

## **Utilisation des modèles numériques de terrain (MNT) SRTM pour la cartographie des linéaments structuraux : Application à l'Archéen de Mezesse à l'est de Sangmélina (Sud-Cameroun).**

### **Application of (MNT) SRTM numeric field models for mapping structural lineaments: application to the Mezesse Archean, East of Sangmélina (South Cameroon).**

AKAME Joseph Martial<sup>\*1,3</sup>, MVONDO ONDOA Joseph<sup>1</sup>; OLINGA Jean Bosco<sup>2</sup>,  
ESSONO Jean<sup>1,3</sup> & MBIH Paul KEMENG<sup>1</sup>.

**Abstract :** The objective of this work is to test the use of numeric field models SRTM treatment in the mapping of structural lineaments in a small sector situated East of Sangmélina (South Cameroon). The techniques used (filtration, uplifting and slope analysis) permitted a good discrimination of discontinuous image (lineaments), as well as the realization of the lineation map. The results obtained were associated to bibliographic and field works. At the end, a structural map of the study area was established on the bases of the obtained results.

Key words: Mapping, MNT, SRTM, Lineaments, Sangmelima

**Résumé :** L'objectif de ce travail est de tester l'utilisation de traitements des modèles numériques de terrain SRTM pour la cartographie des linéaments structuraux dans un petit secteur situé à l'est de Sangmélina (Sud Cameroun). Les techniques de traitements utilisées (filtrage, rehaussements et analyse de pente) ont permis une bonne discrimination des discontinuités image (linéaments) ainsi que la réalisation de cartes linéamentaires. Cette dernière opération a été réalisée à l'aide d'observations de terrain et d'une revue de la littérature. Ainsi, une carte structurale thématique de la région d'étude a été établie.

Mots clés : Cartographie, MTN, SRTM, Linéaments, Sangmélina

### **INTRODUCTION**

L'analyse des linéaments représente une étape importante dans la cartographie géologique des domaines cratoniques et dans la prospection des ressources du sous-sol. Les linéaments sont des structures linéaires ou curvilignes souvent associées à des éléments géomorphologiques et / ou à des structures tectoniques variées (EL HADANI, 1997). La cartographie par les méthodes classiques (suivi des failles sur le terrain, photographies aériennes selon le mode analogique) ne permet pas toujours d'identifier tous les linéaments existants.

Dans le secteur de Sangmélina, la détection des structures géologiques sur les photographies aériennes est rendue difficile par la présence d'une forêt dense et d'un épais profil latéritique. Ces éléments sont à l'origine de la rareté des affleurements qui constituent les principaux supports d'interprétation des linéaments. La combinaison de l'imagerie satellitaire et des observations de terrain constitue une approche pertinente pour l'identification et la cartographie des structures géologiques (OZER, 1989 ; DEROIN *et al.*, 1991). Elle permet, à une échelle régionale, de corréliser les mesures effectuées sur les différents affleurements rocheux et donc d'établir une interprétation de l'évolution structurale. L'importance de la corrélation des données multiéchelles et multisources pour les connaissances à la fois locale et régionale est soulignée par certains travaux de géologie structurale dont ceux de DEROIN & CHOROWICZ (1989) et de SAAIDI (1996).

Dans le secteur de Mezesse, affleurent des formations ferrifères associées aux roches vertes

---

<sup>1</sup>Département des Science de la Terre et de l'Univers, Université de Yaoundé I, BP.812, Yaoundé Cameroun.

<sup>2</sup>Institut de Recherche Géologique et Minière (IRGM), B. P. 4110 Yaoundé, Cameroun

<sup>3</sup>Ministère des Mines, Industrie et Développements Technologiques (MINMIDT)

\*Contact auteur : **Akame Joseph Martial**.

E-mail : akamejosephmartial@yahoo.fr/ [akamejosephmartial@gmail.com](mailto:akamejosephmartial@gmail.com);

Tel : (00237) 74 91 43 87 / 90 27 56 40

archéennes porteuses d'indice d'or. C'est ainsi que ces indices ont été choisis dans ce secteur témoin pour réaliser une étude test qui a recours à l'hydrographie et aux MNTS radars qui sont des méthodes d'analyse indirecte de la géologie structurale. En effet, dans les régions de craton, comme c'est le cas de notre zone d'étude, les cours d'eau et le relief portent l'empreinte de la tectonique régionale (HORTON, 1945; BESSOLES 1977; BIEMI 1992).

