrauwackes ; E-F : Métaargilites. Cal : calcite*

3-4-2. Gabbros

Ces roches sont massives, mélanocrates et de texture grenue à grenue porphyroïde (**Figure 5E**). Les gabbros constituent l'intrusif le plus important en taille du prospect. A l'œil nu, les minéraux observables sont les feldspaths, les carbonates et les ferromagnésiens (pyroxène et/ou amphibole). Elles contiennent également de gros cristaux de pyrite et sont également parcourus par des veines et veinules de quartz-carbonates souvent associées à des baguettes de tourmaline. Au microscope, les gabbros présentent une texture grenue à grenue porphyroïde à phénocristaux de pyroxène et de plagioclase (**Figure 5F**). Les cristaux de pyroxène, généralement des clinopyroxènes, sont le plus souvent altérés et transformés en amphiboles (hornblende et trémolite), chlorite et épidote. Les cristaux de plagioclase quant à eux, sont généralement altérés et transformés en carbonates (calcite \pm dolomie) et séricite. Ces roches contiennent également des sulfures représentés principalement par la pyrite.

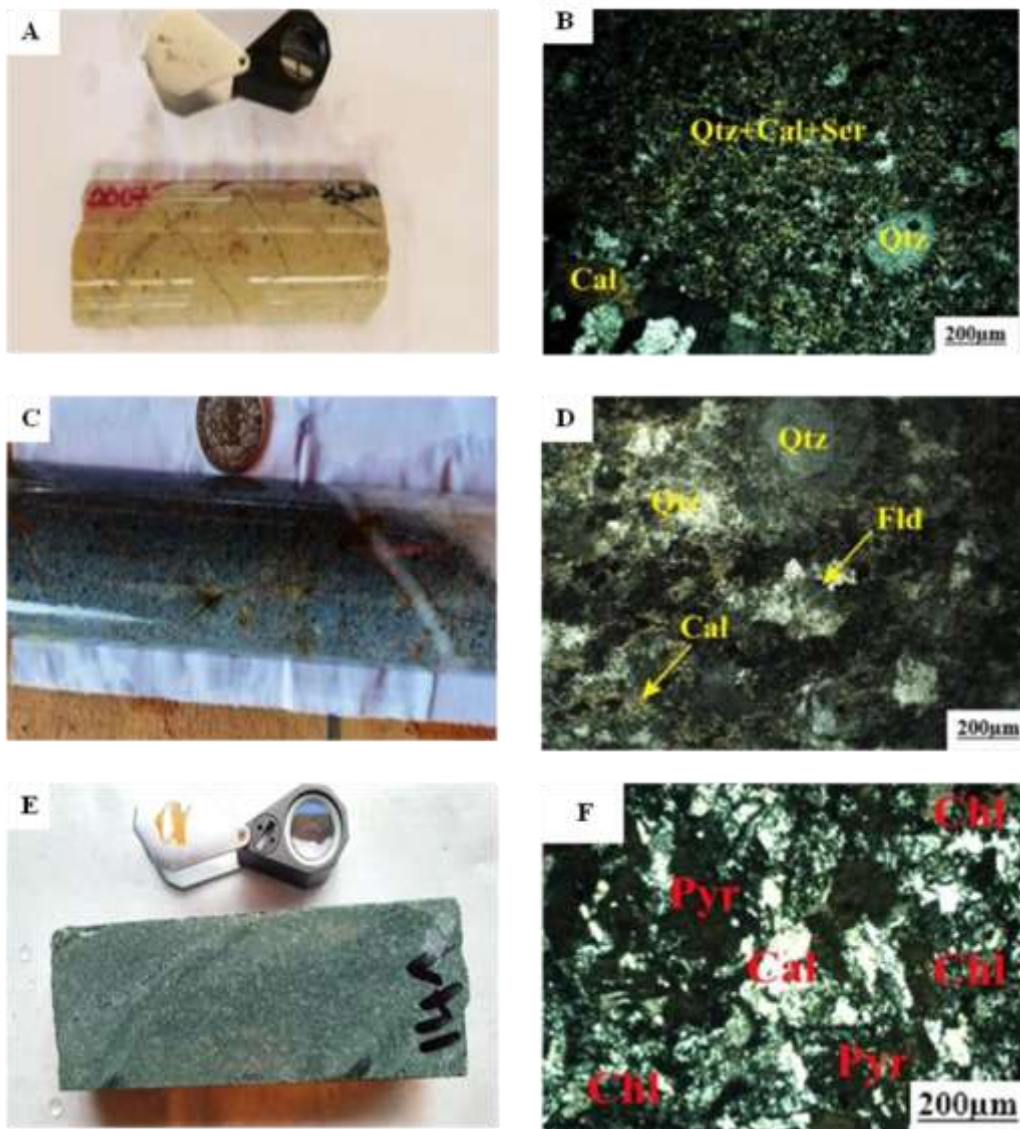


Figure 5 : Aspects macroscopique et microscopique des intrusifs du prospect de Woulo-Woulo. A-B : métarhyolite beige ; C-D : métarhyolite grise ; E-F : métagabbro. Px : pyroxène ; Fld : feldspaths ; Ser : Séricite ; Chl : Chlorite

4. Discussion

4-1. Lithologie

L'étude pétrographique révèle que le prospect de Woulo-Woulo est recouvert d'une alternance de formations métasédimentaires (métagrauwackes et métaargilites) qui sont les plus abondantes, intrudées par des unités récentes de métagabbros et de métarhyolites porphyriques. On note également dans les carottes de sondages, des laves volcanites et des volcanoclastites, représentées respectivement par des métaandésites et des brèches rhyolitiques. La présence de lave volcanique et de volcanoclastite indique que la zone d'étude a été affectée respectivement par un volcanisme effusif et un volcanisme explosif. De telles observations ont été mises en évidence dans le sillon de Toumodi-Fêtêkro [16, 18, 30, 31] et dans la région de Dabakala [32]. Cependant, dans le sillon de Toumodi-Fêtêkro et dans la région de Dabakala, nous notons en plus des volcanismes effusif et explosif, un volcanisme effusif sous-aquatique. Les roches du prospect de

