



**APPORT D'UN MODELE NUMERIQUE D'ALTITUDE
(PSEUDOS IMAGES) DANS L'ELABORATION DU BATI
STRUCTURAL DE L'INDICE D'OR "BAOULE EST"
(CENTRE DE LA COTE D'IVOIRE)**

**NIAMKE K.H.^{1*}, N'DRI B.E.¹, KOUDOU A.¹,
SALEY M.B.², OUATTARA A.², BIEMI J.²**

¹Université Jean Lorougnon Guédé, Daola, Côte d'Ivoire

²Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

niamkehilaire@yahoo.fr

RESUME

Cette étude est une contribution de méthodes indirectes à la cartographie géologique et structurale classique dans une région où les affleurements sont rares. L'est montagneux du "Baoulé-Est" offre un cadre propice pour l'exploitation d'un MNA à des fins de cartographie structurale.

Le MNA pseudoimage fut produit à partir de l'extraction des courbes de niveau, par la génération et la rastérisation d'un fichier de données altimétriques. La pseudo image brute fut l'objet d'un rehaussement d'image utilisant les techniques d'éclairage orienté à 45° suivant les directions parallèles NE et orthogonales NO à la chaîne montagneuse de Bongouanou. Il ressort que les linéaments obtenus ont une envergure régionale et sont uniquement localisés dans le relief montagneux. Les linéaments majoritaires N30° et N130° ont été identifiés à l'affleurement comme étant la schistosité et la linéation de crénulation d'où leur abondance dans un contexte schisteux. Toutefois, les dispositions relatives de ces linéaments en blocs décalés suggèrent une fracturation senestre suivant des directions N130° et N160° dans un contexte structural en compression comme c'est le cas dans le protérozoïque en Côte d'Ivoire.

Mots clés : Modèle Numérique d'Altitude, Pseudo Image, Bâti structural, Indice d'Or, Baoulé Est, Eclairage Orienté, Linéaments, Linéation de Crénulation, Fracturation Senestre.

ABSTRACT

This study is a contribution of indirect methods to classical geological and structural mapping in a region where outcrops are scarce. The East of the mountainous "Eastern Baoulé" offers a suitable framework for operating an MNA for the purpose of structural mapping. The MNA false image was produced from the extraction of contour lines, through creation and rasterisation of a file of elevation database. That false raw image was the subject of image enhancement using the techniques of illumination at 45 ° along the parallel directions NE and orthogonal NO to the mountain range of Bongouanou. It appears that the lineaments obtained are regional in scope and are only located in a mountainous terrain. The majority N30 ° and N130 ° lineaments have been identified in outcrop as foliation and lineation crenulation hence their abundance in a schistose context. However, the relative positions of these lineaments in staggered blocks suggest a sinister fracturing in directions N130 ° and N160 ° in a structural context in compression as is the case in the Proterozoic in Côte d'Ivoire.

Keywords : Digital Elevation Model, False Image, Gold Occurrence, Baoulé East, Techniques of Redirecting Illumination, Lineaments, Crenulation, sinister fault system.

INTRODUCTION

En référence aux travaux de Yesou et al. (1993) et de Baux et Cassard (1991), les structures géologiques favorables à la reconcentration des métaux en général et de l'or en particulier, constituent avec les marques d'une intense activité d'exploitation minière actuelle ou ancienne et les indices en roches, les facteurs clés d'un SIG de l'exploration minière. Or ces structures géologiques favorables sont mises en relief à l'issue de la réalisation du bâti structural qui est lui-même une étape majeure de la cartographie géologique et structurale. La cartographie géologique et structurale a pour principal objet l'affleurement (Scanvic, 1983). La télédétection de par son caractère synoptique contribue énormément par l'observation de zones dénudées, à suspecter la présence des affleurements (Lavreau et Tréfois, 2002). Lorsque les affleurements sont rares notamment dans les régions à couvert végétal et à recouvrement terrigène important, comme c'est le cas avec l'indice d'or "Baoulé-Est" (Arnould, 1961), l'interprétation géologique peut utiliser les dispositions du relief. En effet, le relief, dans les régions de cratons, portent l'empreinte de la tectonique (Horton, 1945; Bessoles 1977; Biemi 1992).

L'indice d'or "Baoulé-Est" a été reconnu en 1956 par le Bureau Minier Français d'Outre-Mer (BUMIFOM) comme étant l'un des trois indices majeurs du centre de la Côte d'Ivoire (Arnould, 1961). Les recherches sur cet indice n'ont pas abouti à un gisement contrairement aux deux autres qui sont les gisements d'Agbaou ("Baoulé-sud") et d'Angovia ("Baoulé-centre"). Ces gisements sont localisés au sein de la chaîne volcanosédimentaire de Fetekero (Yace, 1976). La principale raison invoquée fut la difficulté de fournir une carte géologique fiable du fait de la rareté des affleurements. C'est ainsi que l'indice d'or "Baoulé-Est" a été choisi comme secteur témoin pour réaliser une étude test impliquant des méthodes de cartographie indirecte sur la base d'un Modèle Numérique d'Altitude (MNA).

