

Définition structurale des linéaments par traitement d'image satellitaire : cas du massif de Ngovayang (Sud Cameroun)

**François Bidzang NDONG^{1*}, Sylvestre Martial NTOMBA¹, Eric José MESSI², Divine OKIA³
et Joseph Ondo MVONDO²**

¹*Institut de Recherches Géologiques et Minières, 4110 Nlongkak, Cameroun*

²*Université de Yaoundé 1, Faculté des Sciences BP 912 Yaoundé, Cameroun*

³*ETS Geological Assistance, BP 31776 Yaoundé, Cameroun*

*Correspondance, courriel : fndongbidzang@yahoo.fr

Résumé

Le massif de Ngovayang représente un domaine clé dans la compréhension géodynamique de la bordure nord du Craton du Congo au sud du Cameroun. Les travaux de télédétection, couplés aux données antérieures de terrain ont permis l'extraction et l'interprétation des linéaments obtenus par images satellitaires aux confins de Lolodorf et Bipindi. La carte des linéaments ainsi obtenue montre sur le plan structural, 821 linéaments disposés suivant trois principales directions ; la direction NW-SE avec 68,4% de fréquence est liée à la foliation générale S_1/S_2 lors de la deuxième phase de déformation et à un système de plis dissymétriques qualifiés de plis d'accompagnement de la foliation (drap fold) ; La direction NW-SE avec 14,5% d'information représente l'ensemble des structures cassantes (fracture, diaclase, filon, paraclase) attribuée à la phase de déformation terminale D_3 ; la direction N-S avec 13,6% de fréquence, correspond à un système de grands décrochements transversaux senestres (faille et cisaillement), transition fragilo-ductile entre les deux dernières phases de déformation (D_2 et D_3).

Mots-clés : *craton du Congo, linéament, massif de Ngovayang.*

Abstract

Structural definition of lineaments by satellite image processing: case study, the Ngovayang Massif (South Cameroon)

The Ngovayang massif represents a key domain in understanding the geodynamics of the northern border of the Congo craton in South Cameroon. Remote sensing works coupled with previous field data have permitted the extraction and interpretation of lineaments obtained by satellite imagery on the border between Lolodorf and Bipindi. The lineament map obtained as well shows on the structural plane, 821 lineaments arranged following three principal directions ; the NW-SE strike with a 68.4% frequency is tied to a general foliation S_1/S_2 during the second phase of deformation and to an asymmetric fold system described as a drap fold ; the NW-SE direction with 14.5% information represents a body of fragile structures (fracture, diaclase, filon, paraclase) attributed to an upper (terminal) deformation phase D_3 ; the N-S strike has a frequency of 13.6%. This strike corresponds to trans-sinistral shear system, formed during the deformational (D_1 and D_2) phases.

Keywords : *Congo Craton, lineament, Ngovayang massif.*

1. Introduction

D'après les nombreux travaux de terrains (lithologique, structural, métamorphique, géochimique, géochronologique et géophysique), il est démontré que la chaîne de Ngovayang fait partie intégrante des formations éburnéennes de l'unité du Nyong au sud Cameroun (Manguelle Dicoum et al., 1992 [1]; Minyem, 1994 [2]; Mvondo Ondo, 2009 [3]; Nedelec et al., 1993 [4]; Nsifa, 1985 [5]; Penaye et al., 2004 [6]; Toteu et al., 1994 [7]; Ndong Bidzang et al., 2012 [8]). La carte géologique du SW Cameroun établie d'après ces études, montre une grande variété aussi bien dans sa composition lithologique que structurale. Les linéaments géologiques issus de cette carte sont constitués de linéaments liés au socle rocheux et aux accidents tectoniques. Ces derniers sont insignifiants et peu précis lorsque l'on ramène l'observateur à une échelle plus grande (1/50000 par exemple). Le problème majeur reste donc la corrélation de ces linéaments avec les éléments structuraux comme les failles, les fractures, les axes de plis, la foliation, les contacts lithologiques et les phases de déformation.