En précisant les traits structuraux du secteur de Mezesse et ses environs, la présente étude améliore la connaissance géologique de l'ensemble du domaine Archéen de Sangmélina. La méthodologie utilisée ainsi que les données de cartographie structurale dérivées constituent des outils de base importants en géologie appliquée, notamment pour une réévaluation des potentialités minières du secteur concerné.

## **PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET CONTEXTE GEOLOGIQUE.**

Le secteur étudié est situé à l'est de Sangmélina dans le sud Cameroun entre les latitudes 2°50' et 3°00' nord et longitudes 12°03' et 12°11' est (figure 1), où le climat est de type équatorial humide. Le relief forme une vaste pénéplaine d'où émergent localement une dizaine de sommets d'altitude variant de 850 m à 933 m, notamment dans le secteur est du domaine considéré. Ce dernier est en effet émaillé d'interfluves complexes à sommets multiples (nord et sud de Mekomo) et de trois reliefs circulaires à sub-circulaires d'alignement NO-SE ; par contre le massif de Mezesse forme un relief de base en forme de fer à cheval ouvert vers l'est et d'allongement NE-SO. Dans l'ensemble, le réseau hydrographique est du type dendritique serré à tendance perpendiculaire ; cependant il présente une tendance subparallèle lâche dans la partie aval du cours d'eau Fom à l'angle NE du secteur. Les trajectoires des cours d'eau des différents ordres présentent souvent des portions rectilignes relayées par des courbures, permettant ainsi de tracer des linéaments hydrographiques. Ceux-ci prouvent que le réseau hydrographique est ici à guidage structural.

Sur le plan géologique, la zone étudiée (figure 2) appartient à un vaste ensemble litho-structural d'âge Archéen à paléoproterozoïque (1,8 à 3,2 Ga ; LASSERE & SOBA, 1976 ; TOTEU *et al.*, 1994) connu sous l'appellation du complexe du Ntem. Ce complexe correspond à la marge septentrionale du Craton du Congo qui affleure en Afrique Centrale.

L'évolution archéenne du complexe du Ntem, dominée par le cycle orogénique libérien, débute par la mise en place, entre 3600 et 3300 Ma, des protholites des ceintures de roches vertes ; elle se poursuit par l'intrusion, entre 2900 et 2800 Ma, des roches de la suite tonalites-trondhjemites-granodiorites (TTG) charnockitique ou non, essentiellement sous forme diapirique au cours d'un épisode tectonométamorphique polyphasé D<sub>1</sub>-M<sub>1</sub> caractérisé par des structures verticales et un métamorphisme granulitique à amphibologique. La fin du cycle libérien est marquée entre 2600 et 2500 Ma par une migmatisation qui aboutit à la mise en place des granitoïdes potassiques d'origine anatectique (TCHAMENI 1997, SHANG 2001).

L'évolution paléoproterozoïque correspond au cycle éburnéen marqué par un épisode tectonométamorphique D<sub>2</sub>-M<sub>2</sub> avec des structures cisailantes, plus marqué à l'ouest du complexe du Ntem, la mise en place des syénites alcalines vers 2300 Ma et des dolérites vers 2100 Ma. Un métamorphisme du faciès amphibolite à granulitique est daté de +/-2050 Ma. Cet épisode paléoproterozoïque est clôturé vers 1800 Ma par des événements thermiques ou hydrothermaux (TOTEU *et al.*, 1994 ; TCHAMENI 1997; TCHAMENI *et al.*, 2000; TCHAMENI *et al.*, 2001).

Le cycle panafricain, très discret, se manifeste en bordure du complexe du Ntem, au contact avec le Groupe de Yaoundé par la mise en place d'une deuxième génération de dolérites vers 1000 Ma (VICAT *et al.*, 1996), des syénites à néphéline vers 570 Ma (TOTEU *et al.*, 1994) et d'un métamorphisme du faciès des schistes verts.