Cette étude a pour principal objectif de corriger les lacunes en informations structurales d'une cartographie géologique classique par télédétection. Il s'agira de produire un Modèle Numérique d'Altitude (MNA); de relever les directions, les conjuguaisons et l'identité des accidents structuraux significatifs à partir du MNA.

PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

La zone d'étude (figure 1) est une région du centre de la Côte d'Ivoire comprise entre les longitudes ($4^{\circ} 00'W$ et $4^{\circ} 45'W$) et les latitudes ($7^{\circ} 00'N$ et $6^{\circ} 30'N$). Il s'agit d'une importante portion des régions administratives du N'zi et du Moronou dont les villes de Dimbokro et de Bongouanou sont respectivement les chefs-lieux. La région est un vaste ensemble pénéplané (les altitudes varient peu, de 80m à 120m) dont la monotonie est interrompue à l'Est par les collines de Bongouanou dont le point culminant est à 615 m (Ivoiregeo, 2002). La zone d'étude est à cheval sur les bassins versants du N'zi et de l'Agnéby. La ligne de séparation des eaux correspond aux sommets alignés suivant la direction NE des collines de Bongouanou. La carte géologique de Dimbokro (Delor et al, 1995) révèle les caractéristiques ci-après. Situé dans l'Ouest, le domaine des granitoïdes est constitué de granites concordants à deux micas, de granites à biotite et de métagranites à biotite. En dehors du bloc ouest, la région est essentiellement constituée d'une variation latérale de schistes silteux et de schistes arénacés. Elle est parfaitement intégrée dans le paleobassin de la Comoé (Tagini et Gobert, 1972), (Yacé, 2002). La région est un vaste plissement de formations redressées. Ce plissement est une succession de synformes et d'antiformes dont les axes orientés $N30^{\circ}$ et régulièrement disposés, indiquent qu'il s'agit de plis isopaques (Vidal et Tempier, 1982).

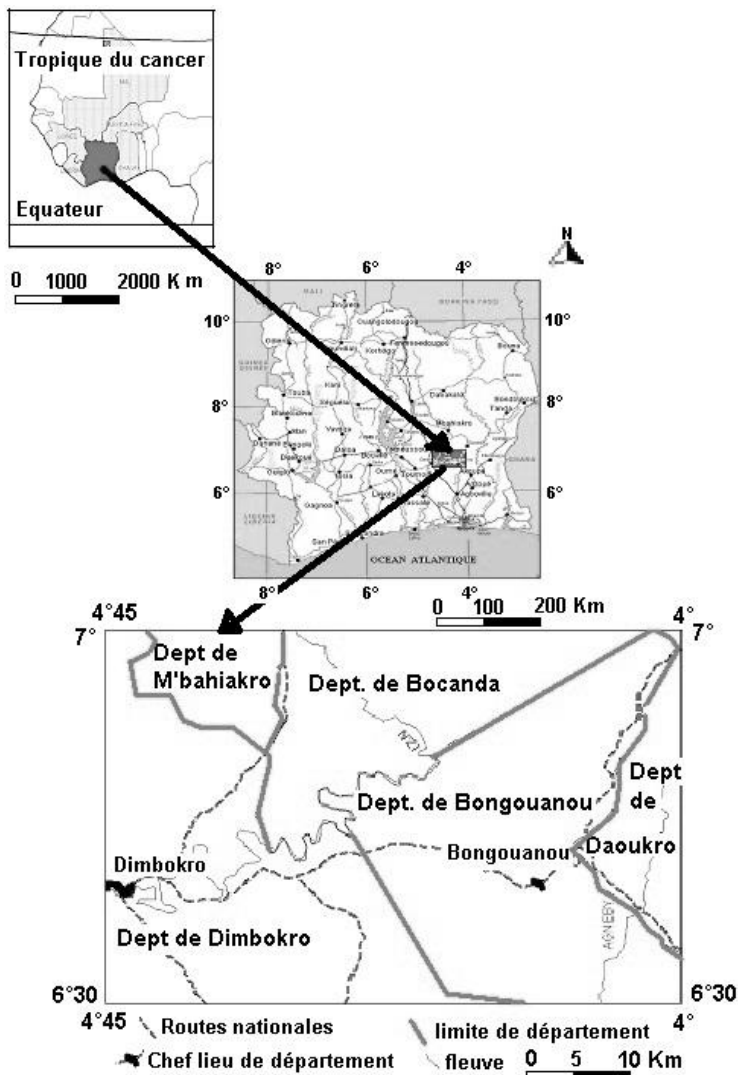


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude. Source : BNETD / CCT, 1988

MATERIEL ET METHODE

Matériel

Les données cartographiques prises toutes à l'échelle 1/200000 sous formes numériques sont la carte topographique de Dimbokro produit par le CCT en 1995 à partir des données de l'Institut de Géographie National Paris récoltées en 1966; la carte géologique de Dimbokro produit par la Direction de la Géologie. La carte topographique a servi à l'extraction des courbes de niveau

pour la réalisation des MNA pseudos images. La carte géologique de Dimbokro fut utile à la validation des résultats à caractères géologiques et structuraux.

