

Cartographie aérogéophysique appliquée au Sud du sillon de Fettékro, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire : cas du permis minier d'Oumé

**Aboubakar Sidik OUATTARA^{1*}, Inza COULIBALY¹, Loukou Nicolas KOUAME²,
Yacouba COULIBALY² et Droh Lanciné GONE¹**

¹ *Université de Nangui Abrogoua, UFR Sciences de Gestion de l'Environnement, Laboratoire de Géosciences et Environnement, 02 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

² *Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minière, Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 07 Juin 2021 ; Accepté le 09 Novembre 2021)

* Correspondance, courriel : ouattaraasidik@gmail.com

Résumé

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les fractures et les grands ensembles lithologiques du permis de recherche minier PR105 d'Oumé localisé au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, au moyen de données géophysiques. Dans cette étude, les données géophysiques magnétiques et radiométriques gamma ont été mesurées respectivement à l'aide d'un magnétomètre et d'un spectromètre embarqués à bord d'un aéronef. Ces données géophysiques brutes ont d'abord été corrigées en vue d'améliorer leur apparence visuelle grâce à l'outil informatique. Ensuite, la superposition des cartes magnétiques et radiométriques a aidé à mieux délimiter les grands ensembles géologiques ainsi qu'à extraire les éléments structuraux. Enfin, les données lithostructurales ont été validées par des observations de terrain. Les résultats montrent que le permis de recherche minier PR105 d'Oumé est composé de cinq grandes unités pétrographiques bien distinctes qui sont : (i) les volcano-volcanoclastites, (ii) les sédiments, (iii) les granitoïdes plutoniques, (iv) les granitoïdes filoniennes et (v) les intermédiaires. Plusieurs directions de fractures majeures ont été cartographiées. Il s'agit des classes [N070 - N080°] senestres, [N030 - N035°] senestres et [N050 - N060°]. La classe de fractures [N030 - N035°] qui caractérise le couloir de cisaillement principale d'Oumé large de 3 km et long de 15 km affecte la plupart des granites, des granodiorites et des granophyres du permis. Le couloir de cisaillement principale d'Oumé d'orientation NNE-SSW le plus ancien est disloqué plusieurs fois par les fractures de la classe [N070 - N080°] surtout dans le Centre du permis. Les granitoïdes enfouis cartographiés lors de cette étude constituent d'excellents cibles potentielles pour orienter les recherches à venir sur le permis de recherche minier PR105 d'Oumé.

Mots-clés : *géophysique, Magnétique, Radiométrique, Shear zone, Oumé.*

Abstract

Aero-geophysical mapping of the southern Fettekro belt, Centre-West of Côte d'Ivoire : case of the Oumé mining permit

The objective of this study is, by using geophysical data, to highlight the fractures, as well as the major lithological units of the Oumé Permit PR105 located in the centre-western part of Côte d'Ivoire. The realization of the mapping activity suggests the record of both magnetic and gamma radiometric geophysical data. The measurements have been done using an aircraft-borne magnetometer and spectrometer respectively. These raw geophysical data were first upgraded in order to improve their visual appearance using a computer tool. Then, the superposition of magnetic and radiometric maps helped to better delineate the major geological units and to extract the key structural elements. Finally, the lithological and structural data were validated by ground measurements. The results of the lithostructural sketch show that the Oumé PR105 mining research permit is composed of five major distinct petrographic units, namely (i) volcanics, (ii) sediments, (iii) plutonic granitoids, (iv) vein granitoids and (v) intermediates. Three fractures classes were discriminated using their strike and shear sense. They include the class [N070 - N080°] senestial, the class [N030 - N035°] senestial and the class [N050 - N060°]. The [N030 - N035°] fracture class characterises the main Oumé shear zone of 3 km wide and 15 km long, affects most of the granitoids (granites, granodiorites and granophyres) on the licence. The oldest shear zone is striking NNE-SSW trending fracture and appears as it has been dislocated several times by the fractures of [N070 - N080°] class, especially in the centre of the permit. These results contribute to the understanding of the spatial distribution of lithologies and structures on the Oumé permit. They can be good indicators to define the targets zone for the mineral exploration campaign to come.

Keywords : *geophysics, Magnetic, Radiometric, Shear zone, Oumé.*

1. Introduction

La moitié des réserves de l'or mondiale est identifiée en Afrique, en particulier en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale [1]. Les productions d'or de l'Afrique de l'Ouest proviennent principalement des formations birimiennes [2]. Bien que disposant de la plus importante part des formations birimiennes (35 %), la production d'or de la Côte d'Ivoire demeure marginale vis-à-vis de celles de ses voisins notamment le Burkina-Faso (21 % de terrains birimiens), le Ghana (19 %) premier producteur ouest africain, la Guinée (11 %) et le Mali (10 %) [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. C'est d'ailleurs pour cela que la Côte d'Ivoire qui a pour objectif de faire du secteur minier, un important pilier dans la réalisation de son processus d'émergence, accorde beaucoup d'intérêts aux formations birimiennes. Aujourd'hui, les différents guides d'exploration surtout pour les terrains birimiens suggèrent aux compagnies minières en plus de la cartographie géologique classique réalisée sur le terrain, d'allier également les nouvelles techniques non invasives telle que la télédétection ou la géophysique aéroportée car celles-ci permettent de mieux accentuer les détails de surface rarement observés au sol. La géophysique aéroportée bien que peu onéreuse par rapport à la télédétection permet de cartographier des zones couvertes par une dense végétation, généralement inaccessibles aux satellites optiques. La géophysique est également très excellente pour étudier les régions pourvues d'un épais manteau d'altération latéritique qui masque la plupart des informations géologiques [3, 4] à l'instar de la région d'Oumé et en particulier du permis de recherche minier PR105 d'Oumé [5]. Le permis de recherche d'Oumé (PR105) acquis préalablement en 1995 par Equigold dans la région d'Oumé, puis en 2010 par

Newcrest Mining Limited est situé au Centre-Ouest forestier de la Côte d'Ivoire. Sur ce permis, plusieurs campagnes de prospection géologique et géochimique au sol y ont été menées dans le but d'identifier des zones potentielles en minerais d'or. Ainsi, onze (11) prospects (Bandama, Dougbafla Est, Dougbafla Ouest, Dougbafla Nord, Dougbafla Sud, Dougbafla Centre, OSA1, OSA2, OSA3, Bonikro et Bonikro Ouest) disséminées dans un rayon d'environ 15 km y ont été mis en évidence. L'étude par forage sur ces différents prospects a été couronnée de succès en 2000 par la découverte d'un gisement d'or sur l'anomalie de Bonikro qui est rentré en service en 2007. Dès 2010, Newcrest Mining Limited a entrepris sur le reste du permis PR105 d'intenses travaux d'exploration en vue de découvrir de nouvelles ressources qui viendraient éventuellement prolonger la durée de vie de l'unité de traitement de Bonikro. Les efforts de la compagnie, dans sa nouvelle vision de prospection associant d'autres disciplines telles que la technique de la géophysique, a permis de mettre en évidence un gisement satellite d'environ 14 tonnes d'or à une teneur moyenne de 2 g/t sur le prospecte de Dougbafla Est, partiellement exploité en 2014. Malgré son potentiel aurifère reconnu depuis les temps anciens [6], la région d'Oumé n'a connu que très peu étude géologique à cause de l'absence presque totale d'affleurements. Les contours géologiques des cartes antérieurs sont basés sur des observations géomorphologiques ou sur des travaux de photo-interprétations. Les études lithostratigraphiques, pétrostructurales, géochimiques et métallogéniques demeurent encore sommaires et peu détaillées [6 - 11]. Les études récentes en profondeur [12, 13] basées sur l'interprétation d'un nombre limité de sondages miniers à cause de leur coût très élevé n'ont jusque-là pas permis de mieux connaître la continuité latérale et verticale des faciès géologiques rencontrés et leurs relations les unes avec les autres. C'est dans ce contexte que cette étude a été initiée dans l'optique de contribuer d'une part à l'amélioration des connaissances pétrographiques, structurales et métallogénique du permis aurifères d'Oumé ; et d'autre part à la relance du secteur minier ivoirien.