## **MATERIELS ET METHODES**

### **Données utilisées**

Pour notre étude nous avons utilisé une image SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de 90 m de résolution (Path: p184/SRTM\_ff03\_p184r058), une carte topographique à l'échelle 1/50000 (feuillé Djoum 3C, NA-33-XIII-3c ) acquise à l'ANAFOR et qui date de 1986, une carte topographique à l'échelle 1/200000 acquise à l'INC (Institut National de Cartographie) et datant de

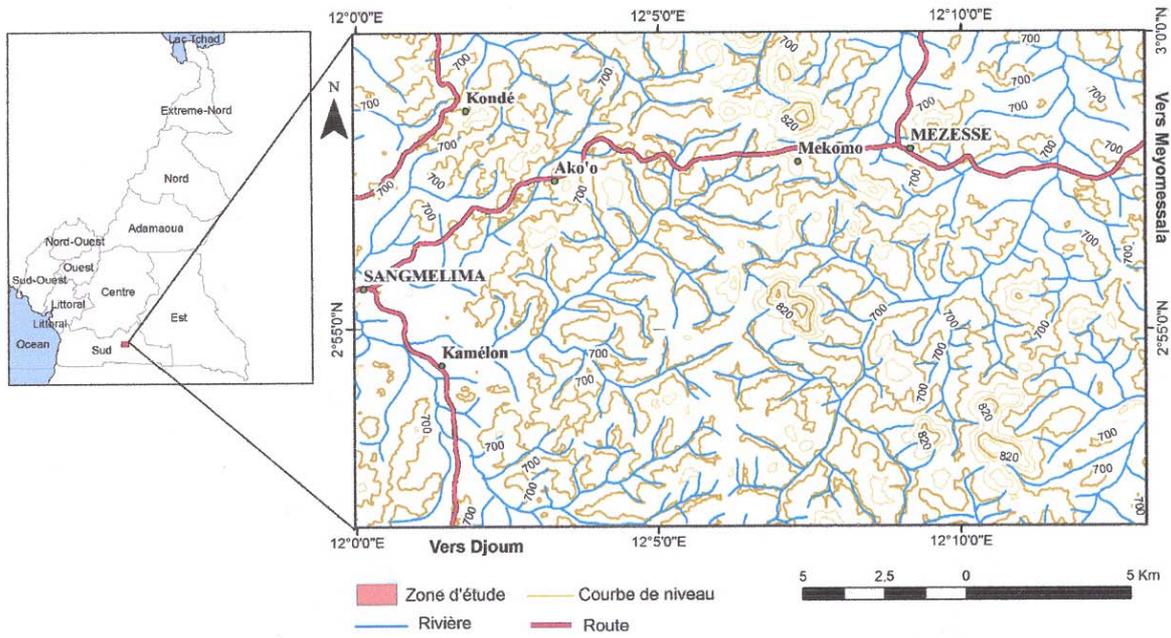


Figure 1 : carte de localisation du secteur d'étude

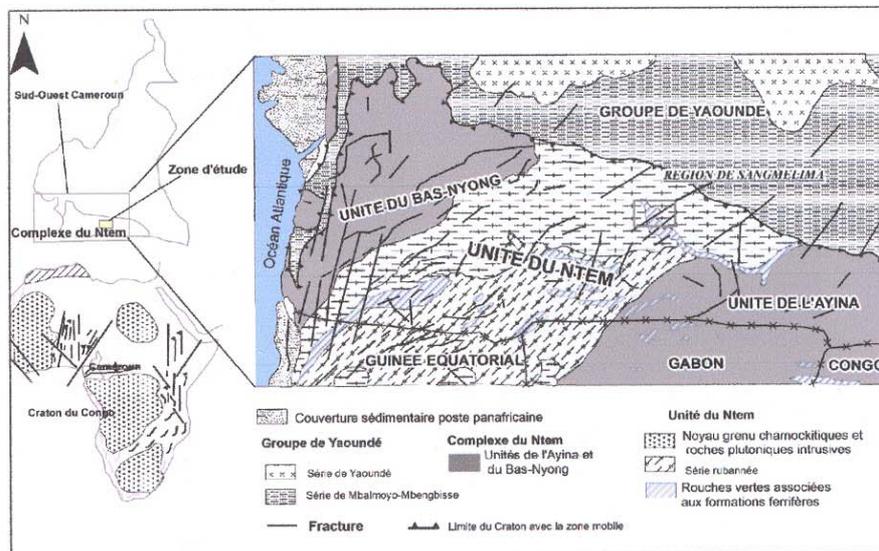
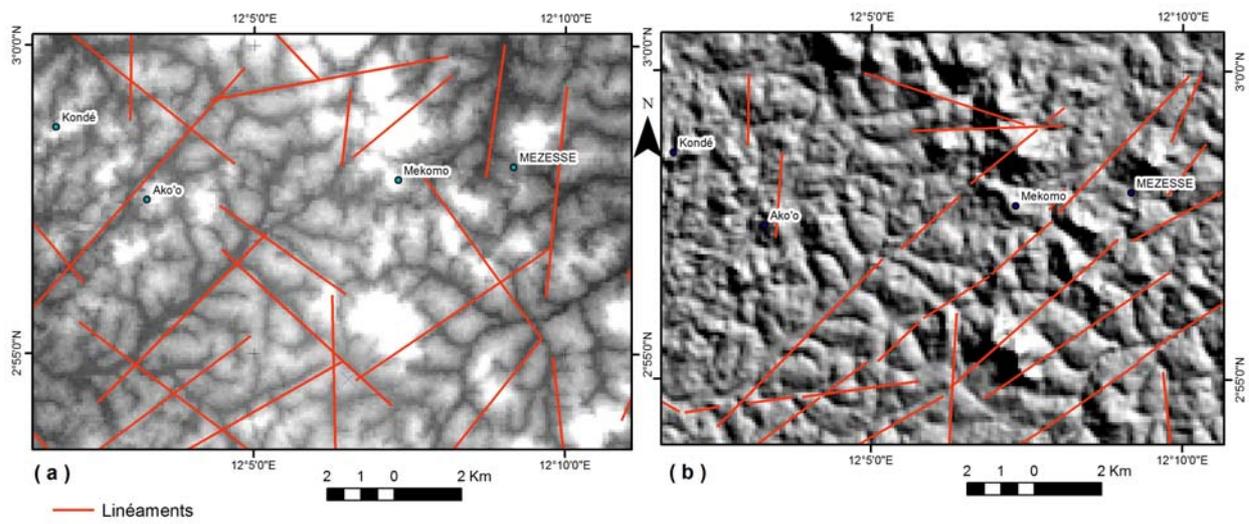
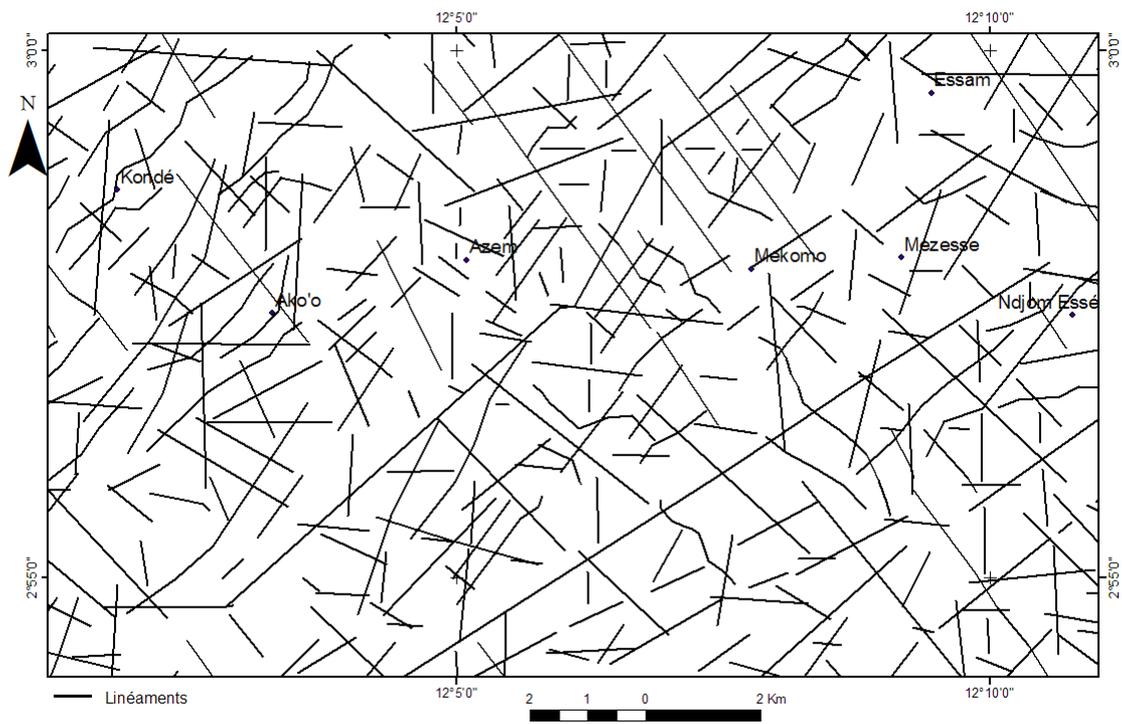