La production des MNA pseudos images a été faite à l'aide du logiciel Arcview 3.2. Les logiciels Linwin et Rosadir ont respectivement assurée le comptage automatique et la distribution des linéaments au sein des classes de direction.

Le logiciel Envi V 3.2 regroupe en son sein des fonctionnalités multiples relatives au traitement des images et à la cartographie thématique. Le logiciel Envi V 3.2 contient en son sein des modules qui permettent de réaliser l'extraction de l'information souhaitée. Cette fonctionnalité facilite les opérations car elle évite l'exportation des thèmes de l'image vers d'autres logiciels et son lot de pertes d'informations (Lacombe, 2001).

Sur le terrain, un récepteur GPS de type Garmin Etrex 7, un boîtier de type Brunton muni d'une boussole et d'un clinomètre, ont respectivement servi à la localisation, à l'orientation et à l'inclinaison des structures géologiques.

Construction du MNA

Génération du fichier des données altimétriques

Le fichier des données altimétriques est un fichier qui contient dans sa structure uniquement que des points. Il s'agit de points cotés. Ils sont caractérisés par leurs coordonnées et la valeur de leur altitude. Ces points sont générés à partir des courbes de niveaux contenus dans la carte topographique. La première étape de la génération de ces points, fut la numérisation des courbes de niveau. Le préalable à la numérisation fut la mise en place d'un cadre géoréférencé qui a permis la fixation des vecteurs dans un système de coordonnées. Le système WGS 84 fut le type de projection choisi.

La correction des imperfections graphiques a assuré la boucle des courbes d'une part et d'autre part de lisser ces courbes. Cette opération fut nécessaire à cause de l'échelle de la carte topographique (1/200000) et de l'équidistance (40m) des courbes de niveau. A cette échelle, un point gras pourrait représenter un objet dont la taille est sensiblement égale à 200 m. Les courbes de niveau numérisées ont été ensuite transformées en points. Cela a nécessité la détermination d'un pas. Le pas qui est égal à la précision, se définit comme étant le nombre de points que l'on désire obtenir par portion de courbe de niveau numérisé en fonction d'une distance minimale choisie entre deux points (Saley, 2003). Les points ont été automatiquement générés sous Arcview par l'introduction du pas, au sein du programme "Polyline 2 point" conçu à cet effet.

Spatialisation des données altimétriques

A l'aide du logiciel Arcview, le fichier des données altimétriques fut automatiquement spatialisé avant d'être l'objet d'une interpolation. La méthode d'interpolation choisie fut le krigeage. C'est une méthode qui applique une fonction mathématique à un nombre de points spatialement corrélés pour évaluer la valeur propre de chaque surface unitaire (Allouche, 2001). Cette fonction mathématique s'énonce littéralement dans les termes suivants : "entre deux points côtés de différentes altitudes, il ne peut passer qu'une courbe ayant pour attribut une côte inférieure à celle du point le plus élevé et supérieure à celle du point le plus bas". A l'issue de l'interpolation, un MNA en deux dimensions fut obtenu.

"Rastérisation" des données altimétriques

Le passage du MNA 2D en une image nécessite l'ajout d'une troisième dimension qui fut obtenu par la "rastérisation" du MNA 2D. La rastérisation fait appel au module d'ombrage du logiciel Arcview 3.2. Ce module permet de cartographier les effets de l'ombrage. Les pseudos images sont donc des images virtuelles qui ne contiennent, dans leurs structures, que des informations altimétriques rastérisées.

Exploitation du MNA

Rehaussement de l'image

A l'instar des images satellitaires brutes, la pseudo image brute produite est une image en niveau de gris peu contrastée. Cette image fut rehaussée par des techniques d'éclairage orienté. L'éclairage est défini par la valeur de l'angle du faisceau lumineux qui se caractérise par ses composantes horizontales et verticales. Cette valeur qui est comprise entre 0° et 90° définit la quantité de l'ombrage (Polidori, 1995). L'ombrage délimite les différentes entités spatiales dont l'interprétation est fonction de l'angle d'observation choisi. L'angle d'observation choisi dans le cas de l'étude et qui est égal à 45° correspond à une observation aérienne et inclinée offrant un ombrage symétrique à l'obstacle que rencontre le faisceau incident. Les directions d'éclairages selon les principaux axes de la rose des vents ont été appliquées afin d'obtenir une gamme variée de pseudos images. Cette dernière application a facilité l'observation des possibilités des formes virtuelles.

Extraction et analyse des linéaments

Les pseudos images furent exportées sous Envi 4.1 pour permettre, par le procédé de la vectorisation des contours, l'extraction des formes virtuelles linéaires. Dans une pseudo image, les linéaments sont matérialisés soit par un alignement de teintes identiques soit par une tonalité composite évoluant suivant un gradient (Saley, 2003). Une fois identifié, les linéaments ont été digitalisés. Chaque linéament est caractérisé par sa direction et sa longueur.