2. Méthodologie

2-1. Présentation de la région d'Oumé et du permis PR105

La région d'Oumé qui fait partie du district du Gôh-Djiboua est située dans le degré carré de Gagnoa, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire entre les latitudes $6^{\circ} 10'$ et $6^{\circ} 40'$ N et les longitudes $5^{\circ} 10'$ et $5^{\circ} 50'$ W (*Figure 1*). Cette région qui couvre environ 2400 km² est distante d'Abidjan, la capitale économique de la Côte d'Ivoire d'approximativement 250 km. Le permis d'exploration d'Oumé (PR105) d'une superficie initiale de 1000 km² est à cheval entre les départements d'Oumé et de Divo. Les coordonnées géographiques de ses bornes sont indiquées dans le *Tableau 1* ci-après.

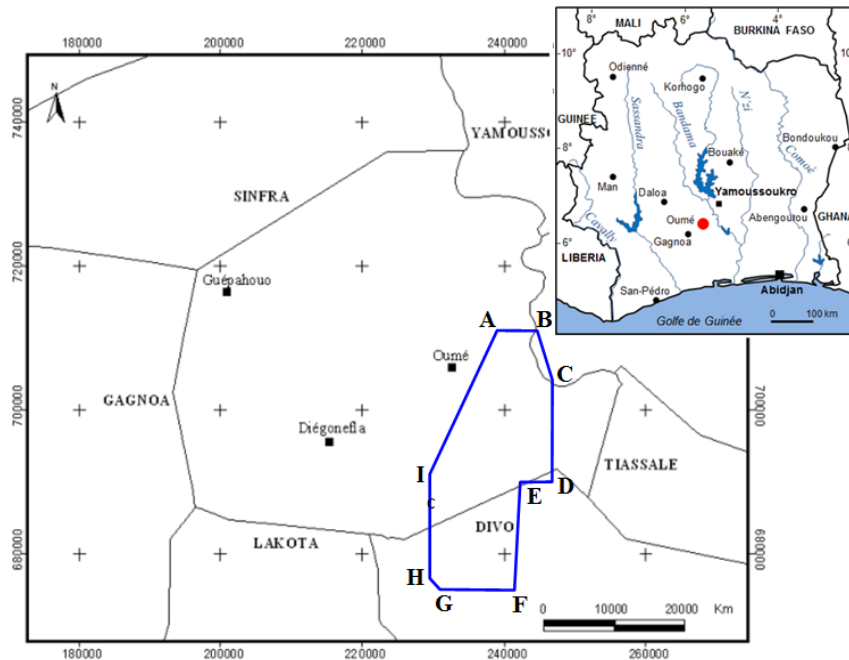


Figure 1 : Carte de localisation de la région d'Oumé

Tableau 1 : Coordonnées géographiques du permis d'Oumé (PR105)

BORNES	Latitude (North)	Longitude (West)	UTM (Northing)	UTM (Easting)
A	6°25'	-5°23'	712863	253682
B	6°25'	-5°19'	702000	245000
C	6°21'	-5°18'	689600	245000
D	6°14'	-5°18'	689600	240000
E	6°14'	-5°20'	675000	239193
F	6°6'	-5°21'	675000	227740
G	6°6'	-5°27'	676553	226230
H	6°7'	-5°28'	696606	226230
I	6°14'	-5°28'	722987	243839

2-2. Contexte géologique du Sud du sillon de Fettékro

L'histoire géologique de la région d'Oumé inscrite dans la partie méridionale de la chaîne birimienne de Fettékro localisée au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire appartient à celle du craton ouest africain d'âge précambrien [14], plus particulièrement à la dorsale de Man ou Leo (*Figure 2A*). Hormis le domaine des formations archéennes (3500 et 2500 Ma) qui couvre l'Ouest et de Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire [15 - 19], la plupart des formations géologiques rencontrées dans le pays appartiennent au domaine Baoulé-Mossi (2500 et 1600 Ma) structuré au cours de l'orogénèse éburnéenne [20 - 25]. A l'instar de l'ensemble du domaine Baoulé-Mossi de la dorsale de Man, les formations Paléoprotérozoïques de la région d'Oumé sont des roches métavolcaniques, métagluconiques et métasédimentaires structurées sous forme de sillon appelé la ceinture de roches vertes de Fettékro [8] dont l'orientation moyenne est NE-SW (*Figure 2B*). Long de 300 km et large de 60 km, la chaîne de roches vertes volcano-sédimentaires de Fettékro est insérée au milieu de vastes masses granitiques [8].