Figure 2 : Carte géologique du sud-ouest Cameroun (MAURIZOT *et al.*, 1986)



**Figure 3 :** Image SRTM filtrée (a) et rehaussée (b) sur laquelle les linéaments sont numérisés



**Figure 4 :** Carte des linéaments détaillés du secteur d'étude

1972, une carte géologique du secteur à l'échelle 1/500.000 (Sud-Ouest Cameroun ) de MAURIZOT *et al.*, 1986 et des données de terrain. Le traitement numérique des images a été réalisé à l'aide des logiciels de SIG et de télédétection libres.

## **Méthodes**

Les linéaments représentent des objets géologiques linéaires ou des alignements d'objets géologiques suffisamment proches, des discontinuités topographiques ou des structures géomorphologiques héritées d'anciennes topographies (YAO *et al.*, 2012). Les images SRTM sont des modèles numériques de terrain radar qui représentent explicitement les éléments physiques tels que le réseau hydrographique, les crêtes montagneuses, les ruptures de pentes, les accidents structuraux et leurs rejets apparents ou réels. Dans le cadre de ce travail, l'image est filtrée et rehaussée avec un azimut du soleil de 345, une altitude 45 avec un facteur d'élévation (*Z*) de 3 ; elle est aussi traitée dans « Surfer en mode shaded relief » ; ainsi les structures sont mieux visibles en fonction de l'orientation de l'azimut du soleil pour optimiser le nombre de linéaments. Cette technique permet de ressortir toutes les structures du sol qui correspondent aux linéaments. Au niveau du relevé des linéaments structuraux, deux approches méthodologiques sont à considérer selon KOUAME *et al.*, (1999). La première consiste à extraire de façon automatique les linéaments par morphologie mathématique (MOORE & WALTZ, 1983; BONN & RONCHON, 1992 cités par KOUAME *et al.*, 1999) ; la seconde, que nous avons utilisée, consiste en une extraction manuelle des linéaments par photo-interprétation (BIEMI *et al.*, 1991; SAVANE, 1997; KOUAME *et al.*, 1999; SALEY, 2003).

Les cartes géologique et topographique ont été géoréférencées dans le système de coordonnées géographique : GCS\_WGS\_1984. Ensuite, l'intégration de l'ensemble de données spatiales dans un SIG est une opération d'intégration de la géoinformation, qui permet une bonne validation des linéaments.