L'analyse statistique a consisté en l'application de l'approche de Razack (1982) Cette approche concerne la distribution directionnelle et les regroupements sectoriels et directionnels. La distribution directionnelle a été faite par un regroupement des longueurs cumulées des linéaments au sein des classes équivalentes ayant une amplitude de 10°. Cette opération fut réalisée automatiquement à l'aide des logiciels Linwin et Rosadir qui ont respectivement assuré le comptage et la distribution au sein des classes.

Les regroupements sectoriels et directionnels ont été étudiés par la variabilité de la densité linéamentaire d'une part et la distribution directionnelle au sein des secteurs définis par un maillage d'autre part. La maille retenue est un carré dont le côté a une longueur de 10 km. Cette valeur choisie correspond en moyenne à la longueur des linéaments. Ensuite, il a été procédé à la mise en évidence de la disposition relative des linéaments afin de déterminer les conjugaisons existantes. Les étapes de la méthodologie sont récapitulées dans le diagramme ci-dessous (figure 2)

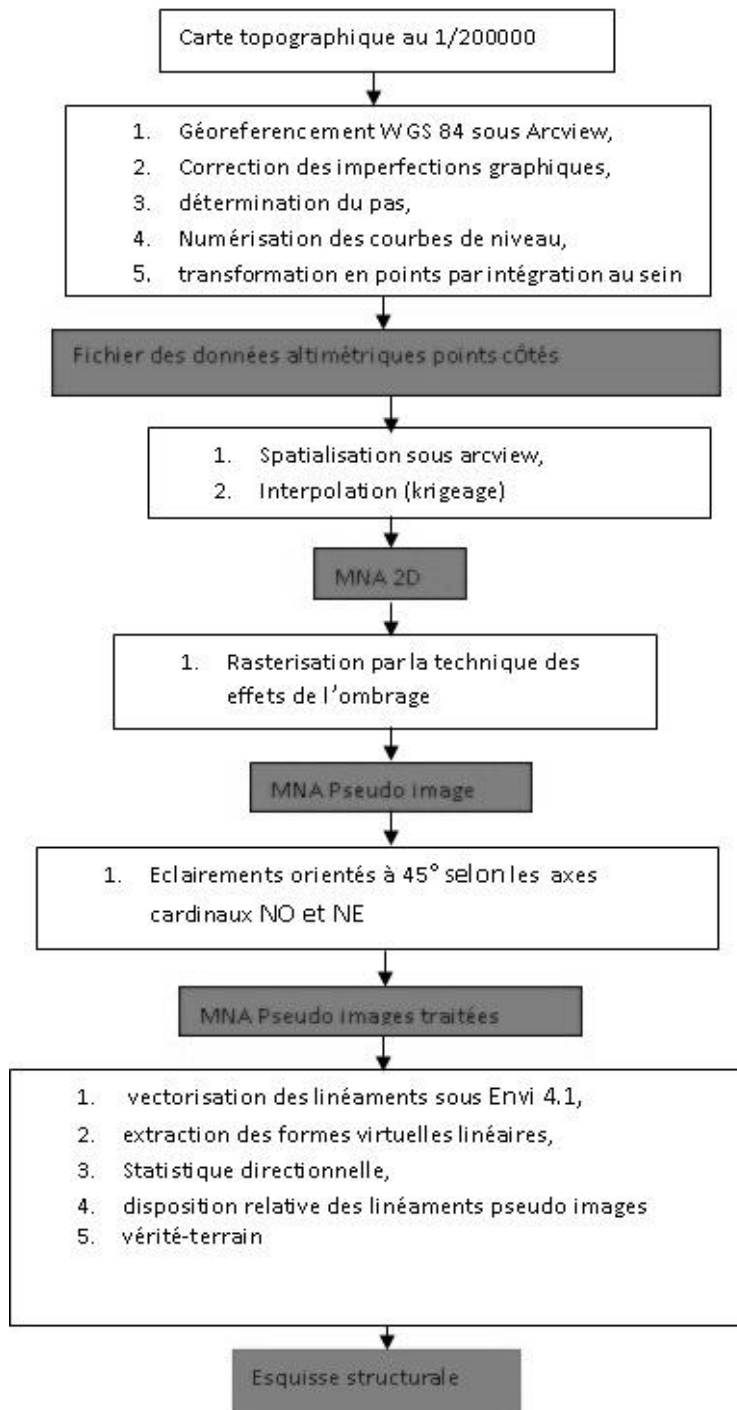


Figure 2: Cheminement de la Méthode

RESULTATS

Caractéristiques des pseudos images

Pseudo image brute

La pseudo image brute (figure 3) est caractérisée quatre variations en termes de niveau de gris. Ces variations discriminent les zones basses (les plus sombres, altitude inférieure à 80m), les zones moyennes (sombres, altitude comprises entre 80m et 120m), les zones hautes (à l'est, très claires), les zones hautes (moyennement claires, altitude comprises entre 120m et 300m) Les zones très hautes (claires, altitude supérieure à 300m). Cette dernière entité, localisée à l'est, suivant la direction NNE, constituent le centre d'intérêt. En effet, elle fournit le contraste qu'il faut pour rehausser les mouvements des structures. Il se dégage de cette image un allongement préférentiel N130° des linéaments.