L'objectif de cet article est de donner une signification structurale par interprétation d'une carte de linéaments du massif de Ngovayang extraite par les méthodes de traitement d'image Landsat et Radarsat. La zone d'étude se situe entre les localités de Lolodorf et Bipindi au sud du Cameroun. Elle est délimitée par les latitudes $03^{\circ}10' - 03^{\circ}22'$ Nord et par les longitudes $10^{\circ}30' - 10^{\circ}40'$ Est (*Figure 1*). Elle est couverte par les feuillets topographiques Edéa NA-32XXIII-2A et Edéa NA-32XXIII-2C à l'échelle 1/50000. La surface de la région est dentelée de crêtes rocheuses discontinues de direction NE-SW (Drury, 1986) très accidentée. Elle présente un relief marqué, variant de 200 à 1200 m d'altitude. La région se situe dans le bassin versant de la Lokoundjé. Le réseau hydrographique est orienté N-S, NW-SE et NE-SW. La Lokoundjé reste le seul fleuve important de la région. Les aires d'affleurement rocheux (métabasites, pyroxénites, quartzites, formations ferrières) ne dépassent pas 25% ; conséquence d'une végétation très importante.

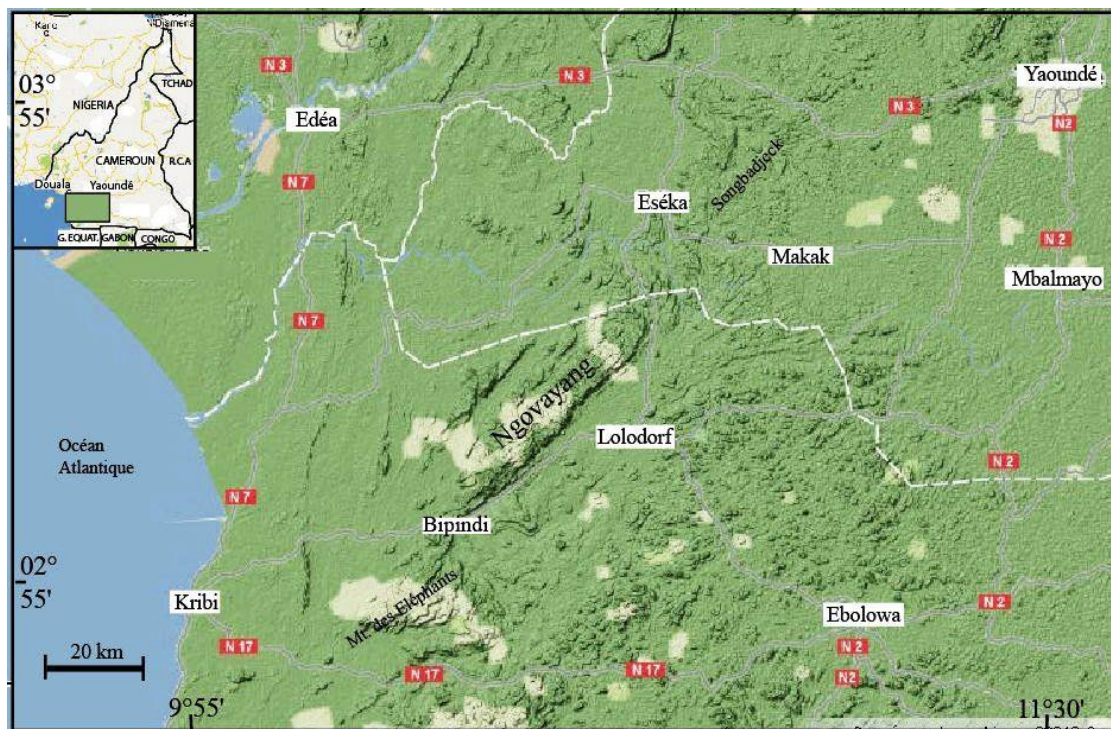


Figure 1 : Carte topographique du sud-ouest Cameroun d'après les données cartographiques Google 2012 Modifiée