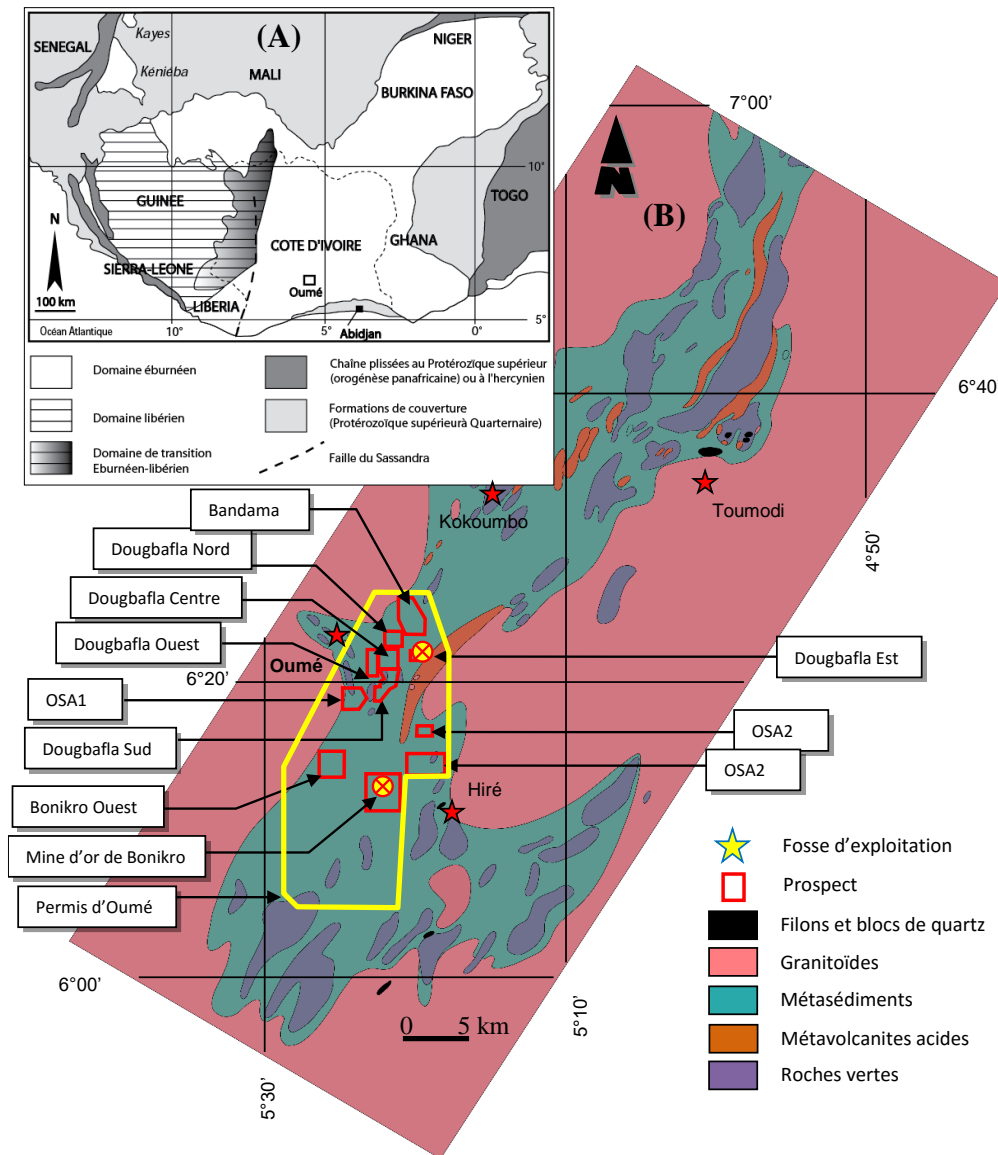


Figure 2 : (A) Carte de la dorsale de Man [14] et (B) Carte de la partie Sud du sillon de Fettékro [8]

2-3. Contexte géologique du permis d'Oumé

La géologie du permis d'Oumé est dominé par des métasédiments composés de métasiltites, de schistes et des métavolcanites [5]. Les métasiltites se rencontrent à l'Ouest et au Sud-Est du permis. La partie centrale est occupée par les tufs acides et les métavolcanites indifférenciés. Les schistes s'observent dans la zone nord, est, sud et ouest. On note également la présence de granophyres sous forme d'intrusions dans les schistes au nord-est du permis. Ces granophyres représentent la lithologie la plus minéralisée [5]. Ces formations d'orientation NE-SW sont traversées par des fractures N10° à N30° et affectées par un métamorphisme du faciès des schistes verts.

2-4. Données

Les données utilisées découlent de cartes préexistantes, de paramètres géophysiques des roches et des fiches techniques de forages géoréférencés qui renseignent sur les épaisseurs des altérites, la lithologie de la roche mère et la profondeur du forage.

2-5. Géophysique aéroportée

Les levés géophysiques aéroportés ont été menés dans la zone d'étude à l'aide d'un magnétomètre et d'un spectromètre embarqués à bord d'un avion qui ont permis de mesurer respectivement le magnétisme et la radioactivité gamma. Les mesures géophysiques aéroportées ont été effectuées tous les 5 mètres le long de lignes espacées de 200 m à une altitude de 120 m avec une profondeur d'investigation d'ordre pluri-kilométrique.

2-5-1. Magnétisme

La méthode de levés magnétiques consiste à mesurer l'intensité du champ magnétique terrestre au-dessus du sol. Celui-ci inclut les contributions depuis le noyau de la terre et du manteau ainsi que celles causées par la présence de corps géologiques hétérogènes qui, localement, peuvent causer des anomalies de polarité positives ou négatives. Dans le cadre de cette présente étude, les variations dans le champ magnétique terrestre ont été mesurées à l'aide d'un magnétomètre de type "Vapeur de Césium" avec un pas d'échantillonnage de 0,1 seconde et une résolution de 0,01 nT. Les distorsions des données brutes ont été corrigées par la procédure appelée "Réduction au pôle" (ou RTP pour Reduce to pole en anglais) qui permet de recalculer le champ obtenu en un lieu donné en se mettant dans les conditions du pôle Nord ou Sud magnétique (inclinaison = $\pm 90^\circ$ et déclinaison = 0°) pour corriger les écarts. Un traitement de données supplémentaires a été également appliqué aux données magnétiques pour permettre d'accentuer les limites des anomalies ou de différencier les profondeurs relatives d'où elles proviennent. Les méthodes utilisées sont :

- La première dérivée par rapport à la verticale (IVD) qui exprime le taux de changement du champ selon la verticale et ;
- Le traitement analytique du signal (AS).

2-5-2. Radiométrie

Cette méthode, souvent considérée comme une méthode géochimique, permet de détecter et de mesurer à une faible profondeur d'investigation (de l'ordre de 30 cm) à l'aide d'un spectromètre composé de cinq bacs contenant des cristaux d'iodure de sodium (NaI), le rayonnement gamma (γ) des trois éléments les plus radioactifs que sont le potassium (K), le thorium (Th) et l'uranium (U). Ces éléments radioactifs sont caractérisés par une période (appelée $\frac{1}{2}$ vie) correspondant au temps nécessaire pour désintégrer la moitié des isotopes issus d'une même source. Sur une image radiométrique (rayon gamma) les proportions relatives de potassium sont représentées en rouge, le thorium en vert et d'uranium en bleu. La coloration noire représente l'absence de ces trois éléments tandis que la couleur blanche indique qu'ils sont abondants.

2-6. Validation au sol

Cette phase appuyée par différents documents cartographiques [6 - 10] est indispensable pour l'interprétation finale. Elle a pour but, de contrôler et de vérifier au sol chaque jeu de données télésanalysées en recueillant directement en contact avec le sol, un certain nombre de données ciblées qui sont ensuite corrélées avec les données aéroportées. A cause de la rareté des affleurements sur le permis d'Oumé masqués par l'épaisse couche de l'altération supergène qui peut par endroit atteindre 120 m d'épaisseur, on a eu recours au sondage carotté qui a permis de remonter à la surface la plupart des échantillons de cette étude. Pour le choix des échantillons, nous avons dans un premier temps, rigoureusement analysé plusieurs logs lithologiques décrits lors des différentes campagnes de forage, et retenu les faciès les plus représentatifs. Ce sont les faciès qui présentent une bonne continuité latérale et

verticale. Pour caractériser les différentes lithologies, le critère essentiel de sélection est basé sur l'homogénéité et sur la fraîcheur de l'échantillon. Au total, cent-cinq échantillons ont été prélevés dans les normes de sécurité à l'aide d'un marteau de géologue. Un GPS (Global Positioning System) de type Garmin Etrex a permis de lever les coordonnées au sol et un appareil photo numérique a servi à faire les prises de vue. La description pétrographique a consisté dans un premier temps, en l'analyse texturale et minéralogique des différentes roches à l'œil nu. Ensuite, elle a reposé sur l'identification des minéraux au microscope polarisant Nachet grâce à une soixantaine de lames minces confectionnées à l'Université de Paris XI, en France et au Centre d'Analyse et de Recherche (CAR) de la société des opérations pétrolières de Côte d'Ivoire (PETROCI). Sur le terrain, la susceptibilité magnétique (SI) des échantillons sélectionnés a été mesurée à l'aide du KT-10 de Terra Plus (*Photo 1*). La densité des échantillons a été calculé à partir du rapport « poids de l'échantillon de roche sec sur poids de l'échantillon immergé dans l'eau ». Au sol, une boussole et un clinomètre ont servi à mesurer respectivement la direction et le pendage des éléments structuraux. Sur les carottes, un kenomètre métallique et un protractor (rapporteur) en film plastique transparent calibré de 0 à 360° ont permis de mesurer la direction et le pendage (*Photo 2*) des structures planaires regroupant la stratification, la foliation, les veines, les joints et les miroirs de failles.