Woulo-Woulo ont été métamorphosées sous des conditions de faciès des schistes verts. Ces conditions métamorphiques sont similaires avec celles observées par certains auteurs sur des sillons birimiens ouest-africains [3, 16, 30, 34 - 38]. En effet, pour ces auteurs, les formations du birimien ont été métamorphosées sous des conditions de faciès des schistes verts et localement, de faciès des amphibolites. Cependant, à Woulo-Woulo, on note l'absence du faciès des amphibolites. Dans le gisement d'Agbahou, ce métamorphisme atteint localement le faciès amphibolite dans les couloirs de cisaillement [16, 17]. Les différentes lithologies du prospect de Woulo-Woulo ont été énumérées sur le permis [15, 25] et ailleurs, dans le sillon de Toumodi-Fètêkro [16, 18, 30, 31]. Les types de métasédiments observés sur le prospect ont été mis en évidence dans le gisement de Jonction [15]. Dans le sillon Toumodi-Fètêkro, des unités de métagrauwackes et métaargilites ont été observées. En effet, des argilites ou black shales sont mis en évidence dans le gisement de Bonikro [18]. Certaines de ces formations métasédimentaires ont été mises également en évidence dans des bassins birimiens : bassin de Siguri en Guinée [39]; de Cape Coast au Ghana [40] et de Bandama en Côte d'Ivoire [41]; la partie sud-est du bassin de la Comoé en Côte d'Ivoire [42, 43]. Les travaux menés dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire [44, 45] et dans le bassin de Kumassi au Ghana [46] corroborent les résultats obtenus sur la composition des métasédiments birimiens. Les intrusifs mafiques rencontrés à Woulo-Woulo intercalent les métasédiments, tout comme ceux du gisement de Jonction [15] où les métasédiments sont intrudés de sills de gabbro. Dans ces unités, les minéraux primaires sont en voie de disparition. Ainsi, nous notons des altérations souvent avancées en carbonates, chlorites et épidotes assimilables aux minéraux d'altération rencontrés dans les unités de gabbro [15]. Par ailleurs, des sills de métagabbro et de métadiorite sont observés par [16] dans le gisement d'Agbahou. L'intrusif rhyolitique de la zone d'étude est similaire à la métarhyolite du gisement d'Herman [47] et du gisement d'Agbaou [16]. Ce faciès a été également énuméré dans la zone comme un dyke felsique [25]. Cependant, il n'a pas été mis en évidence dans le gisement d'Anviri et celui de Jonction [15].