2. Méthodologie

Les techniques de la télédétection améliorent la localisation des structures géologiques et permettent de cartographier les linéaments de façon raffinée et précise (Toutin, 1996 [9]). La localisation et l'extraction des linéaments se sont faites à partir du traitement d'image landsat ETM et radarsat. Le rehaussement d'image a été effectué à l'aide de composition colorée et d'analyse en composantes principales (Biémi, 1991 [10]). Le filtrage d'image a été faite à l'aide des filtres directionnelles 5x5 de Sobel et de filtres spatiaux 3x3 (Drury, 1986 [11]; Marion, 1987 [12]). Ces procédés nous ont permis d'établir à terme une carte de synthèse de linéament de la zone d'étude. La carte ainsi obtenue, a été superposée à la carte géologique à l'aide d'un SIG pour correction, corrélation et interprétation.

3. Résultats

La cartographie des linéaments réalisée dans la zone d'étude est basée sur le traçage direct des structures linéaires et circulaires sur les diverses images filtrées. La superposition des cartes de linéaments obtenues dans les trois directions (*Figures 2a, 2b, 2c*) nous a permis de réaliser la carte de synthèse des linéaments (*Figure 2d*). La carte de synthèse des linéaments représente l'ensemble des segments uniques résultants de la superposition de l'information continue dans les trois images filtrées. Elle regroupe au total 821 linéaments. Cette carte de linéaments apparait polymodale. En effet, elle nous révèle trois familles importantes d'orientation de linéaments soient NE-SW ($N23^{\circ}$ à $N67^{\circ}$); N-S ($N338^{\circ}$ à $N22^{\circ}$); et NW-SE ($N113^{\circ}$ à $N157^{\circ}$) (*Figure 3a*). L'orientation NE-SW est prédominante, regroupant en elle seule 68,4% de l'information. Les linéaments appartenant à la famille NW-SE regroupent 14,5% des fréquences. La famille N-S regroupe 13,6%. Quant aux autres directions, elles sont faiblement représentées, soit 3,5% (*Figure 3b*). On note également en direction NE-SW de la carte, une région à forte densité de linéaments, alors que dans les secteurs NW et SE de la carte, on note une faible représentation.

La carte géologique du SW-Cameroun montre une grande variété aussi bien dans sa composition lithologique que structurale. Les linéaments géologiques, issues de cette carte sont constitués de linéaments liés au socle rocheux et aux accidents tectoniques (Minyem, 1994 [2]). Ces linéaments sont repartis selon trois directions.

- la direction NE-SW la plus importante est la direction d'orientation de la foliation générale,
- la direction NW-SE est attribuée à la fracturation générale,
- la direction N-S est responsable des grands décrochements.

Les trois directions d'orientation des linéaments géologiques se retrouvent également au niveau des données d'images satellitaires.