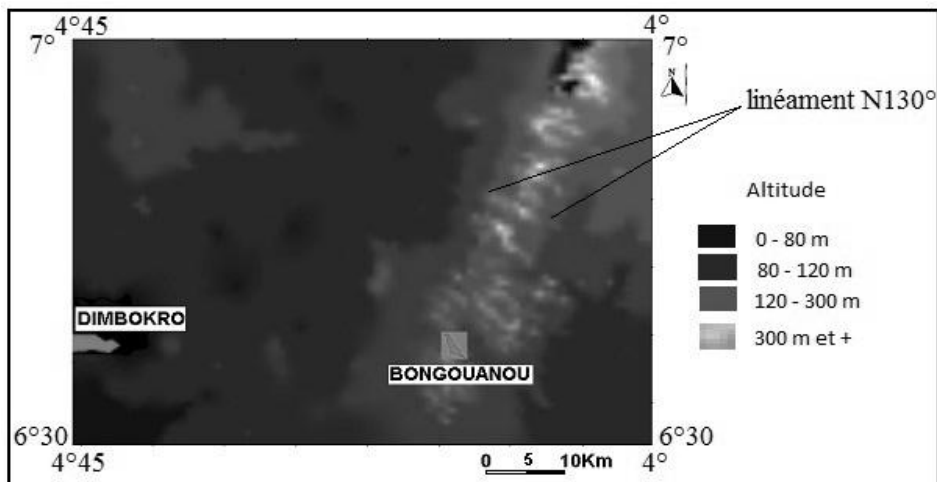


Figure 3 : Pseudo image brute et linéaments N130°

Pseudos images traitées

Les pseudos images éclairées présentent les caractéristiques générales ci-après. Des contrastes nets sont observés entre les différents niveaux d'altitude. Ces entités présentent des limites bien marquées par les variations de teintes dans le voisinage. Ces limites qui sont des formes en hauteur ou en creux varient peu d'une image à une autre. A l'exception de l'Est (collines de Bongouanou), où l'on observe une quantité importante de hautes fréquences linéaires, l'image est

marquée par une monotonie des tons qui traduit les faibles dénivelés existant dans la zone d'étude.

Concernant l'éclairage direct, l'image résultant du balayage de direction NO met en évidence dans l'Est des linéaments N30° et N130°. Ces linéaments forment des blocs qui sont séparés les uns des autres par des linéaments N130° et N160° suivant un mouvement senestre dont l'amplitude du mouvement est variable. En effet, le rejet est plus important dans le centre (figure 4). A l'extérieur de la zone montagneuse, les ruptures de pente sont marquées par des linéaments régionaux EO au centre, N60 à l'ouest et NNO au nord-ouest

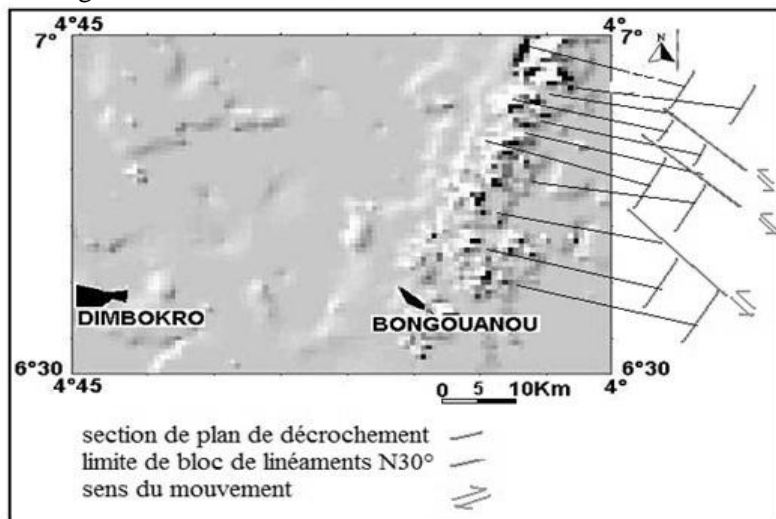


Figure 4 : Pseudo image résultant du balayage de direction NO selon un Eclairage direct

Dans la direction orthogonale, le balayage NE (figure 5) met en évidence dans l'Est montagneux, des linéaments N130° qui constituent un corps ayant subi un décalage senestre selon un plan dont la section de surface est orientée N160°. Dans le prolongement de ce corps, les linéaments N130° forment un autre corps de dimension réduite présentant des caractéristiques similaires.