Photo 1 : Photographie du KT-10 de Terra Plus



Photo 2 : (A) Photographie d'un kenomètre et (B) celle d'un protractor

2-7. Traitement informatique

Le logiciel Quantum GIS (QGIS) a permis de géoréférencer la carte géologique au 1 : 200 000 (coupures Gagnoa 2a-2b-2c-2d-4a et 4b) en projection UTM (Universelle Transverse Mercator) zone 30 N WGS 84. Ce logiciel a également permis de superposer les images géophysiques magnétiques et radiométriques (rayons gamma). En jouant sur la transparence (50 %) à l'écran, on arrive à obtenir une seule image combinée qui permet d'accentuer les détails de surface et de mieux mettre en évidence différents types de structures tels que les contacts entre les différentes unités lithologiques, les fractures, rarement observés sur le terrain.

3. Résultats

3-1. Cartographie lithologique

Le croisement des données lithologiques de terrain et celles issues de la géophysique aéroportée magnétique avec traitement analytique du signal (MAG-AS) et radiométrique (RAD), nous a permis d'observer différentes réponses géophysiques traduites par une mosaïque de teintes, de textures caractéristiques d'une lithologie donnée et correspondant à une gamme de susceptibilités magnétiques (*Tableau 2*). Ainsi, cinq grandes unités pétrographiques bien distinctes et inégalement réparties sur l'ensemble de la zone d'étude ont-elles été cartographiées (*Figure 3*).

3-1-1. Volcano-volcanoclastites

La première unité pétrographique correspond aux roches volcaniques associées aux volcanoclastites. Cette unité est caractérisée, sur l'image géophysique de composition colorée, par une mosaïque de teintes à dominance jaunâtre-verte (80 %) parsemée de teinte bleuâtre-violet (*Tableau 2*). Cette aire volcano-volcanoclastique qui s'étale du Nord au Sud du permis est la plus étendue. Sur le terrain, les volcanites représentées par les basaltes et les andésites sont essentiellement constitués de plagioclase, d'amphibole, de biotite, de chlorite et de calcite, à la différence que les andésites sont plus riches en amphibole que les basaltes. Quant aux volcanoclastites qui correspondent principalement aux débris de coulées volcaniques mafiques pris dans un ciment essentiellement de protolithe basique, sont généralement composées d'amphibole, de plagioclase, de biotite, de chlorite, de calcite, d'épidote et accessoirement de quartz. Le champ de mesures de la susceptibilité magnétique de ce complexe volcano-volcanoclastique varie de 0,055 à 8,33 10^{-3} SI avec des densités variant entre 2,73 à 3,03 10^3 kg/m³ (*Tableau 2*).


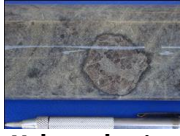
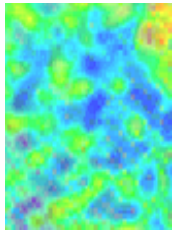
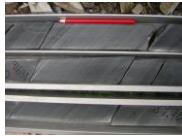

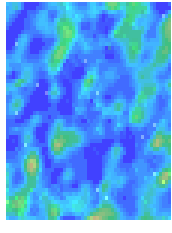
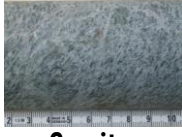
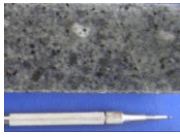
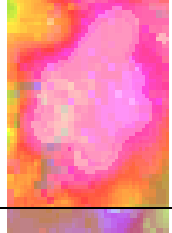

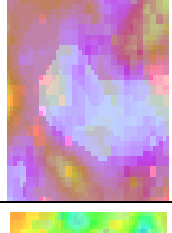

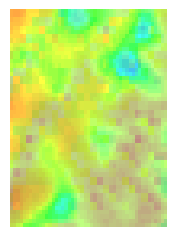
3-1-2. Métasédiments

La deuxième unité pétrographique est composée de roches sédimentaires. Sur l'image en composition colorée, cette unité est marquée par une teinte principalement bleuâtre foncée (75 %) associée à quelques îlots de teinte jaunâtre auréolée de teinte bleu-ciel (*Tableau 2*). Ces roches sédimentaires qui occupent un volume relativement important après les volcanites et les volcanoclastites se rencontrent principalement à l'Ouest et à l'Est du permis. Sur le terrain, les métasédiments généralement affectés par une forte schistosité de direction NNE-SSW à NE-SW avec des pendages subverticaux, sont représentés par les schistes noirs et les schistes chloriteux. Les schistes noirs sont essentiellement composés de biotite, de chlorite, de quartz, de séricite alors que les schistes chloriteux sont composés essentiellement de chlorite, de séricite, de biotite et de calcite. Les sédiments présentent des susceptibilités magnétiques variant de 0,239 à 3,45 10^{-3} SI avec des densités oscillant entre 2,50 et 2,75 10^3 kg/m³ (*Tableau 2*).

3-1-3. Granitoïdes plutoniques

La troisième unité pétrographique correspond aux granitoïdes plutoniques ou internes composés de granites et de granodiorites. La composition colorée de cette unité, se caractérise par une teinte rose vif auréolée de rouge-orangé (80 %) (*Tableau 2*). Ces felsites intrusives, moins répandue que les formations de l'unité I et II décrivent une série de boudins allongés nettement structurés suivant la direction birimienne (NE-SW). Les granites étudiés sont homogènes et essentiellement composées de quartz, de feldspaths et de biotite (15 %) de même que les granodiorites sauf que ces dernières sont plus riches en biotite (25 %). Les granitoïdes phanéritiques de cette unité procèdent des susceptibilités magnétiques comprises entre 1,89 et 3,84 10^{-3} SI et des densités variant de 2,54 à 2,74 10^3 kg/m³ (*Tableau 2*).

Tableau 2 : Caractéristiques géophysiques des unités pétrographiques

Unité	Lithologie		Susceptibilité (10 ⁻³ SI)	MAG-AS+RAD
I Volcanites et volcanoclastites	 Volcanite Plag + Amp + Biot+ chl + C	 Volcanoclastite Amp + Plag + Biot + Chl + Ca + Ep + Qtz	0,055 à 8,33	
II Métasédiments	 Schiste noir Biot + Chl + Quartz + Ser	 Schiste chloriteux Biot + Chl + Ca + Ser	0,239 à 3,45	
III Granitoïdes plutoniques	 Granites Qtz + Biot+ Plag	 Granodiorites Biot + Qtz + Plag	1,89 à 3,84	
IV Granitoïdes périplutoniques	 Granophyre Qtz + Biot+ Plag + Ser		1,30 à 9,76	
V Roches intermédiaires	 Microdiorite Amp + Plag + Biot + Chl + Ca		2,11 à 3,18	

Amp = Amphibole ; Biot = Biotite ; Cal = Calcite ; Chl = Chlorite ; Ep = Epidote ; Plag = Plagioclase ; Qtz = Quartz ; Ser = Séricite