4-2. Altération hydrothermale

Ces lithologies ont été affectées par une altération hydrothermale, principalement fissurale qui par la suite, a entraîné un mode pervasif des encaissants. Les altérations les plus répandues sont la carbonatation et la séricitisation pervasive et la silicification qui s'intensifient au fur et à mesure que l'on s'approche de la zone minéralisée. Cette forte silicification est une altération filonienne qui se manifeste par le remplissage des fractures par des fluides hydrothermaux enrichis en métaux qui accompagnent toujours la minéralisation aurifère. Les remplissages fissuraux sont constitués de quartz blanc ou enfumé, de tourmaline, de carbonates associés à la pyrite, comme les remplissages déjà relevés dans des gisements birimiens à Tongon [48]; à Agbahou [16, 17] ; à Aféma [15, 49]; à Angovia [50] ; à Dougbafla [51, 52] ; à Tondabo [53, 54] ; dans des gisements au Ghana [55 - 57] ; dans les gisements de Taparko et de Diabatou au Burkina Faso [37, 58] et en Afrique de l'Ouest [11, 13]; ainsi que dans la mine de Sigma au Canada [59, 60].

5. Conclusion

L'étude pétrographique réalisée sur le prospect Woulo-Woulo a contribué à l'amélioration de la connaissance de la géologie ainsi que celle de la minéralisation. Elle a mis en évidence des formations métasédimentaires composées de métagrauwackes et de métaargilites, intrudées par des unités récentes de métagabbros et de métarhyolites porphyriques. L'étude des carottes de sondage a également mis en évidence des laves volcaniques (andésites) et des volcanoclastites (brèches rhyolitiques). La zone d'étude a été affectée par un volcanisme effusif ainsi qu'un épisode explosif. Ces lithologies sont toutes affectées par un métamorphisme de faciès des schistes verts. Elles sont également affectées par une intense altération

hydrothermale, principalement fissurale, matérialisée par des veines et veinules de quartz, carbonates (calcite \pm dolomie), \pm tourmaline, \pm sulfures (principalement pyrite). Cette activité hydrothermale a induit une altération pervasive des encaissants avec une carbonatation, une silicification, une chloritisation, une séricitisation, une épidotisation et une sulfuration. Ces travaux représentent une contribution à la caractérisation des minéralisations aurifères associées aux formations birimiennes.