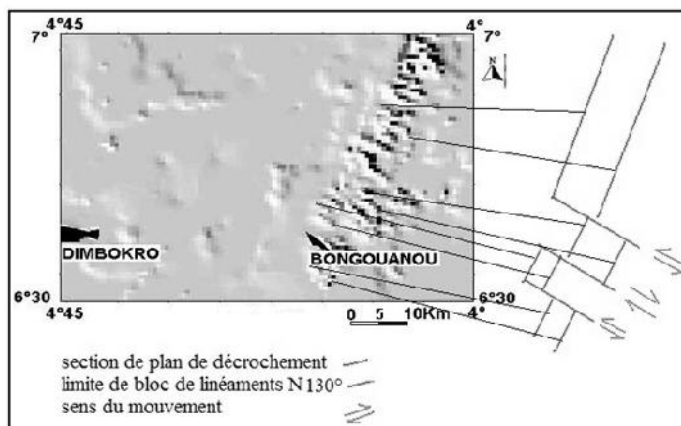


Figure 5 : Pseudo image résultant du balayage de direction NE selon un Eclairage direct

Caractérisation des linéaments

Aspects généraux

Les linéaments obtenus ont la particularité d'être tous de grandes dimensions (supérieure à la dizaine de kilomètres). Ils sont tous localisés à l'est ou l'on rencontre les hautes altitudes (collines de Bongouanou). Ils s'insèrent dans un espace de 20 Km de large, allongé NE qui encadrent la ville de Bongouanou dans sa partie sud. Les linéaments constituent trois blocs distincts de tailles inégales. Le plus petit bloc encadre la ville de Bongouanou. Au nord-est de ce bloc, le second qui occupe un espace deux fois supérieures au premier est deux fois plus large que le premier et le troisième. Le troisième représente en superficie au moins le double des deux précédents. Ces dispositions spatiales présentent un aspect de formations géologiques ayant subi des décalages.

Statistiques directionnelles, dispositions et conjugaisons spatiales

Il ressort des statistiques quatre directions principales (figure 6) :

- la direction N130°, la direction préférentielle des linéaments, représente 25% en quantité et 30% en longueur cumulée ;
- la direction N30° représente 17% en quantité et 25% en longueur cumulée ;
- la direction N60° représente 13% en quantité et 8% en longueur cumulée ;
- la direction N160° représente 13% en quantité et 10% en longueur cumulée.

La disposition de linéaments N130° et N30° en blocs inégaux et décalés, décrit majoritairement des mouvements senestres. Les linéaments forment des blocs individualisés N30° décalés les uns des autres suivant des plans dont les sections de surface ont les orientations N130° et N160°. Bien que moins marqué, le décalage dextre existe, notamment au niveau de la région de Bongouanou. Dans un contexte de déformations, est la marque des phénomènes compressifs.

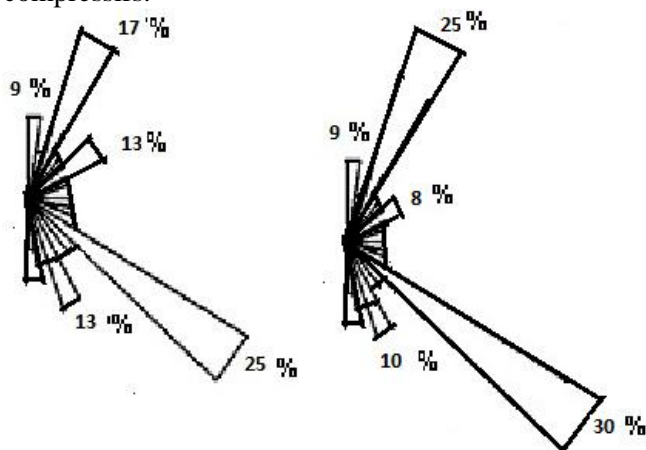


Figure 6 : Distribution directionnelle des linéaments nombre et longueur cumulée par classe de 10 d’amplitude

Identification des linéaments

A l’Est (Broukro), la direction de la schistosité mesurée sur de la saprolite de schistes est N30°. Le pendage est de 55° vers l’Est. Toujours à l’est précisément dans la localité d’Agoua, la direction est N30° et le pendage est de 80° vers l’Ouest. La direction de la schistosité varie peu (de N20° à N30°) au sein du quadrant NNE de la rose des vents. L’inclinaison qui est comprise entre 70° et 80° (formations redressées) est diversement orientée. Au contraire de la direction et de l’inclinaison, le plongement n’est pas orienté dans un seul sens. De ce fait, les formations géologiques sont disposées en une succession d’antiformes et de synformes que l’on retrouve à plusieurs échelles. En effet, à Bongouanou, les pendages qui sont orientés soit vers l’Est soit vers l’ouest, constituent un pli. Observés à Agoua, les microplis sont fins et serrés. Par ailleurs, ils ont des axes parallèles qui définissent une linéation de crénelation (figure 7). La direction de la linéation est N125°. A Broukro, les veines de quartz N60° sont décrochées suivant un mouvement senestre par des fractures EO(figure 8).