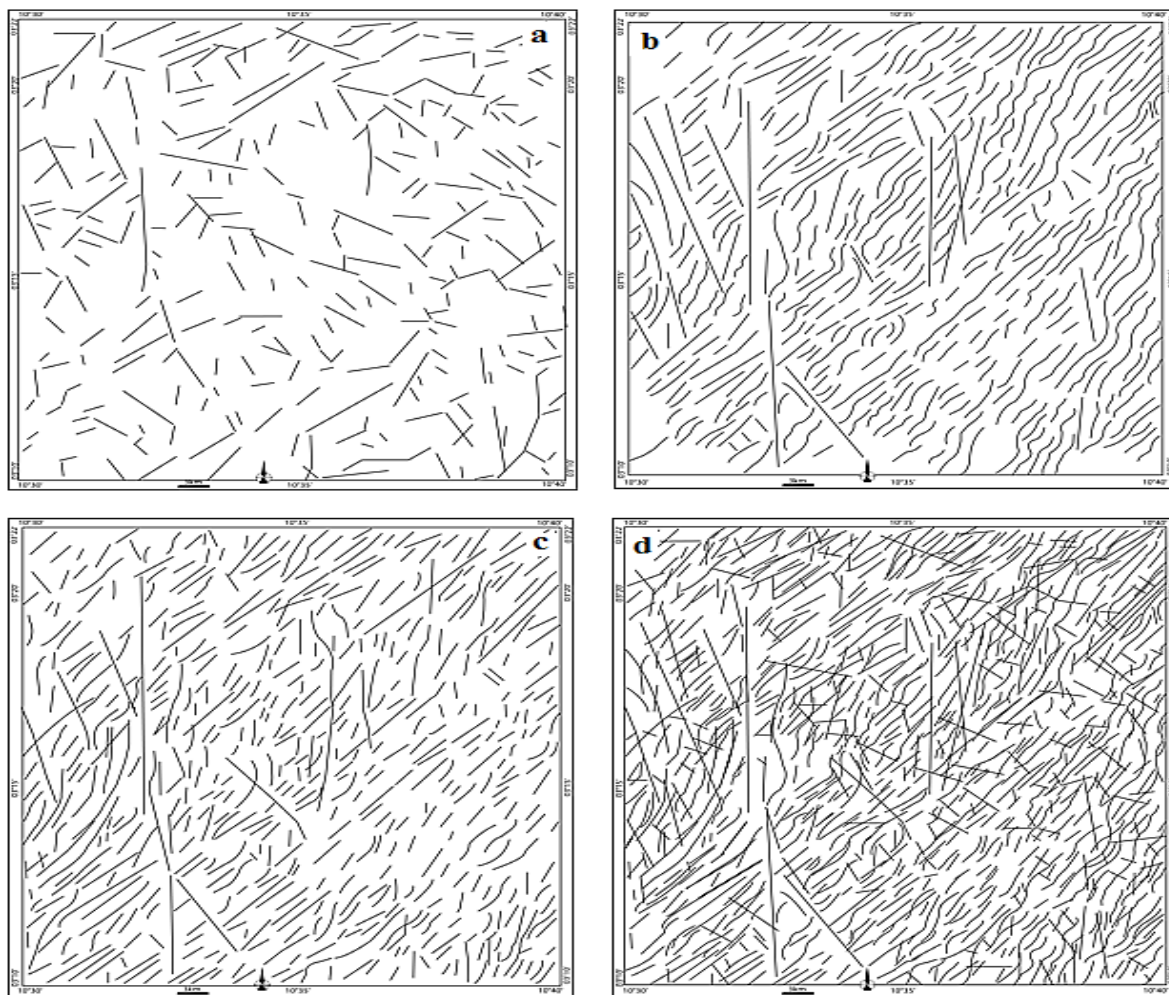


Figure 2 : Image issue du rehaussement et du filtrage directionnel ((a – NO ; b –SO ; c – S ; d – carte de synthèse de linéaments))