3-1-4. Granophyres

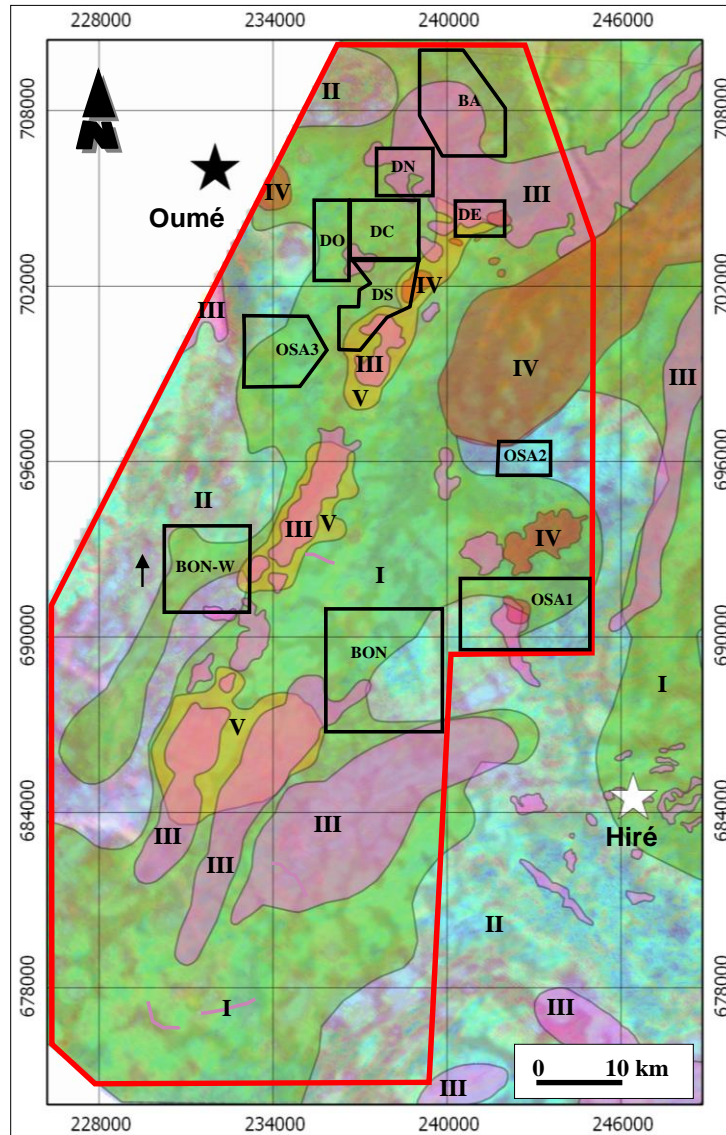
La quatrième unité pétrographique, correspond aux granitoïdes microgrenus ou externes représentés par les granophyres sorte de microgranite. Avec un volume moins important que l'unité III, l'unité IV apparait avec une teinte violet vif entourée par une couronne sombre brunâtre (**Tableau 2**). Ces felsites acides qui apparaissent généralement sous forme d'aires granitiques arrondies ou allongées occupent principalement la partie nord-est du permis. Les granophyres sont généralement en contact avec des granites et des granodiorites de l'unité III surtout dans l'extrême NE du permis. Au plan pétrographique, les granophyres sont riche en quartz, en biotite (20 %) et en séricite. Cette unité présente une susceptibilité magnétique variant de 1,30 à 9,76 10⁻³ SI et une densité variant de 2,54 à 2,69 10³ kg/m³ (**Tableau 2**).

3-1-5. Microdiorites

La cinquième unité pétrographique correspond aux microdiorites. Sur l'image géophysique, les microdiorites sont caractérisées par une mosaïque de teinte verte-claire auréolée de teinte jaune-orangée associée à des teintes brunâtres et bleu-ciel (**Tableau 2**). Cette unité orientée NE-SW décrit des auréoles de contact autour des intrusions de granitoïdes plutoniques boudinés de l'unité III. Les microdiorites sont essentiellement composés d'amphibole, de plagioclase, de biotite, de chlorite et de calcite. Leurs susceptibilités magnétiques varient de 2,11 à 3,18 10^{-3} SI avec des densités variant de 2,56 à 2,99 10^3 kg/m³ (**Tableau 2**).

3-2. Cartographie structurale

Le relevé manuel des linéaments sur l'image aéromagnétique corrigée à la première dérivée verticale (1VD) a permis de mettre en évidence une carte de discontinuité magnétique (**Figure 4**). L'ensemble des mesures effectuées est consigné sur la rosace de la **Figure 5**. Après la validation avec des mesures sur le terrain (**Figure 6**), les structures magnétiques ont été superposées sur la carte de répartition des grands ensembles lithologiques pour produire la carte lithostructurale de la zone d'étude (**Figure 7**). L'analyse structurale a mis en évidence des fractures pluridirectionnelles regroupées en trois classes. La classe [N070 - N080°] globalement de direction ENE-SSW est la plus représentative en nombre de fractures. Elle est suivie de la classe [N030 - N035°] orientée NNE-SSW et de la classe [N050 - N060°] globalement orientée ENE. La classe [N030 - N035°] qui parcourt le permis du Nord au Sud, caractérise les fractures les plus longues et les plus anciennes. Elles décrivent le principal couloir de cisaillement d'Oumé (CCO) senestre (ou shear zone en anglais) large de 3 km et long de 15 km coïncidant avec l'alignement des granitoïdes des unités pétrographiques III et I (granites, granodiorites et granophyres). La CCO est cisailée plusieurs fois par les fractures de la classe [N070 - N080°] créant ainsi une série de dislocations senestre surtout dans la partie centrale du permis. Les fractures non cisailantes de la classe [N050 - N060°] sont généralement subparallèles entre eux, semblable à une schistosité de flux orientée NE (N050°).



— Limite du permis — Limite de Prospect

Figure 3 : Esquisse des grands ensembles lithologiques de la zone d'étude

I) Volcanites mafiques ; II) Métasédiments ; III) Granitoïdes plutoniques ; IV) Granophyres ; V) Roches intermédiaires ; BAN = Bandama ; DC = Dougbafla Centre ; DE = Dougbafla Est ; DN = Dougbafla Nord ; DO = Dougbafla Ouest ; DS = Dougbafla Sud ; BNO=Bonikro ; BON-W= Bonikro Ouest.

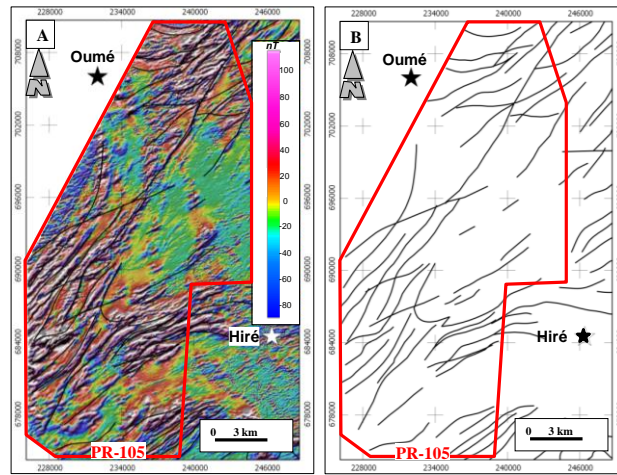


Figure 4 : (A) Carte aéromagnétique et (B) Carte de levés des linéaments magnétiques

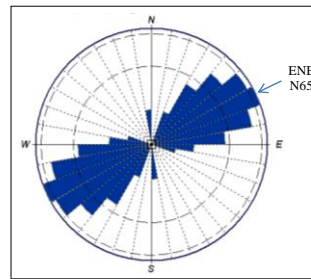


Figure 5 : Rosace directionnelle des linéaments magnétiques

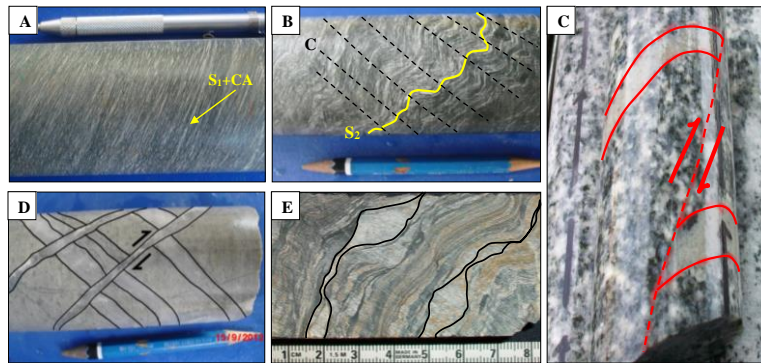


Figure 6 : Quelques structures majeures du permis d'Oumé

*A : Schistosité de flux S_1 dans un basalte orienté NE-SW ($N050^\circ$) avec un pendage abrupt (unité I) ;
 B : Fabriques c/s dans un basalte (unité I) avec S_2 orientée NNE-SSW ; C : Faille inverse dans une granodiorite (unité III) ; D : Faille inverse matérialisée par des veines de quartz dans un granophyre (unité IV) ;
 E : boudins de quartz dans un schiste noir (unité II).*