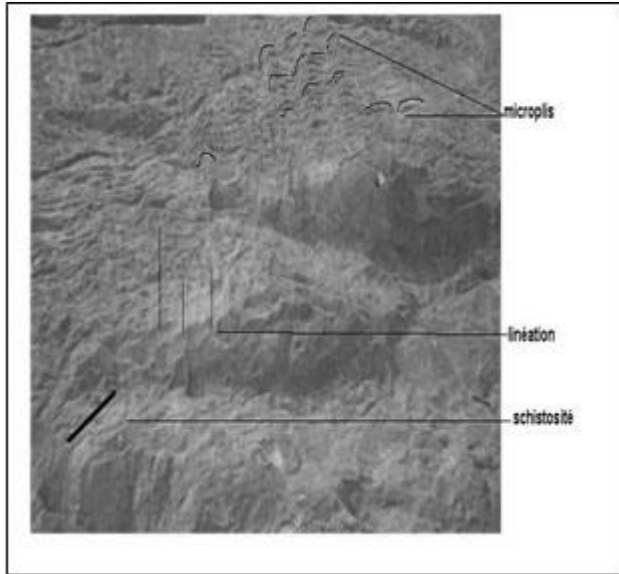


Figure 7 : Linéation de crénulation d'Agoua

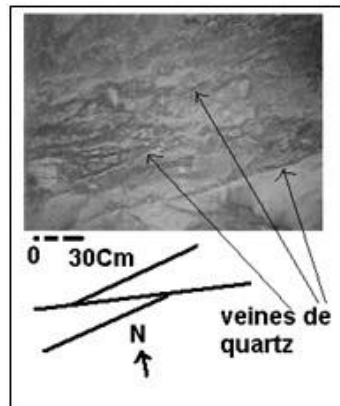


Figure 8 : Conjugaison des veines N60° et N90° à Broukro

Les données de terrain ont permis de faire les constats ci-après. La direction N30° correspond à la schistosité. La direction N 130° à l'affleurement correspond à la direction de la linéation de crénulation observée dans les schistes. Le caractère dominant de ces structures dans la cartographie linéamentaire s'explique par le fait qu'elles sont resserrées dans leurs dispositions et sont spécifiques aux schistes.

DISCUSSION

La trame linéamentaire obtenue a montré l'existence d'un grand nombre de linéaments dans l'Est montagneux. A ce sujet, la méthodologie a fourni les moyens pour réaliser une étude directionnelle des linéaments comme c'est le cas dans toutes les études de télédétection. Aussi la fiabilité de la méthode fut-elle établie. En effet, l'une des conditions d'applicabilité des pseudos images est l'existence d'un contexte montagneux. Cette observation est conforme aux travaux de Saley (2003) relatifs à l'efficacité de la substitution des images satellitaires par des pseudos images.

Les principales directions des linéaments (N130°, N30°) correspondent à la schistosité et à la linéation de crénulation, tandis que les directions secondaires (N60°, N160°) représentent la fracturation. Concernant la tectonique souple, les résultats actuels ont confirmé ceux de Delor et al (1995). Les directions et les inclinaisons de la schistosité correspondent en effet à celles de Delor et al (1995). A ce niveau, le principal apport se trouve être le caractère régional non révélé à ce jour des dites structures. La fréquence élevée de ces structures de la tectonique souple dans la trame linéamentaire est liée à la nature des formations schisteuses microplissées qui induisent une linéation de crénulation. Ces formations s'altèrent rapidement à même le sol. Cet effet est responsable de la rareté des affleurements qui dans un tel cadre ne s'observent que les ruptures de pente comme l'on indiqué auparavant Bessoles (1977) et Biémi (1992). La vérité-terrain établit que la majorité des structures observées indiquent une tectonique souple. Les dispositions des blocs de linéaments avec des décalages peuvent être interprétées comme étant des produits de la fracturation. La présence d'indicateurs senestres et dextres permet de suspecter un phénomène en compression.

A propos de la fracturation, le remplissage est assuré par des veines de quartz. Les décrochements sont senestres. Les fractures N 60° appartiennent au système régional qui est l'accident de Dimbokro-Gagnoa. La direction N160° est également une direction régionale de la fracturation avec des décrochements de grande amplitude qui rappelle les fractures postérieurs à l'éburnéen. Cette interprétation s'intègre parfaitement dans la caractérisation des formations précambriennes de l'Afrique de l'Ouest faites par Bessoles (1977). Ces résultats sont conformes aux travaux antérieurs de Soro (1987), Biémi (1992), Kouamelan (1996) et Jourda (2005) relatifs à la fracturation dans l'ouest africaine. En effet, Les structures N130° (microplissement) et N60° (veines de quartz) de la région d'étude sont bien connues dans le contexte structural ivoirien.

