CARACTÉRISATION DES ANCIENS TRAVAUX MINIERS ET MODÉLISATION DU CONTEXTE MÉTALLOTECTIQUE DE LA ZONE AURIFÈRE DE ZAHAKRO (CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE - AFRIQUE DE L'OUEST)

Barthélémy Gnammytchet KOFFI^{1*}, Gbele OUATTARA¹, Jean Claude OKAINGNI¹, Landry Kouakou KOFFI¹, Yacouba COULIBALY² et Alain Nicaise KOUAMELAN²

¹Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, Laboratoire de Génie Civil, Géosciences et Sciences Géographiques ; Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi) BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire ²Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody /Abidjan, Côte d'Ivoire

* Correspondance, e-mail : kofgnam@yahoo.fr

RÉSUMÉ

La cartographie des empreintes des anciens travaux miniers a permis de connaître leur nature, leur répartition spatiale et leur orientation générale. Ces caractéristiques ont permis de conclure qu'il y a eu une exploitation de minerai de type « flanc de coteau » sur le site aurifère de Zahakro. Les excavations sur le terrain, sont alignées suivant deux directions préférentielles N070° et N160°. Ce qui correspond à celles des zones de failles majeures de direction N070° dextres qui génèrent des fentes de tension de direction N160°. Cette coïncidence entre la structurale et la disposition des excavations, milite en faveur du modèle d'une minéralisation aurifère de type hydrothermal à contrôles structuraux.

Mots-clés : *anciens travaux miniers, contexte métallotectique, zone aurifère de Zahakro, centre de la Côte d'Ivoire.*

ABSTRACT

Characterization of the former mining works and modeling of the metallotectic type of the Zahakro auriferous area centre of Côte d'Ivoire (West Africa)

Fingerprint map of the old mine works permits to know their nature, their spatial distribution and their general direction. These characteristics have led to the conclusion that there was ore mining kind "hillside" on the Zahakro

gold area. The excavations in the field are aligned in two preferential directions N070° and N160°. This corresponds to that of the major fault zones with dextral N070° direction generating tension gashes in the N160° direction. This coincidence between the structural and layout of excavations militates in favor of a model of hydrothermal mineralization type structural controls.

Keywords : old mine works, metallotectic context, Zahakro auriferous area, central Côte d'Ivoire.

I - INTRODUCTION

Les entreprises qui investissent dans le domaine minier recherchent des indices qui pourraient les guider dans le choix de la zone à exploiter. Dans la région explorée, le but de la recherche d'indices est la sélection de zones qui seront étudiées plus en détail. Cette recherche se fait par l'étude de la végétation, l'observation de la morphologie des sols, l'analyse des affleurements ou, de plus en plus, en ciblant d'anciens travaux miniers.

La présence d'anciens travaux de recherche ou d'exploitation est en effet, un indicateur précieux de l'existence d'un gîte qui, parfois, peut encore faire l'objet de recherches plus poussées.

Le site de Zahakro se prête bien à ce genre d'étude. La littérature indique que des travaux miniers pour or y ont été effectués avant 1945 [1]. Et ces travaux ont laissé des empreintes qui, jusqu'à présent sont encore visibles. Cette étude trouve d'abord, sa pertinence de par le fait qu'elle envisage de déterminer jusqu'à quel niveau le site aurifère de Zahakro a été affecté par les travaux miniers antérieurs. Ensuite, elle se propose en synergie avec des études pétrographiques et structurales complémentaires, de modéliser le contexte métallotectique de la minéralisation aurifère ; ce qui pourrait orienter tout projet minier qui se déroulerait sur ce site.

Pour ce faire, l'étude procède par la cartographie des empreintes laissées par ces travaux antérieurs. Par la suite, elle cherche à établir une corrélation entre ces empreintes et le contexte structural du prospect aurifère. Il faut, en d'autres termes, répondre aux préoccupations suivantes : « est-ce une simple prospection qu'on a mis en œuvre à Zahakro ou, a-t-on conduit les travaux jusqu'à l'extraction du corps minéralisé ? » et, « de quel type de minéralisation aurifère s'agit-il » ?