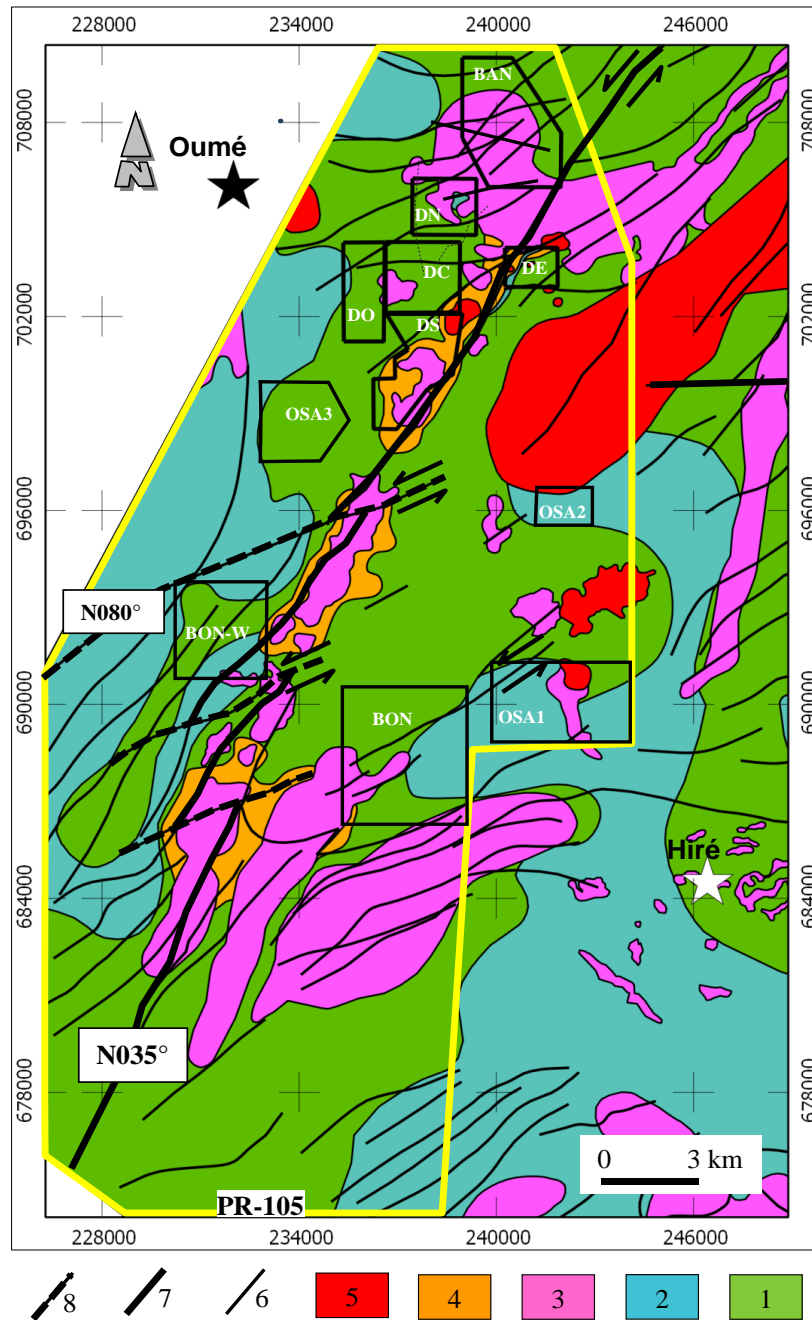


Figure 7 : Esquisse lithostructurale du permis d'Oumé à partir de données tél-analysées et de terrain

1) *Volcanites mafiques* ; 2) *Métasédiments* ; 3) *Granitoïdes grenus* ; 4) *Microdiorites* ; 5) *Granophyres* ; 6) *Schistosité S1* ; 7) *Cisaillements majeurs (CCO) senestres* ; 8) *Décrochements secondaires senestres*.
 BAN = *Bandama* ; DC = *Doubafla Centre* ; DE = *Doubafla Est* ; DN = *Doubafla Nord* ;
 DO = *Doubafla Ouest* ; DS = *Doubafla Sud*.

4. Discussion

L'esquisse géologique obtenue à la suite de l'interprétation des images aérogéophysiques et des observations de terrain montrent que le permis d'Oumé est caractérisé par des aires lithologiquement et structuralement distinctes.

4-1. Au plan lithologique

Les résultats montrent que la zone d'étude est composée de cinq zones pétrographiques majeures. La première unité est composée de laves volcaniques (basaltes et andésites) et de volcanoclastites mafiques. La seconde unité est représentée par de roches sédimentaires (schistes noirs et schistes chloriteux). La troisième unité correspond aux granitoïdes (granites et granodiorites). La quatrième et la cinquième unité sont représentées respectivement par les granophyres et les microdiorites. Les granitoïdes intrusifs, décrivent une série de boudins nettement orientés suivant la direction birimienne (NE-SW). Les granitoïdes de l'unité interne (granites et de granodiorites) sont généralement intrusives dans l'unité externe composée de granophyres. Les microdiorites forment des auréoles autour des granitoïdes de l'unité 3. Dans la partie méridionale du sillon de Fettékro, les lithologies du permis d'Oumé présentent des similitudes avec celles observées, notamment dans les régions d'Oumé, [12, 13], de Divo [26, 27], d'Hiré [28] et de Toumodi [29, 30] hormis les volcanoclastites felsiques (Ignimbrites), les conglomérats polygéniques et des dolérites [31]. Par contre, dans le sillon d'Aboisso, les lithologies de la zone d'étude se distinguent de celles d'Aféma [32] par l'absence d'arénites, de conglomérats, d'argilites et de silts et de celles d'Angovia appartenant au sillon de Bouaflé par les métadolérites et les conglomérats polygéniques [33]. Hors de la Côte d'Ivoire, les lithologies observées au Burkina Faso [34] se rapprochent beaucoup de celles de la zone d'étude mais s'en distinguent par la présence de dolérites.