## **Validation de la carte des linéaments**

La vérité du terrain est le moyen le plus fiable pour procéder à la validation des cartes linéamentaires (KOUAME *et al.*, 1999). Les failles d'extension kilométrique ou hectométrique sont immédiatement reconnaissables sur le terrain selon LARSON (1977). Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé la carte géologique du SO-Cameroun (MAURIZOT *et al.*, 1986), la carte du réseau hydrographique et des données de terrain. Ces différentes informations ont servi de support pour valider la carte des fractures du secteur exploré. La démarche a consisté à identifier et à répertorier toutes les failles parallèles aux segments de cours d'eau rectilignes, à prendre en compte les linéaments identiques sur les différentes cartes, ensuite de les combiner avec les données de terrain à partir d'un logiciel de SIG. Cette méthode nous a permis de dresser une carte structurale du secteur à l'est de Sangmélina. Une carte détaillée des linéaments peut être ainsi utilisée en hydrogéologie pour la réalisation de forages villageois, pour la prospection minière et pour une meilleure interprétation des structures géologiques observées sur le terrain. Ce qui ne manque pas d'intérêt, du fait que la zone d'étude est riche en minéralisations de fer et que des indices d'or y sont aussi signalés.

## **RESULTATS ET ANALYSE**

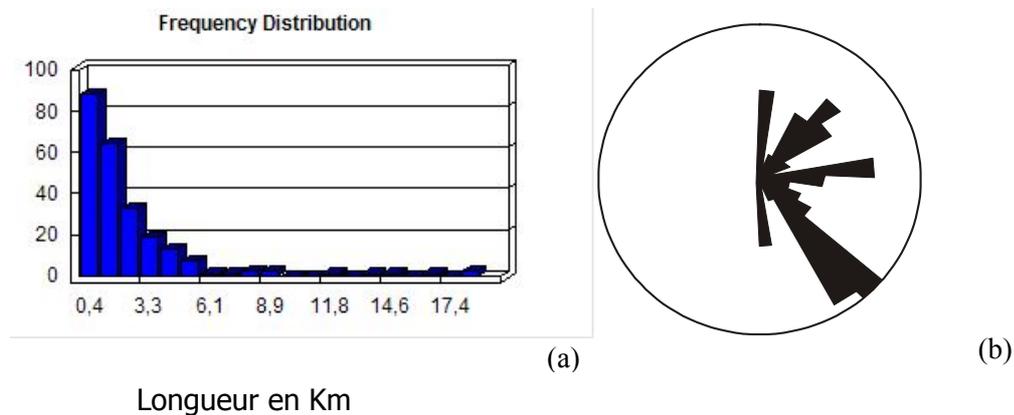
### **Cartographie des linéaments**

En ce qui concerne notre étude, l'objectif est la détection de toutes les structures linéamentaires pouvant influencer de façon significative l'ensemble de la fracturation de la zone d'étude. Tous les filtres appliqués ont eu pour but de rehausser certaines caractéristiques de l'image. Les différents résultats présentés à la figure 3 rehaussent d'une manière plus ou moins nette les linéaments du secteur.

### Analyse statistique des réseaux linéamentaires.

Le nombre de linéaments consignés sur la carte de la figure 4 s'élève à 236 éléments structuraux, dont la taille varie de 0,438 km à 18,531 km, avec une longueur moyenne de 2,6 km sur le terrain. La longueur totale des linéaments cartographiés est d'environ 611,48 km. Le linéament le plus important (18,53 km de longueur) traverse diagonalement la zone d'étude dans la direction ENE-OSO en passant au nord de Ndjom Essé. Outre ce linéament, tous les autres ont une taille inférieure à 17 km. Comme l'illustre l'histogramme de la figure 5a, plus de 92 % des linéaments ont une taille inférieure à 5 km, seuls 1,3 % d'entre eux ont une taille supérieure à 10 km ; les petits linéaments sont ainsi les plus nombreux.

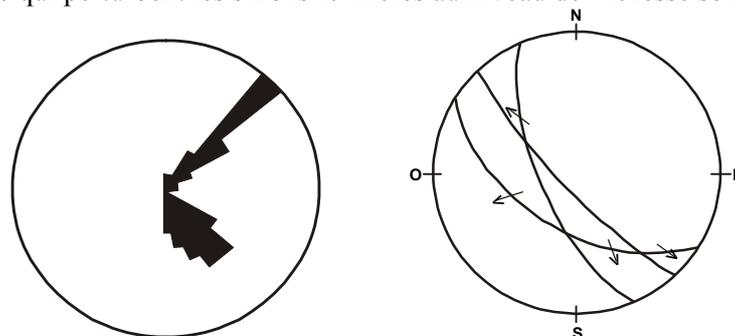
Selon leurs directions, les linéaments ainsi répertoriés sont regroupés en 18 classes directionnelles de 10 degrés d'intervalle. La rosace de leurs directions représentée à la figure 5b, met en évidence les directions préférentielles NO-SE à NNO-SSE, E-O, NE-SO et N-S.