II - SITE D'ETUDE

II-1. Localisation

Le site aurifère de Zahakro doit sa dénomination au village de Zahakro, situé dans la région de Toumodi à environ 40 km au Sud-Est de Yamoussoukro et à 5 km au Nord-Ouest de Toumodi dans le centre de la Côte d'Ivoire. La ville de Toumodi est elle-même située à 45 km de Yamoussoukro et à 198 km d'Abidjan sur l'axe routier Yamoussoukro-Abidjan. (*Figure 1*) [2]. Le site est situé à environ 500 m au NE du village de Zahakro.



Figure 1 : *Région de Zahakro et localisation de la zone d'étude* (Source: Carte topographique, feuille de Gagnoa, NB-30-XIII, 1/200 000) [2].

II-2. Géologie régionale et locale

Le site aurifère de Zahakro se situe au sein du sillon plutono-volcanosédimentaire de Fétékro-Hiré dans le centre de la Côte d'Ivoire (*Figure 2*) [3], de direction générale NNE-SSO, appartenant au domaine Baoulé-Mossi. Une coupe matérialisée par la route internationale Yamoussoukro-Abidjan, révèle que le sillon, large d'environ 20 Km est encadré, au Sud par la granodiorite intrusive de Toumodi, à l'Ouest par les granitoïdes de Yamoussoukro et à l'Est par les granitoïdes gneissiques du Kan. Au Nord, le sillon se poursuit et laisse place au sillon de Fettekro [4].



Figure 2 : Schéma simplifié des ensembles géologiques en Côte d'Ivoire,

(Source : la carte géologique au 1/100.000 de la Côte d'Ivoire de Tagini [3], modifiée d'après Ouattara [5])

1. formations post-birimiennes, bassins sédimentaire côtier.

2. batholite de Ferké et granitoïdes à deux micas associés ou non aux structures décrochantes méridiennes ;

3. bassins sédimentaires et volcano-sédimentaires ;

4. granitoïdes calco-alcalins localisés dans les bassins sédimentaires ;

5. volcanisme et volcano-sédiments indifférenciés ;

- 6. granitoïdes et granites rubanés, gneiss et migmatites indifférenciés (âges supérieurs à 2,4 Ma) ;
- 7. domaine archéen ;

8. âges.

La granodiorite de Toumodi est un massif subcirculaire d'environ 15 Km de diamètre qui renferme de nombreuses enclaves d'amphibolites [3-4, 6]. Sa texture est grenue de grains moyens à grossiers avec une abondance de plagioclase, de grandes amphiboles sub-automorphes, biotites, sphènes, microlines, épidotes, magnétites et quartz [7]. Selon Yacé [4], le sillon de Fétékro-Hiré est constitué de schistes et de quartzites au milieu desquels apparaissent des grandes lentilles de roches méta-volcaniques. Ces lentilles sont constituées d'une part, de roches métamorphiques basiques (roches vertes) et d'autre part, de roches métamorphiques acides. Les roches vertes correspondent dans leur ensemble aux :

- méta-basaltes de couleur verte très sombre et à une texture porphyrique. Leurs minéraux constitutifs sont le pyroxène, les feldspaths et tous les minéraux de la recristallisation qui en dérivent tels que la chlorite, les épidotes et la séricite ;
- méta-dolérites, méta-gabbros et brèches méta-doléritiques dont la couleur tend vers le noir. La méta-dolérite présente une texture doléritique ophitique et les métagabbros ont une texture grenue ;
- méta-andésites considérées comme des andésites à première vue, mais qui, en réalité ont toutes évoluées, soit vers des basaltes, soit vers des dacites;
- amphibolites, roches dont la couleur varie de vert à noire. La texture granoblastique représente la texture type de ces amphibolites.