CONCLUSION

L'exploitation du MNA pseudos images a confirmé les directions structurales majeures (N30°, N130°, N160° et N60°) auparavant décrites, en Côte d'Ivoire en général et sur l'indice d'or "Baoulé-Est" en particulier. Les linéaments ont été formellement identifiés comme étant la schistosité N30° et la linéation de crénelation N130°. Leurs dispositions suggèrent l'existence d'une fracturation avec une prééminence des décalages senestres qui, toutefois sont associés aux décalages dextres. Cette disposition propre aux phénomènes compressifs a été validée sur le terrain par les rares affleurements. En se référant à ces résultats, il est possible d'affirmer que les MNA pseudos images sont des outils fiables pour la cartographie structurale dans les régions où les affleurements sont rares. Ils vont contribuer à une réorientation des travaux de prospection minière par la prise en compte dans un contexte structural compressif de décalages senestres suivant la direction N130°. En effet, la prospection de l'indice d'or "Baoulé-Est" qui, à ce jour n'a pas abouti, a toujours eu pour cibles, les structures N30°.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLOUCHE B. (2001). Généralités sur les MNT. www.certu.fr/geomat/
- ARNOULD M. (1961). Étude géologique des migmatites et des granites précambriens du Nord-Est de la Côte d'Ivoire et de la Haute Volta méridionale. Bulletin n°1, Direction de la Géologie et de la Prospection Minière, Abidjan, 175 p.
- BAUX C., CASSARD D. (1991). Identification des secteurs à vocation aurifères dans un couloir tectonique régional par interprétation de données satellitaires, géologiques, géophysiques intégrées dans un Système d'Information Géographique. L'exemple du cisaillement sud-armoricain. Chronique de la recherche minière, N° 505, 19-34.
- BESSELES B. (1977). Géologie de l'Afrique : le craton Ouest-africain. Mém. BRGM, France, N°88, 403 p.
- BIEMI J. (1992). Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahéliens du socle cristallin d'Afrique de l'Ouest : hydrostructurale, hydrodynamique et isotopie des aquifères discontinus des sillons et aires granitiques de la haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'état, Université nationale de Côte d'Ivoire, 479 p., 178 fig.
- DELOR C., SIMEON Y., KOUAMELAN A., PEUCAT J. J. (1995). Persistance de processus archaïques de création crustal au birimien (Paléoprotérozoïque) en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). Réunion des Sciences de la Terre. S. G. Fr., N°10.
- IVOIREGEO. (2002). Côte d'Ivoire géographie. www.africanchess.com

- JOURDA J.P. (2005). Méthodologies d'application des techniques de télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des aquifères fissurés d'Afrique de l'ouest. Concept de l'hydrotechnique spatiale. Cas de la zone test de Korhogo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat ès Sciences naturelles, Université de Cocody, Abidjan 402 p.
- KOUAMELAN A.N. (1996). Géochronologie et géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte D'Ivoire. Implications pour la transition Archéen-Protérozoïque. Thèse, Université de Rennes 1, 284 p.
- LACOMBE J.P. (2001). Initiation au Logiciel ENVI 3.2. Télédétection spatiale. Cahier de travaux dirigés. Ecole Normale Supérieure Agronomique de Toulouse, 87 p.
- LAVREAU J., TREFOIS F. (2002). La télédétection pour tous. www.télédétectionpourtous.ca
- POLIDORI L. (1995). Réflexions sur la qualité des modèles numériques de terrain. Bull. SFPT, N°139, 10-19.
- RAZACK M. (1982). A propos de la distribution des fractures : intérêt pour l'hydrogéologie des aquifères de fissures. C.R.Acad. Sc. Paris, SérII, t. 1291p.
- SALEY M.B. (2003). Système d'informations hydrogéologiques à référence spatiale, discontinuités pseudos images et cartographies thématiques des ressources en eau de la région semi montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse unique, Université de Cocody, 209 p.
- SCANVIC J.Y. (1983). Utilisation de la télédétection dans les sciences de la terre. Bureau de recherches géologiques et minières, Manuel et méthodes N°7.
- SORO N. (1987). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du Sud-Est de la Côte d'Ivoire (bassin versant de la Mé). Thèse de Doctorat 3è cycle, Université de Grenoble 1, Institut Dolomieu, 239 p.
- TAGINI B., GOBERT M. (1972). Carte géologique de la Côte d'Ivoire-SODEMI.
- VIDAL M., TEMPIER P. (1982). Sur l'importance de certains accidents dans le Birrimien du Nord-Est de la Côte d'Ivoire (Haute Comoé), Présenté oralement à la conférence de la géologie africain, Nairobi (Kenya), du 11 au 19 décembre.
- YACE I. (1976). Le volcanisme éburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne précambrienne de Fètèkro. Thèse Doct. Es sc Univ. Abidjan. 373 p.
- YACE I. (2002). Initiation à la géologie : l'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest. SODEMI, CEDA, 183 p.
- YESOU H., SAINT-JEAN R., PION J. C., et BESNUS R. (1993). Amélioration des données SPOT pour la cartographie structurale en milieu tropical. Exemple de la région des chapeaux de fer de Pagala (Togo). p. 143-164, in J.-M. M.