Références

- [1] - W. ABOUCHAMI, M. BOHER, A. MICHARD, F. ALBAREDE, A Major 2,1Ga Event of Mafic Magmatism in West Africa : An Early Stage of Crustal Accretion. *J. Geophys. Res.*, 95 (1990) 17605 - 17629
- [2] - M. BOHER, W. ABOUCHAMI, A. MICHARD, F. ALBEREDE F., N. ARNDT, Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga. *Journal Geophysical Research*, 97 (1992) 345 - 369
- [3] - P. N. TAYLOR, S. MOORBATH, A. LEUBE, W. HIRDES, Early Proterozoic crustal evolution in the Birimian of Ghana : constraints from geochronology and isotope geochemistry. *Precambrian Res.*, 56 (1992) 97 - 111
- [4] - J. J. PEUCAT, R. CAPDEVILA, A. DRARENI, Y. MAHDJOUR, M. KAHOUI, The Eglab massif in the West African Craton (Algeria), an original segment of the Eburnean orogenic belt : petrology, geochemistry and geochronology. *Precamb. Res.*, 136 (2005) 309 - 352
- [5] - S. PAWLIG, M. GUEYE, R. KLISCHIES, S. SCHWARZ, K. WEMMER, S. SIEGESMUND S., 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. *S. Afr. J. Geol.*, 109 (2006) 411 - 427
- [6] - A. POUCKET, M. VIDAL, C. DELOR, I. SIMEON, G. ALRIC, 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) (1996) 307 - 319
- [7] - W. HIRDES, D. W. DAVIS, First U-Pb zircon age of extrusive volcanism in the Birimian Super group of Ghana/West Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 27 (1998) 291 - 294
- [8] - A. POUCKET A., S. DOUMBIA, M. VIDAL, Geodynamic setting of the Birimian volcanism in central Ivory Coast (western Africa) and its place in the Palaeoproterozoic evolution of the Man Shield. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 177 (2006) 105 - 121
- [9] - G. A. WORLD, Special report on West Africa, GFMS World Gold Ltd, (2010) 148 p.
- [10] - R. J. G. FARB, A-S. ANDRÉ-MAYER, S. M. JOWITT et G. M. MUDD, West Africa : The World's Premier Paleoproterozoic Gold Province. Society of Economic Geologists, Inc. Economic geology, v., (2017) 123 - 143
- [11] - J. P. MILESI, J. L. FEYBESSE, P. LEDRU, A. DOMMANGET, M. F. OUÉDRAOGO, E. MARCOUX, A. E. PROST, C. VINCHON, J. P. SYLVAIN, V. JOHAN, M. TEGYEY, J. Y. CALVEZ, PH. LAGNY, Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest. Leur évolution lithostructurale au Protérozoïque inférieur. *Chron. Rech. min.*, Fr., 497 (1989) 3 - 98
- [12] - R. FABRE, 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 (1985) 95 - 110
- [13] - J. P. MILESI, P. LEDRU, J. L. FEYBESSE, A. DOMMANGET and E. MARCOUX, Early Proterozoic ore deposits and tectonics of the Birimian orogenic belt, West Africa. *Precambrian Research*, 58, Issues 1-4, (1992) 305 - 344 p.
- [14] - J. L. FEYBESSE, 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, (2001)

- [15] - K. E. ASSIE, 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, (2008) 180 - 210 p.
- [16] - N. N. HOUSSOU, Etude pétrologique, structurale et métallogénique du gisement aurifère d'Agbahou, Divo, Côte d'Ivoire. Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, (2013) 177 p.
- [17] - N. N. HOUSSOU, M. E. ALLIALY, F. J. L-H. KOUADIO and A. GNANZOU, 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 (2017) 189 - 204
- [18] - Z. OUATTARA, Caractères lithostratigraphique, structural, géochimique et métallogénique du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien de Fettekro, centre-sud de la Côte d'Ivoire. Doctorat, Univ. FELIX HOUPHOUET-BOIGNY, (2015) 256 p.
- [19] - Z. OUATTARA, Y. COULIBALY and F. LIEBEN, Petrography of Bonikro Gold Deposit, Oume-Fettekro Greenstone Belt. Cote d'Ivoire. *European Scientific Journal*, (2015) 11, 119 - 132 p.
- [20] - Z. OUATTARA, Y. COULIBALY and M. C. BOIRON, Lithostratigraphy of the Bonikro gold deposit: contribution to the setting of the birimian units in the southern Fettekro greenstone belt, Côte d'Ivoire. *Rev. Ramres*, Vol. 06, N°01 (2018a) 6 - 14 p.
- [21] - B. BESSOLES, Géologie de l'Afrique. Le craton Ouest-africain. Mémoire BRGM., N°88 (1977) 402 p.
- [22] - W. HIRDES, D. W. DAVIS, G. LUDTKE, G. KONAN, Two generations of Birimian (Paleoproterozoic) volcanics belts in northeastern Côte d'Ivoire (West-Africa) : consequences for the 'Birimian Controversy', (1996) 247 - 311
- [23] - M. LOMPO M., Structural evolution of Paleoproterozoic belts (Eburnean event) in the Man-Leo Shield, West African Craton. Key structures for vertical to transcurrent tectonics. *Journal of African Earth Sciences*, 58 (2010) 19 - 36
- [24] - G. C. TERANGA, Rapport technique Évaluation technique duprojet AFEMA, (Avril 2019)
- [25] - B. HUSSON B., 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, (1998) 60 p. (inédit)
- [26] - G. WATTS ET MACOUAT, 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, (1995) 82 p.
- [27] - J. A. TURNER, Structural and lithological features observed from satellite imagery, Ivory Coast multilayer mapping ; prepared for Eden Roc Mineral Corp, (1997)
- [28] - G. TOURIGNY, 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. Géotek exploration, (document inédit), (1998) 56 p.
- [29] - B. TAGINI B., Carte géologique de la Côte d'Ivoire à l'échelle 1/2 000 000. SODEMI-ORSTOM- Université d'Abidjan, (1972)
- [30] - I. COULIBALY, Pétrologie des volcanites et plutonites de la partie Sud du sillon volcanosédimentaire de Toumodi-Fétékro (Côte d'Ivoire) : Implications pétrogénétique et tectonique. Thèse Univ. FELIX HOUPHOUET-BOIGNY d'Abidjan Côte d'Ivoire, (2018) 218 p.
- [31] - Y. B. DAOUDA, Lithostratigraphy and Petrology of the Birimian Formations of Toumodi- Fettekro, Cote d'Ivoire : Implication for the Crustal Evolution of the Palaeo- Proterozoic of the West African Craton. Doctorate, Univ. Orleans, Orleans, Memory, 737 (1998) 191 p.
- [32] - A. GNANZOU, 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, Univ. Paris-Sud Orsay, France et Univ. FELIX HOUPHOUET-BOIGNY, (2014) 303 p.