Les roches métamorphiques acides sont représentées par des méta-rhyolites et des méta-dacites. Certaines de ces roches sont schistosées, d'autres, plus nombreuses ont conservées leur structure massive. Ce sont en général des affleurements, soit subcirculaires circonscrits à l'intérieur des roches vertes, soit en petites bandes étroites ou en filons à l'intérieur ou à la périphérie des roches vertes, soit en bandes plus ou moins étendues et plus ou moins liées aux roches vertes, soit en gros gisements quelque peu indépendants par rapport aux roches vertes, soit, enfin, en tant qu'éléments dans les brèches basiques.

On note également la présence de conglomérats à galets dacitiques au Sud-Ouest d'Anikro et des pillow lavas au Nord d'Akakro-N'Zipri [8]. Les structures plicatives, les associations de structures plutoniques et les couloirs de décrochement sont les principales organisations structurales. Les structures plicatives sont des plis peu serrés, inclinés à l'axe à faible pendage généralement orienté NNE-SSO qui se raccordent parfois aux couloirs de décrochements Nord-Sud. Ils sont accompagnés d'une schistosité de plan axial souvent invisible et parfois, d'une seconde schistosité de crénulation à axe N120°. On rencontre ce genre de structures dans la dépression de Toumodi où la stratification (So) est de direction moyenne N30° à N60° suivie d'une schistosité (S1) de plan axial. Les associations de structures périplutoniques sont des foliations dont la trajectoire enveloppe les plutons. Ils correspondent à une orientation préférentielle de biotite et parfois des feldspaths potassiques et de plagioclase.

Les couloirs de décrochement sont des bandes mylonitiques comportant toutes les étapes de la déformation décrochante progressive (schistosité, associations bande de cisaillement/schistosité (C/S) verticales, linéations d'étirement horizontal, crénulation, [7-8]). De manière locale *(Figure 3)*, la géologie de la région de Zahakro est essentiellement composée de tufs, d'andésites, de rhyolites, de brèches en intrusion dans des schistes quartzeux et de granodiorite [9].



Figure 3 : *Carte géologique de la zone d'étude ([9]), (échellle = 1/5000).*

1. Rhyolites calco-alcalines; 2. Schistes ; 3. Brêches basiques ; 4. Formations basaltiques essentiellement laviques ; 5. Formations basaltiques essentiellement tuffacées ; 6. Granodiorite.

III - MATÉRIEL ET MÉTHODES

III-1. Matériel

Le Tableau 1 indique le matériel utilisé lors des travaux de terrain.

Désignation	Dénombrement	Justification du choix			
GPS marque Garmin 18 et 32	2	Relever les coordonnées des anciens travaux miniers et des affleurements			
Marteau de géologue	2	Echantillonnage des roches			
Mètre ruban, fil à plomb	1	Mesure des dimensions des traces des anciens travaux			
Boussole et clinomètre	2	Mesure de la direction des anciens travaux miniers, de la direction et du pendage des structures géologiques			
Appareil photo	2	Photographie des traces des anciens travaux miniers et des objets géologiques			
Machette	2	Ouverture des passages et nettoyage de la périphérie des excavations			
Torche	2	Eclairage de l'intérieur des excavations			

Tableau 1 : Matériel utilisé pour les travaux de terrain.

En plus de ce matériel de terrain, d'autres outils ont été utilisés. Ce sont par exemple, les logiciels Autogéo 1.0 pour le positionnement des excavations,

Géosys 1.0 pour la conversion des coordonnées géographiques en coordonnées UTM, Surfer 7.0 pour le traçage des courbes d'isovaleurs d'altitude, AutoCAD pour la superposition de la carte des excavations et celle des courbes de niveau et MapInfo pour le traitement et l'analyse des données, des cartes géologiques [3, 6-12], une carte topographique [2] pour la localisation du site d'étude et de données pétrographiques et structurales recueillies sur le terrain.