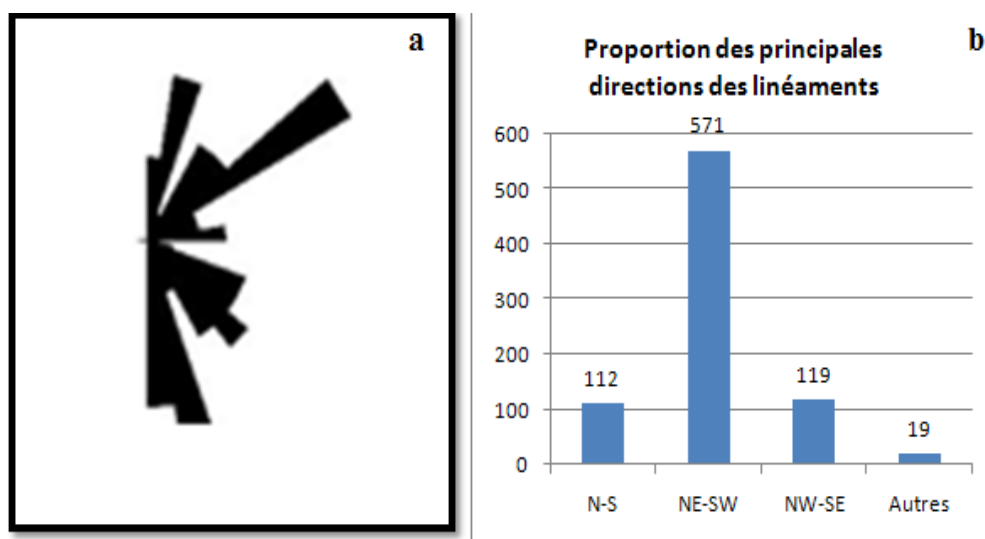


Figure 3 : Rosace (a) et histogramme (b) des directions principales des linéaments

4. Discussion

La superposition des données d'images satellitaires et des données de la carte géologique permet d'identifier un certain nombre de linéaments tracés comme étant la foliation générale (S_1/S_2), failles, décrochements, pli reconnu sur le terrain. Il ressort de cette analyse que la direction préférentielle NE-SW représentée dans la zone entière, serait liée à la foliation générale S_1/S_2 lors de la deuxième phase de déformation et à un système de plis dissymétriques à plongement NW qualifiés de plis d'accompagnement de la foliation (drap fold) reprenant ainsi la foliation S_1/S_2 lors de la phase de déformation D_3 (Mvondo Ondo, 2009 [3]). La direction NW-SE représente l'ensemble des structures cassantes (fracture, diaclase, filon, paraclase) attribuée à la phase de déformation terminale D_3 ; quant à la direction N-S, elle correspondrait à un système de grands décrochements transversaux senestres (faille et cisaillement), transition fragilo-ductile entre les deux dernières phases de déformation (D_2 et D_3). Ces linéaments issus de l'image satellitaire sont souvent parfaitement superposés ou légèrement décalés par rapport aux éléments structuraux du terrain ou encore sont dans le prolongement de ces derniers. Etant donnée la précision de l'image satellitaire (inférieur à 70m, de l'ordre de deux pixels), ce décalage entre les linéaments satellitaires et géologiques peut s'expliquer d'une part, par le géocodage (Toutin, 1998 [13]) et le rééchantillonnage qui introduisent de l'imprécision dans l'image traitée (Moore et Frédérick, 1983 [14]). D'autre part, les cartes géologiques de compilation introduisent de l'imprécision par l'interprétation des contacts, les changements d'échelle (et parfois de changement de projection) et la largeur des lignes.

L'observation de la carte de linéaments géologiques, permet de constater également une tendance NE-SW dans l'orientation des structures souples (foliation, plis). Au NW et SE de la carte, on a plutôt une tendance fragile à fragilo-ductile dominé par les fractures, failles, décrochement et cisaillement. Cette constatation confirmerait la répartition des éléments structuraux selon deux secteurs tectoniques d'apparence morphologique différente : l'axe NE-SW représentant l'étirement de la chaîne dominé par les structures souples et l'axe NW-SE représentant la compression dominé par les structures fragiles. Il faut noter que l'orientation préférentielle NE-SW remarquée par l'image satellitaire (64,5%) s'avère être également celle des linéaments liés au socle rocheux (Saint-Jean, 1991 [15]). De ces analyses, il ressort que nous pouvons associer une bonne partie de nos observations à des structures déjà existantes avec une plus grande précision.

5. Conclusion

Le but de ce travail était d'apporter une compréhension structurale du massif de Ngovayang à travers l'étude des linéaments obtenus par traitement d'images satellitaires. L'approche méthodologique simple basée sur l'utilisation d'image corrigée géométriquement, le rehaussement d'image et le filtrage directionnel a permis l'élaboration d'une carte de linéaments précise et raffinée de ce massif. L'analyse statistique des linéaments à l'aide des rosaces directionnelles a démontré une répartition particulière de l'orientation de ces derniers selon la direction préférentielle NE-SW avec 64,5% de fréquence. La confrontation de ces résultats avec les données géologiques à partir d'un SIG a permis de faire un lien géologique entre les différents éléments et faciliter leur interprétation.