4-2. Au plan structural

Il faut noter que la zone d'étude est très fracturée, pouvant s'expliquer par la nature cristallophyllienne du socle. Dans le détail, on observe d'une part que l'ensemble intrusif d'âge éburnéen, composé de granitoïdes plutoniques (granites et granodiorite) et de roches intermédiaires (microdiorites) est moyennement à intensément fracturés. Par contre les granophyres enregistrent de faibles fracturations. Les fortes densités de fracturation observées dans les granitoïdes seraient dues à la présence de nombreux minéraux phyllosilicatés de biotites et de muscovite qui par altération sont à l'origine des fissures. La structure lamellaire de ces minéraux crée des zones de moindre résistance dans la roche [35, 36]. D'autre part, les volcano-volcanoclastites (basaltes, andésites et volcanoclastites) et les métasédiments (schistes noirs et schistes chloriteux) sont moyennement à faiblement fracturés. Les données structurales issues des cartes géologiques préexistantes et en particulier de la carte de fracturation de la Côte d'Ivoire [9] nous renseignent sur le fait que les directions de fracturation majeures observables dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire sont comprises entre $N00^\circ$ et $N30^\circ$ et quelques-unes $N85^\circ$, $N130^\circ$ et $N160^\circ$. Aussi, certains auteurs, sont arrivés à donner différentes directions de fracturation que l'on observe dans la région d'Oumé, $N000$ à $N025^\circ$ [12, 37], $N030$ à $N040^\circ$ et $N060$ à $N070^\circ$ [7, 10], $N90$ à $N100^\circ$ et $N120$ à $N150^\circ$ [28, 38]. Cependant, les sens des mouvements le long de ces failles ne sont pas toujours précisés. Notre esquisse de carte géologique structurale téléanalytique permet de trouver diverses directions majeures de fracturation dont certaines non pas encore été cartographiées. Ce sont les fractures $N030^\circ$ à $N035^\circ$ senestres, les fractures $N070^\circ$ à $N080^\circ$ senestres et les fractures $N050^\circ$ à $N060^\circ$.

4-3. Au plan métallogénique

La prospection minière dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire et plus particulièrement dans le Sud du sillon de Fettékro est une activité qui est en pleine effervescence et qui constitue un véritable atout économique pour le pays. Plusieurs compagnies minières en exploration dans ce sillon birimien y ont déjà mis en évidence quatre mines d'or à contrôle lithologique et structural. Il s'agit, notamment, de la mine d'Agbaou localisée dans la région de Divo au Sud du sillon de Fettékro, de celle d'Hiré située dans la zone

centrale du sillon et celles de Bonikro et de Dougbafla inscrites sur permis d'Oumé, dans la zone Nord du sillon. Sur le permis d'Oumé, les teneurs économiques de la mine de Bonikro, sont surtout liées aux zones associant les granodiorites (granitoïde interne), l'altération hydrothermale marquée par la pyrite, la silice et la séricite et la déformation [12]. Par contre dans le gisement d'or de Dougbafla Est, ce sont les granophyres déformés qui ont été identifiés comme étant la lithologie associée à la minéralisation aurifère [13, 39]. Ce type de minéralisation disséminée à contrôle lithologique et structural a déjà été évoqué dans la plupart des gisements birimiens de la Côte d'Ivoire (Bonikro [12], Agbahou [27], Aféma [32, 40], Angovia [33], Tongon [41]), de l'Afrique de l'Ouest [34] et du Canada [35]. Partant de cette observation, les granitoïdes enfouis cartographiés (*Figure 6*) lors de cette étude constituent d'excellents cibles potentielles pour orienter les recherches avenir sur le permis de recherche minier PR105 d'Oumé. La nouvelle cartographie lithostructurale proposée par cette étude et la chronologie relative des différentes failles permettront aux compagnies de mieux cibler les structures à prospector surtout le long du couloir de cisaillement principal d'Oumé orienté NNE-SSW.

5. Conclusion

Les données pétrographiques indiquent que la zone d'étude est composée de cinq grandes unités lithologiques individualisées. La première unité est composée de laves volcaniques (basaltes et andésites) et de volcanoclastites mafiques. La seconde unité est représentée par des roches sédimentaires (schistes noirs et schistes chloriteux). La troisième unité correspond aux granitoïdes (granites et granodiorites). La quatrième et la cinquième unité sont représentées respectivement par les granophyres et les microdiorites. Les données structurales mettent en évidence des fractures majeures cisailantes senestres, orientées $N30^{\circ}$ à $N35^{\circ}$ et $N70^{\circ}$ à $N80^{\circ}$; et non cisailantes orientées $N50^{\circ}$ à $N60^{\circ}$. Les fractures $N30^{\circ}$ à $N35^{\circ}$ caractérisent le principal couloir de cisaillement du permis et sont antérieures à celles orientées $N70^{\circ}$ à $N80^{\circ}$ et $N50^{\circ}$ à $N60^{\circ}$. Les granitoïdes et la zone du couloir de cisaillement principal d'Oumé orienté NNE-SSW cartographiés lors de cette étude constituent d'excellents cibles potentielles pour orienter les recherches à venir sur le permis de recherche minier PR105 d'Oumé.

Remerciements

Les auteurs voudraient remercier et témoigner leur reconnaissance à l'endroit de la société Newcrest Mining Limited qui a financé ce travail ainsi qu'aux Docteurs Giovanni FUNAIOLI et François LIEBEN pour leurs critiques et suggestions.

Références

- [1] - WORLD GOLD ANALYST, "Special report on West Africa. GFMS World Gold Ltd", (2010) 148 p.
- [2] - J. P. MILESI, J. L. FEYBESSE, P. LEDRU, A. DOMMANGET, M. F. OUEDRAOGO, M. TEGYEY, J. Y. CALVEZ and P. LAGNY, "Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest et leur évolution lithostructurale au Protérozoïque inférieur", *Chronique de la Recherche Minière*, France, 497 (1989) 98 p.
- [3] - W. M. JESSELL, J. SANTOUL, L. BARATOUX, S. ROUSSE and S. NABA, "A more complete database of West African mafic dykes", EGU General Assembly Vienna, (2010), <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2010/EGU2010-2226-2011.pdf> (last accessed 14/12/2010)
- [4] - V. METELKA, "Application des méthodes de géophysique et de télédétection à l'analyse du régolithe et de la géologie du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest", Doctorat, Université de Toulouse, France, (2011) 202 p.
- [5] - EQUIGOLD CI SA, "Synthèse de l'étude de faisabilité", Rapport pour le Ministère des Mines et de l'Energie en vue de demande du permis d'exploitation, Côte d'Ivoire, (2006) 77 p.
- [6] - P. SONNENDRUCKER, "Etude de synthèse sur l'or en Côte d'Ivoire", Rapport de fin de mission, SODEMI, Abidjan, rapport N°222 (1969) 127 p.
- [7] - GEOMINES LTD, "Inventaire hydrogéologique appliqué à l'hydraulique villageoise", Ministère des Travaux Publics et des Transports, Direction Centrale de l'Hydraulique, République de Côte d'Ivoire, carte de Gagnoa, Cahier N°24, (1982) 31 p.
- [8] - I. YACE, "Etude géologique du volcanisme éburnéen dans les parties centrales et méridionales de la chaîne précambrienne de Fettekro", *Bulletin de la Direction de Géologie*, Abidjan, (1982) 155 p.
- [9] - SODEMI, "Carte géologique des indices minéraux et accidents majeurs la Côte d'Ivoire à 1/200000", (1994)
- [10] - J. P. FAILLAT, "Aquifères fissurés en zone tropicale humide : structure, hydrodynamique et hydrochimie (Afrique de l'Ouest)", Doctorat, ès Sciences Naturelles, Université du Languedoc-Montpellier II, France, (1986) 534 p.
- [11] - D. BAKA, "Géométrie, hydrodynamisme et modélisation des réservoirs fracturés du socle protérozoïque de la région d'oumé (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)", Thèse unique, Université Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2012) 246 p.
- [12] - Z. OUATTARA, "Caractères lithostratigraphiques, structural, géochimique et métallogénique du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien de Fettekro, Centre-Sud de la Côte d'Ivoire", Thèse unique, Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2015) 256 p.
- [13] - A. S. OUATTARA, "Le gisement aurifère de Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fettekro, Oumé, Côte d'Ivoire) : Pétrographie, déformation, géochimie et métallogénie". Thèse unique, Université FELIX HOUPHOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2018) 252 p.
- [14] - B. BESSOLES, "Géologie de l'Afrique : Le craton ouest africain", Mémoire du BRGM, N°88 (1977) 402 p.
- [15] - J. CAMIL, "Pétrographie, chronologie des ensembles granulitiques archéens et formations associées de la région de Man (Côte d'Ivoire) : implication pour l'histoire géologique du craton Ouest-Africain", Doctorat d'Etat, ès Sciences Naturelles, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, (1984) 306 p.
- [16] - A. N. KOUAMELAN, J.-J. PEUCAT and C. DELOR, "Reliques archéennes (3.15 Ga) au sein du magmatisme birimien (2.1 Ga) de Côte d'Ivoire, craton ouest-africain", *C. R. Académie Sciences de Paris*, 324 (1997) 719 - 727
- [17] - A. N. KOUAMELAN, J.-J. PEUCAT and C. DELOR, "Reliques archéennes (3.15 Ga) au sein du magmatisme birimien (2.1 Ga) de Côte d'Ivoire, craton ouest-africain", *C. R. Académie Sciences de Paris*, 324 (1997) 719 - 727