III-2. Méthodes

Le mode d'investigation adopté est le suivant :

- levés géologiques (étude pétrographique et structurale des affleurements de roches) et localisation des excavations ;
- cartographie des empreintes des anciens travaux miniers. Pour une question d'efficacité du travail sur le terrain, le site a été divisé en trois (03) zones (*Figure 4*), qui sont: le Versant Sud (VS), le Versant Nord (VN) et la Crête (C). Les paramètres contrôlés sont la nature de excavations, leurs coordonnées géographiques, leur profondeur et leur orientation;
- le traitement des données recueillies sur le terrain, à savoir, la transformation des coordonnées géographiques en données UTM, la correction des altitudes, le positionnement des excavations, la construction des courbes de niveau et la superposition de la carte des excavations sur le fond topographique réalisé.



Figure 4 : Schéma de la zone d'étude (colline de Zahakro).

Les coordonnées géographiques des anciens travaux miniers ont donc été converties en coordonnées UTM grâce au logiciel Géosys 1.0 suivant les procédés décrits plus haut *(Tableaux 2 et 3)*. Le positionnement des excavations *(Figure 5)* dans le plan s'est fait à partir des données des *Tableaux 2 et 3*. Le positionnement est fait à l'aide du logiciel Autogeo 4.0. Le traçage des courbes d'isovaleurs d'altitude est réalisé à l'aide du logiciel Surfer 7.0. La carte obtenue est enregistrée au format WMF (Windows MetaFile : image vectorisée) pour permettre sa reconnaissance future sur AutoCAD 4.0.



Figure 5 : Carte de la répartition des excavations sur la zone d'étude

IV - RÉSULTATS

IV-1. Caractéristiques des excavations

IV-1-1. Nature et répartition spatiale des excavations

Désignation	Flanc S	Sud	Flanc Nord et Crête			
	Nombre	%	Nombre	%		
Puits	0	0	43	100		
Tranchée	1	4,8	20	96,2		
Galerie sur le flanc	1	33,3	2	66,7		
Excavation	2	3	65	97		

Tableau 2 : Répartition des excavations dans la zone d'étude.

Tableau 3 : Répartition des excavations en fonction des zones. Voir
également Figures 6 à 9.

Désignation	Excavations				
Zone	Nombre	%			
А	37	55,2			
В	06	9,00			
С	24	35,8			
Total	67	100			

Tableau 4 : Proportion des différents types d'excavations dans chaque zone.

Dácionati	Zone	А	Zone	В	Zone	Total	
Designati	Nomb	0/_	Nomb	0/_	Nomb	0/_	
011	re	/0	re	/0	re	/0	
Puits	24	55, 8	4	9,3	15	34, 9	43
Tranchée	12	54, 5	1	4,6	9	40, 9	22
Galerie sur le flanc	1	50	1	50	0	0	2



Figure 6 : Zones de concentration des excavations.



Figure 7 : Répartition des excavations dans la zone A.



Figure 8 : Répartition des excavations dans la zone C.



Figure 9 : Répartition des excavations dans la zone C.

IV-1-2. Forme et dimensions des excavations

Tableau 5 : Dimensions des excavations dans chaque zone (\emptyset : Diamètre ; P : Profondeur ; L : Longueur ; l : largeur des tranchées).

	Dimension											
	Zone A				Zone B				Zone C			
Désignat	Ø				Ø				Ø			
ion	(P(L(l((P(L(l((P(L(1(
	m	m)	m)	m)	m	m)	m)	m)	m	m)	m)	m)
)			-))			-
Puits	4	>2 0	-	-	4	>2 0	-	-	2- 2, 5	1,5 -5	-	-
Tranché e	-	2	30- 100	3	-	2	30	3	-	2	10	3

IV-2. Etude pétrographique et structurale

Sur le site de Zahakro, plusieurs faciès pétrographiques ont été décrits *(Figure 10).* Ce sont principalement:

- des gabbros : ils se situent dans les talwegs et sur les flancs des collines. Les affleurements des talwegs sont généralement plus altérés que ceux des flancs. Ces formations de couleur verdâtre (*Figure 10A*) ont une structure compacte, phanéritique et sont composées d'amphibole en grande quantité, de pyroxène allongée et disséminée dans la matrice et de plagioclase;
- des pyroclastites (tufs et brèches) : les tufs s'observent sur les flancs et sur les crêtes des collines. Elles sont parfois déformées avec une présence de schistosité. Ces roches compactes, quelquefois schistosées et altérées présentent une couleur noirâtre et une texture aphanitique. Les coordonnées (N5°03'53,1''; W6°36'03,7'') sont celles d'une brèche observée sur la colline de Zahakro (Figure 10B);
- des méta-rhyolites : on les trouve souvent altérées sur les flancs des collines avec une couleur blanchâtre. Ces formations présentant des schistosités de direction N70°→30NO ont une texture fine avec quelques cristaux de quartz disséminés dans la matrice altérée;
- des schistes : ce sont les formations majoritaires; elles s'observent un peu partout sur la colline de Zahakro (*Figures 10C et 10D*). Leur couleur varie de blanchâtre à noirâtre. Ils sont orientés N45° à N60° et sont souvent altérés avec une texture fine [7-8, 10].

132

Au plan structural, les formations observées dans les talwegs et sur les flancs sont généralement altérées et schistosées. Cette schistosité est orientée N45° à N60° \rightarrow 70°NO pour les méta-gabbros et à N70° \rightarrow 30°NO pour les métarhyolites. La position (*N6°36'02'' ; W5°3'22''*) correspond à celle d'un affleurement de filon de quartz boudiné (*Figure 10E*) d'orientation N50° qui recoupe la schistosité de direction N60°. Dans la zone, les talwegs suivent deux directions préférentielles correspondant à celles des filons de quartz orientés N70° et N160°. Aux sommets, les formations les plus répandues sont les tufs traversés par des filons de quartz et des fractures ouvertes dans les directions N10°, N80°, N120°, N150° (*Figure 10F*) et N170° [7-8].

Une chronologie est établie entre les filons de direction N80°, N110° et N170°. Ainsi, le filon de quartz orienté N110° est recoupé par celui orienté N80° qui, à son tour, est recoupé par celui de direction N170°. Le filon de direction N170° est de ce fait le plus jeune. On en déduit que le filon de direction N170° pourrait recouper celui de direction N110°.



A : Gabbro de Zahakro

B : Brèche de Zahakro



C : Schiste dans une tranchée de direction N70° **D** : Schiste dans un talweg







F: Filon de quartz de direction N150° observé sur la colline de Zahakro

Figure 10 : Photographies de quelques affleurements.

A la position ($N6^{\circ}35'46,5''$; $W 5^{\circ}3'57,2''$), il apparaît, dans un filon de quartz, un miroir de faille de direction N70°- 90° SW présentant des gradins d'arrachement qui indiquent un décrochement dextre. Sur le Mont Zahakro, aux environs du point coté 243m, plusieurs structures telles que des filons de quartz graphiteux de direction N110° et N130° recoupant une schistosité orientée N65° ont été observées. La régularité entre ces filons est de 1,17m en moyenne. Un réseau de fractures orientées N160° et un filon de quartz orienté N20° ont également été observés.

V - DISCUSSION

Les travaux de terrain ont permis de dénombrer 67 excavations sur la zone d'étude (*Tableaux 2 et 3*). L'examen des tableaux, montre que la majorité des excavations (97%) sont foncées sur le flanc Nord et sur la crête de la colline de Zahakro. La carte de positionnement des excavations (*Figure 5*), montre que le fonçage des excavations ne respecte aucune maille. Elle indique aussi trois zones de concentration des excavations sur le flanc Nord et sur la crête (*Figure 6*).