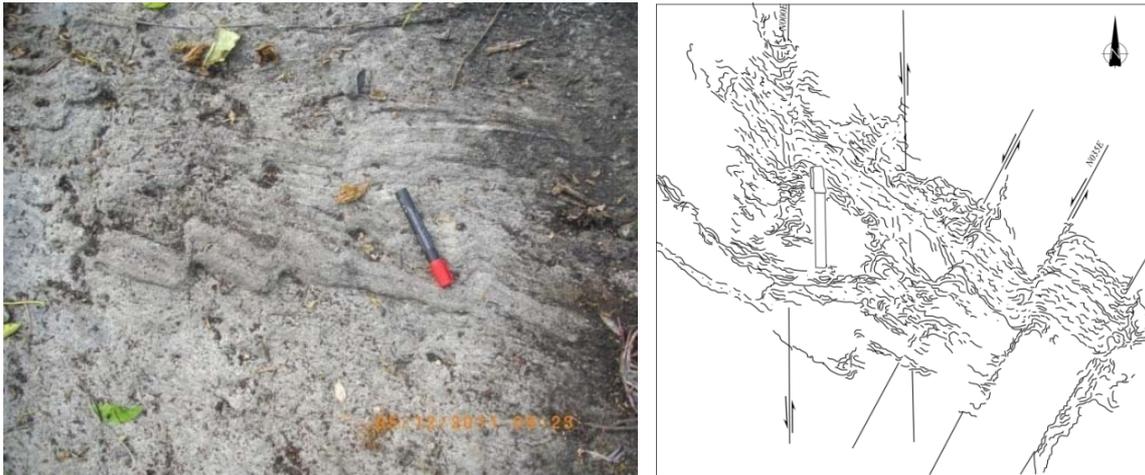
**Figure 5 :** (a) Histogrammes de distribution et des effectifs des linéaments regroupés en classe en fonction de leurs longueurs ; (b) Rosace de directions des linéaments extraites des images satellites.

### Signification structurale des linéaments

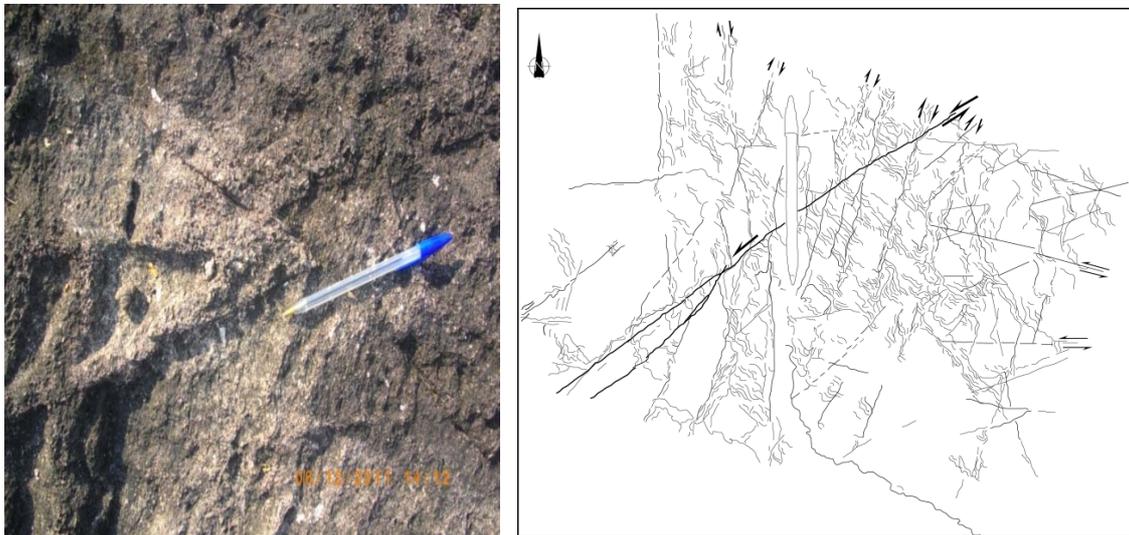
Couvrant le secteur d'étude, la carte géologique dressée par MAURIZOT en 1986 met en exergue des fractures (failles, décrochements...) de directions prédominantes N-S, NE-SO, E-O et NNO-SSE conformes à celles des linéaments identifiés sur l'image *SRTM*. Par ailleurs, les données de terrain collectées dans le cadre de la présente étude indiquent une foliation dont la direction oscille autour de NO-SE (figure 7a et figure 8). De plus, la structure foliale ainsi identifiée sur les images est relayée de manière synthétique de part et d'autre au contact de certains linéaments attestant ainsi leur nature décrochante de polarité de cisaillement dextre ou senestre (figures 7a, 7b et 8). Les linéaments de direction N-S, NE-SO et NNO-SSE correspondent parfois à des plans de cisaillement (figures 7a, b et 8) ou des fractures (faille) comme on peut le constater sur les figures 6 et 7c. Les décrochements transverses N035-56 qui perturbent les sillons ferrifères au niveau de Mezesse sont bien visibles sur