- [18] - J. GANNE, D. ANDRADE V, R. WEINBERG, VIDAL O., B. DUBACQ, N. KAGAMBEGA, S. NABA, L. BARATOUX, M. JESSELL and J. ALLIBON, "Modern-style plate subduction preserved in the palaeoproterozoic west african craton", *Nature geoscience*, 5 (1) (2011) 60 - 65
- [19] - S. BLOCK, J. GANNE, L. BARATOUX, A. ZEH, L. A. PARRA-AVILA, M. W. JESSELL, L. AILLERES and L. SIEBENALLER, "Petrological and geochronological constraints on lower crust exhumation during Paleoproterozoic (Eburnean) orogeny, NW Ghana, West African Craton", *Journal of Metamorphic Geology*, 33 - 5 (2015) 463 - 494
- [20] - S. BLOCK, M. W. JESSELL, L. AILLERES, L. BARATOUX, O. BRUGUIER, A. ZEH, D. BOSCH, R. CABY and E. MENSAH, "Lower crust exhumation during Paleoproterozoic (Eburnean) orogeny, NW Ghana, West African Craton : Interplay of coeval contractional deformation and extensional gravitational collapse", *Precambrian Research*, 274 (2016) 82 - 109
- [21] - J. L. FEYBESSE, J. P. MILESI, Y. JOHAN, A. DOMMANGET, J. Y. CALVEZ, M. BOHER and W. ABOUCHAMY, "La limite Archéen - Protérozoïque d'Afrique de l'Ouest : une zone de chevauchement antérieure à l'accident de Sassandra; l'exemple des régions d'Odienné et de Touba (Côte d'Ivoire) ", C. R. Académie Sciences de Paris, 309 (1989) 1847 - 1853
- [22] - W. ABOUCHAMI, M. BOHER, A. MICHARD and F. ALBAREDE, "A major 2.1Ga old event of mafic magmatism in West Africa : An early stage of crustal accretion", *J. Geophys. Res. Lett.*, 95 (1990) 17605 - 17629
- [23] - J. P. LIEGEOIS, W. CLAESSENS, D. CAMARA and J. KLERKX, "Short-lived eburnean orogeny in southern Mali. Geology, tectonics, U-Pb and Rb-Sr geochronology", *Precambrian Research*, Vol. 50, (1991) 111 - 136
- [24] - P. N. TAYLOR, S. MOORBATH, A. LEUBE and W. HIRDES, "Early Proterozoic crustal evolution in the Birimian of Ghana : constraints from geochronology and isotope geochemistry", *Precambrian Research*, 56 (1992) 97 - 111
- [25] - S. PAWLIG, M. GUEYE, R. KLISCHIES, S. SCHWARZ, K. WEMMER and S. SIEGSMUND, "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
- [26] - E. HANSEN, "The Agbaou Deposit", Final report, BHP Minerals, Côte d'Ivoire, archives SODEMI, (1992) 26 p.
- [27] - N. N. HOUSSOU, "Etude pétrographique, structurale et métallogénique du gisement aurifère d'Agbaou, Divo, Côte d'Ivoire", Thèse unique, Université Félix HOUPOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2013) 177 p.
- [28] - S. F. OLSON, "Carte géologique de la concession de Hiré", BHP Minerals, Archives SODEMI, (1989) 1 p.
- [29] - Y. B. DAOUDA, "Lithostratigraphie et pétrologie des formations birimiennes de Toumodi-Fettékro, Côte d'Ivoire : implication pour l'évolution crustale du Paléo-protérozoïque du craton Ouest-Africain", Doctorat, Université Orléans, Géosciences, Mémoire, 737 (1998) 191 p.
- [30] - J. MORTIMER, "Lithostratigraphy of the early Proterozoic Toumodi volcanic Group in Central Côte d'Ivoire : implications for Birimian stratigraphic models". *Journal of African Earth Sciences*, 14, 1 (1992) 81 - 91
- [31] - I. COULIBALY, "Pétrographie des volcanites et plutonites de la partie Sud du sillon volcanosédimentaire de Toumodi-Fettékro", Thèse unique, Université Félix HOUPOUET-BOIGNY, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2018) 218 p.
- [32] - K. E. ASSIE, "Lode gold mineralization in the Paleoproterozoic (Birimian) volcano-sedimentary sequence of Aféma gold district, southeastern Côte d'Ivoire", Thesis, Faculty of Energy and Economic Sciences Technical, University of Clausthal, Germany, (2008) 198 p.

- [33] - Y. COULIBALY, M. C. BOIRON, M. CATHELINEAU 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
- [34] - S. ZONOU, "Les formations leptino-amphibolitiques et le complexe volcanique et volcano-sédimentaire du Protérozoïque inférieur de Bouroum-nord (Burkina-Faso, Afrique de l'Ouest). Etude pétrographique, géochimique, approche pétrogénétique et évolution géodynamique", Doctorat, Université, Nancy 1, France, (1987) 299 p.
- [35] - R. WYNS, J.-M. BALTASSAT, P. LACHASSAGNE, A. LEGCHENKO, J. VAIRON and F. MATHIEU, "Application of SNMR sounding for groundwater reserves mapping in weathered basement rocks (Brittany, France)", *Bulletin Société Géologique*, France, Vol. 175, N°1 (2004) 21 - 34
- [36] - B. DEWANDEL, P. LACHASSAGNE, R. WYNS, J.-C. MARECHAL and N. S. KRISHNAMURTHY, "A generalized 3-D geological and hydrogeological conceptual model of granite aquifers controlled by single or multiphase weathering", *Journal of Hydrology*, Vol. 330, N°1-2 (2006) 260 - 284
- [37] - A. S. OUATTARA, D. BAKA, G. OUATTARA and A. NIMAGA, "Mise en évidence de nouvelles cibles de forages à partir de l'analyse de la fracturation du prospect aurifère de Dougbafla-Oumé (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)", *European Scientific Journal*, Vol. 12, N°36 (2016) 336 - 354
- [38] - BAKA D., T. LASM, M.-S. OGA, M. YOUAN-TA, O. DE LASME, S. O. KOUAKOU and F. B. ETTIEN, "Characterization of transmissivity in the fractured reservoirs in the Oumé area (Centre of Côte d'Ivoire)", *American Journal of Scientific and Industrial Research*, Vol. 2, N°2 (2011) 310 - 322
- [39] - A. S. OUATTARA, Y. COULIBALY and 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*, Vol. 13, (2017) 108 - 125
- [40] - 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 Sciences*, 57 (2010) 423 - 430
- [41] - RANDGOLD RESOURCES LTD, "Permis de Niellé", Rapport final, (2001) 90 p.