En fonction de la concentration des excavations, la zone d'étude a été subdivisée en trois zones A, B et C. Le *Tableau 3* indique la répartition des excavations dans chacune de ces trois zones. L'analyse de ce tableau permet de relever une répartition inégale des excavations. Plus de la moitié des excavations (57,40%) est foncée dans la zone A ; la zone B a une proportion d'excavation inférieure de 75% et de 61,60% respectivement à celle des zones A et C. La zone A contient la plus grande proportion de puits (60%), *(Tableau 4)*. Dans la zone C, on dénombre 8 tranchées soit 42,10% du total des tranchées.

134 *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 21&22 (2013) 119 - 137

Les zones A et B ont chacune une galerie sur le flanc. Toutefois, on note, dans la zone A, la présence de galerie dans le prolongement de certains puits. Le **Tableau 5** présente les dimensions des excavations dans chaque zone. On constate que les dimensions des excavations varient d'une zone à une autre. Dans la zone B, il existe une dalle d'ouvrage maçonné (*Figure 11*) de dimensions (2,3m x 2,3m x 0,5m) localisée par les coordonnées suivantes : $N5^{\circ}03'44,66''$; $W6^{\circ}35'58,97''$.

Autour de cet ouvrage, il existe une quantité importante de déblais constitués de fragments de tufs basiques. Dans la zone B, on a constaté sur le terrain que pour deux puits distants d'au moins 5m, l'on perçoit dans l'un d'eux le reflet de la lumière du jour provenant de l'autre. On peut en déduire que les puits de cette zone sont quelques fois connectés par des galeries.



Figure 11 : Dalle d'ouvrage maçonné.



Figure 12 : Vestiges d'un concasseur.

- 1. Ouverture d'alimentation du concasseur en blocs primaires minéralisés ;
- 2. Volant permettant d'actionner les mâchoires du concasseur ;
- 3. Tambours permettant de transmettre un mouvement de rotation au volant.

Vu l'ampleur des travaux miniers, la localisation sur le site des vestiges d'un engin minier qui pourrait être un concasseur de type à mâchoire *(Figure 12)*, de la présence à proximité d'une « d'une » de fragments de roches, on peut conclure qu'il y aurait eu traitement de minerai, donc exploitation de minerai. Cette exploitation serait du type « flanc de coteau » *(Figure 13)*.



Figure 13 : Méthode d'exploitation par galerie à flanc de coteau.

 Schématisation de la structure (filon) minéralisée ;
 Une vue de la galerie sub-affleurant permettant d'accéder au corps minéralisé ;
 Niveau du sol schématisant la surface de la colline.

Une galerie à flanc de coteau est une ouverture presque horizontale pratiquée dans le flanc d'une colline. Elle permet la ventilation et l'accès à la

minéralisation. C'est une méthode d'exploitation mixte parce qu'elle est intermédiaire entre la méthode d'exploitation à ciel ouvert et la méthode d'exploitation souterraine. Elle est employée dans les conditions où le gisement est sub-affleurant.

On constate également que les anciens travaux miniers sont alignés suivant une direction préférentielle N070° et N160° (surtout dans les tranchées et galeries) ; ce qui coïncide avec les directions de failles majeures relevées sur le terrain. La faille transtensive dextre de direction N070° peut générer des fentes de tension de direction N160°. Les failles de direction N150° tardives mises en évidence par magnétométrie auraient décalées en senestre les corps minéralisés. Cette minéralisation aurifère est donc de type hydrothermal à contrôles structuraux liée aux couloirs de cisaillement de direction N070°.

VI - CONCLUSION

La cartographie systématique des empreintes des anciens travaux miniers a permis d'en dénombrer au total 67, dont 43 puits, 21 tranchées et 3 galeries. L'analyse des cartes de synthèse d'une part, et, d'autre part, la localisation sur le site des vestiges d'un engin minier à côté duquel l'on a retrouvé une « dune » de fragments de roches et des vestiges d'un concasseur à mâchoire, permettent d'affirmer qu'il a eu des travaux d'exploitation minière sur le site aurifère de Zahakro. La séquence des travaux est la suivante : des tranchées ont été creusées pour exploiter le corps minéralisé là où il affleure. Lorsque la structure minéralisée n'affleure plus, on a eu recours au fonçage de puits d'accès afin de poursuivre son exploitation. Lorsqu'on accédait à la structure minéralisée, des galeries étaient creusées pour poursuivre l'extraction du filon de quartz minéralisé.