Références

- [1] - E. Manguelle-Dicoum, A.S. Bokosah, T.E. Kwende-Mbanwi. Geophysical evidence for a major Precambrian schist-granite boundary in southern Cameroon. *Tectonophysics*. 205 (1992) 437-446.
- [2] - D. Minyem. Contribution à l'étude métamorphique et structurale du secteur Eséka-Makak (Cameroun, Département du Nyong et kéllé). Université de Yaoundé I, Thèse de 3^e cycle de géologie, (1994) 166p.
- [3] - .O. Mvondo Ondoa. Caractérisation des évènements tectoniques dans le domaine sud de la chaîne panafricaine au Cameroun : styles tectoniques et géochronologie des séries de Yaoundé et de Bafia. Université de Yaoundé I, Thèse de Doct/Ph.D de géologie, (2009), 170p.
- [4] - A. Nédélec, D. Minyem, P. Barbey. High P—High T anatexis of Archean tonalitic grey gneisses: the Eséka migmatites, Cameroon. *Precambrian Research* 62 (1993) 191—205.
- [5] - E.N. Nsifa. Analyse structurale de la région du Rocher du Loup, Sud-ouest Cameroun. 110^{ème} Congrès des Société Savantes, Montpellier 4 (1985) 41—52.
- [6] - J. Penaye, S.F.Toteu, R.Tchameni, W.R.Van Schmus, J. Tchakounté, A. Ganwa, D. Minyem, E.N. Nsifa. The 2.1Ga West Central African Belt in Cameroon: extension and evolution. *Journal of African Earth Sciences* 39 (2004) 159—164.
- [7] - .M. Toteu, W.R.Van Schmus, J. Penaye, J.B. Nyobe. U-pb and Sm-Nd evidence for Eburnian and Pan-african high-grade metamorphism in cratonic rocks of Southern Cameroon. *Prec. Res* 67 (1994) 321-347.
- [8] - F.N. Bidzang, M.S. Ntomba, O.J. Mvondo. Deformation et métamorphisme dans la partie centrale de la chaîne de Ngovayang (sud Cameroun). *Afrique Science* 08 (3) (2012) 42-50.
<http://www.afriquescience.info>
- [9] - T. Toutin. La correction géométrique rigoureuse: un mal nécessaire pour la santé de vos résultats. *Journal canadien de télédétection*, Vol. 22(2) (1996) 184-189.
- [10] - J. Biémi. Géologie et réseaux de linéaments, région du bassin versant de la Marahoué, Côte d'Ivoire : cartographie à l'aide des données Landsat-TM et du champ magnétique total. *Télédétection et gestion des ressources*. Paul Gagnon (éd), Association québécoise de télédétection. 7 (1991) 134-145.
- [11] - S.A. Drury. Remote sensing of geological structure in temperate agricultural terrain. *Geological magazine*. 123(2) (1986) 113-121.
- [12] - A. Marion. Introduction aux techniques de traitement d'image. Paris, Editions Eyrolles, (1987) 278p.
- [13] - T. Toutin. Evaluation de la précision géométrique des images de radarsat. *Journal canadien de télédétection*, 24(1) (1998) 80-88.
- [14] - G.Moore and W.Frederick. Objective procedure for lineament enhancement and extraction. *Photogrammetrie engennering and remote sensing*, 49 (1983) 461-647.
- [15] - R. Saint-Jean . Analyse structurale et lithologique d'une image radar en bande c, région de l'Iniet de Bathurst, T.N.O. (Nunavut) Canada. Université de Sherbrooke Mémoire de Maîtrise de géographie, (1991) 109p.