- [33] - T. HIRST T., The geology of the Konongo gold belt and surrounding countr y. *Gold Coast Geol. Surv. Bull.*, (1942) 14
- [34] - A. LEUBE, W. HI RDES, R. MAUER and G. O. KESSE, The early Proterozoic Birimian supergroup of Ghana and some aspects of its associated gold mineralization. *Precambrian Research*, 46 (1990) 139 - 165 p.
- [35] - W. HIRDES, S. D. W. DAVI and B. N. EISENLOHR, Reassessment of Proterozoic granitoid ages in Ghana on the basis of U/Pb zircon and monazite dating. *Precambrian Research*, 56 (1992) 89 - 96 p.
- [36] - M. SYLLA, P. M. NGOM, 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, N° 2 (1997) 183 - 192 p.
- [37] - F. BOURGES, P. DEBAT, F. TOLLON, M. MUNOZ, J. INGLES, The geology of the Taparko gold deposit, Birimian greenstone belt, Burkina Faso, West Africa. *Mineralium Deposita*, 33 (1998) 591 - 605
- [38] - I. YACE, Initiation à la Géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest (Pétrologie et Géologie régionale). Edition CEDA, (2002) 183 p.
- [39] - J. P. MILESI, J. L. FEYBESSE, P. PINNA, Y. DESCHAMPS, H. KAMPUNZU, S. MUHONGO, J. L. LESCUYER, E. LE GOFF, C. DELOR and M. BILLA, Notice explicative de la Carte Géologique et Géologique à 1/500 000 de la Guinée BRGM, DNRGH, (2004) 60 p.
- [40] - D. K. ASIEDU, S. ASONG, D. ATTA-PETERS, P. SAKYIA, S. BEN-XUN, S. DAMPARED, Y. CHRIS, C. ANANIA, Geochemical and Nd-isotopic compositions of juvenile-type Paleoproterozoic Birimian sedimentary rocks from southeastern West African Craton (Ghana) : Constraints on provenance and tectonic setting. *Precambrian Research*, 300 (2017) 40 - 52
- [41] - S. DOUMBIA, Géochimie, géochronologie et géologie structurale des formations birimiennes de la région de Katiola-Marabadiassa (centre-nord de la Côte-d'Ivoire). Thèse doc., Univ. Orléans, (1997) 214 p.
- [42] - M. P. K. ADINGRA, Y. COULIBALY, Z. OUATTARA, I. COULIBALY, Caractéristiques pétrographiques et géochimiques des métasédiments de la partie sud-est du bassin birimien de la Comoé (nord d'Alépé-sud est de la Côte d'Ivoire) *Revue RAMRES*, Vol. 06, N° 2 (2018) 28 - 35
- [43] - M. P. K. ADINGRA, Caractérisation pétro-structurale et géochimique des formations birimiennes de la partie sud-est du bassin de la Comoé (Nord d'Alépé-sud Est de la Côte d'Ivoire) : implication sur l'évolution géodynamique. Thèse Univ. FELIX HOUPHOUET-BOIGNY d'Abidjan, Côte d'Ivoire, (2020) 220 p.
- [44] - F. J-L. H. KOUADIO, S. C DJRO, A. N. KOUAMELAN, M. E. ALLIALY, Y. A. KOFFI, Signatures pétrographiques et géochimiques des paragneiss des secteurs de Tabou et de Grand-Bereby (Sud-ouest de la Cote d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 18 (3) (2016) 646 - 658
- [45] - Y. A. KOFFI, A. N. KOUAMELAN, F. J-L. H. KOUADIO, K. R. TEHA, B. R. KOUASSI et G. R. S. KOFFI, Pétrographie et origine des métasédiments du domaine SASCA (SW de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation ans Applied Studies*, Vol. 23, (2018) 451 - 464
- [46] - D. K. ASIEDU, S. ASONG, D. ATTA-PETERS, P. SAKYIA, S. BEN-XUN, S. DAMPARED, Y. CHRIS, C. ANANIA, Geochemical and Nd-isotopic compositions of juvenile-type Paleoproterozoic Birimian sedimentary rocks from southeastern West African Craton (Ghana) : Constraints on provenance and tectonic setting. *Precambrian Research*, 300 (2017) 40 - 52
- [47] - K. B. KRAMO, 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*, N°1 (2008) 154 - 163 p.
- [48] - L. R. RANDGOLD, Permis de Niellé. Rapport final, (2001) 90 p.
- [49] - E. KADIO, Y. COULIBALY, M. E. ALLIALY, A. N. KOUAMELAN and K. B. K. POTHIN, On the occurrence of gold mineralizations in southeastern Ivory Coast. *Journal of African Earth Sci.*, 57 (2010) 423 - 430 p.
- [50] - Y. COULIBALY, M. C. BOIRON, M. CATHELINIEAU and A. N. KOUAMELAN, Fluid immiscibility and gold deposition in the Birimian quartz veins of the Angovia deposit (Yaouré, Ivory Coast). *Journal of African Earth Sciences*, 50 (2008) 234 - 254 p.