On peut donc admettre que dans les années 1940, il a été mise en œuvre, la méthode d'exploitation dite par galerie à flanc de coteau pour extraire, transporter et traiter, sur le site, le minerai aurifère. Les travaux de terrain ont permis d'observer et positionner, grâce au GPS, tous les anciens travaux miniers. Il en ressort que ces travaux sont alignés suivant deux directions préférentielles : N070° et N160°. Ce qui correspond à celle des zones de failles transtensives dextres N070° et des fentes de tension N160°. A partir du positionnement des travaux miniers et des données structurales, on peut conclure que la minéralisation aurifère de Zahakro est de type hydrothermal à contrôles structuraux. Elle est essentiellement guidée par les zones de failles de direction N070°.

RÉFÉRENCES

- [1] Service des mines de l'Afrique Occidentale Française (A.O.F). Notice explicative de la feuille de Bouaké-Ouest, (1943).
- [2] Centre de Cartographie et de Télédétection (CCT), Abidjan, Côte d'Ivoire. Carte topographique, Feuille NB-30-XIII, Gagnoa au 1/200 000, (2008).
- [3] TAGINI B. Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai de géotectonique régionale. Thèse Université Lausanne. Soc. Dév. Min. Côte d'Ivoire (SODEMI), (1971). 302 p.
- [4] YACE I. Etude géologique du volcanisme Eburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne précambrienne de Fettékro en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, (1976). 373 p.

- [5] OUATTARA G. Structure du batholite de Ferkessédougou (secteur de Zuénoula, Côte-d'Ivoire): Implications sur l'interprétation du paléoprotérozoïque d'Afrique de l'ouest à 2.1 Ga, Thèse doctorat, Université d'Orléans, France, (1998). 291 p.
- [6] YAO B.D., Lithostratigraphie et pétrologie des formations birimiennes de Toumodi-Fettekro (Côte-d'Ivoire) : Implication pour l'évolution pour l'évolution crustale du Paléoprotéroïque du craton Ouest-Africain, Thèse doctorat, Université d'Orléans, France, (1988). 191p.
- [7] OUATTARA G., KOFFI G.B., YAO A.K., AGOH O. et YAO D.B. Caractérisation pétrographique et structurale du synclinal d'Anikro dans la région de Toumodi - Centre de la Côte d'Ivoire. Rev. Inter. Sci. De la vie et de la Terre, vol. 9, (2010). 13 p.
- [8] DIDI D. Etude pétro-structurale et cartographie des formations du secteur Anikro-Bakoukro dans la région de Toumodi. Rapport de Fin d'Etudes, Cycle Ingénieur des Techniques, EFCPC, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, (2008). 52 p.
- [9] MOREL B. et SALVADO J. Carte géologique de Toumodi Nord au 1/5000, (1988).
- [10] BROU K., COULIBALY S. et KOUASSI A.V. Valorisation en granulats du massif granitique de Duokro dans le département de Yamoussoukro, Rapport de Projet de Fin d'Etudes, Ecole Supérieure des Mines et Géologie, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, (2008). 65 p.
- [11] YAO-KOUAME A. Etude des sols brunifiés dérivés des matériaux du complexe volcano-sédimentaire de Toumodi en moyenne Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, (2008). 210 p.
- [12] OKAINGNI J.-C., KOUAMÉ K.F. et MARTIN A. Cartographie des cuirasses dans les formations volcano-sédimentaires de la zone d'Anikro-Kadiokro (Côte d'Ivoire) à l'aide de la théorie des fonctions de croyance. Revue Télédétection, vol. 9, n°1, (2010), pp. 19-32.