- [51] - A. S. OUATTARA, Y. COULIBALY, F. J-L. H. KOUADIO, 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, N°30 (2017) 108 - 122 p.
- [52] - A. S. OUATTARA, Le gisement de Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fêttêkro, Oumé, Côte d'Ivoire) : Pétrographie, déformation, géochimie et métallogénie. Doctorat, Univ. FELIX HOUPHOUET-BOIGNY, (2018) 252 p.
- [53] - S. M. DAI BI, G. OUATTARA, A. GNANZOU, G. B. KOFFI and I. COULIBALY I., Metallotectic context of the mineralization of the tondabo gold prospect (brobo, center of côte d'ivoire, west africa) *international journal of geosciences*, 11 (2020) 325 - 344
- [54] - S. M. DAI BI, 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, (2021) 211 p.
- [55] - T. OBERTHÜR, M. A. SCHMIDT, U. VETTER, K. SIMON and J. A. AMANOR, Gold mineralization in the Ashanti belt of Ghana : genetic constraints of the stable isotope geochemistry. *Econ. Geol.*, (91) 2 (1996) 289 - 301 p.
- [56] - T. OBERTHÜR, T. WEISER and J. A. AMANOR, 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 (1997) 2 - 15
- [57] - T. G. BLENKINSOP, M. A. SCHMIDT, R. KUMI R. and S. SANGMOR S., *Structural Geology of Ashanti Gold Mine. Geol. Jahrb. D*, 100 (1994) 131 - 153
- [58] - R. KLEMD, T. OBERTHÜR and A. OUEDRAOGO, Gold telluride mineralization in the Birimian at Diabatou, Burkina Faso : the role of CO₂-N₂ fluids. *J. Afr. Earth Sci.*, 24 (1997) 227 - 239 p.
- [59] - F. ROBERT, A. C. BROWN and A. J. AUDET, Structural control of gold mineralization at the Sigma Mine, Val d'Or, Quebec. *Bull. Can. Inst. Min. Metall.*, 76 (1983) 72 - 80 p.
- [60] - R. H. SIBSON, F. ROBERT and K. H. POULSEN, High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*, 16 (6) (1989) 551 - 555