**Figure 6 :** Rosace de direction des fractures (G) et stéréogramme des plans de failles relevés sur le terrain (D)



**a** : Foliation rebroussée par des joints de cisaillement senestres de direction NNO-SSE à N-S et NNE-SSO observées au sein des granodiorites de la carrière de Mezesse.

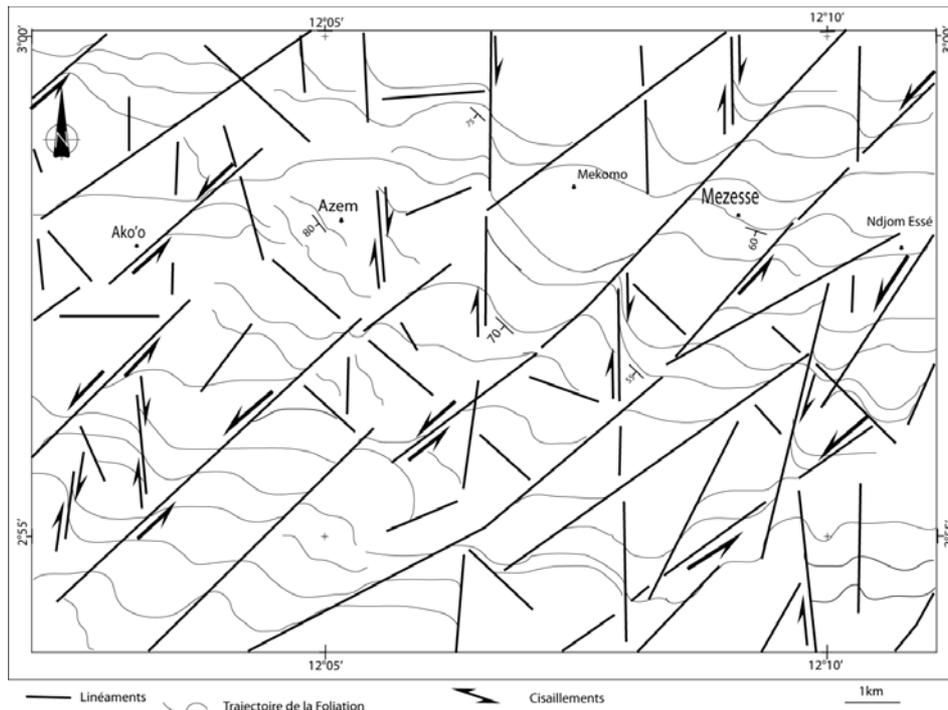


**b** : Joints de cisaillement Cn+1 dextrés et C(n+1)' senestres reprenant la foliation



**c** : A gauche, dyke de dolérite fracturé dans la direction N046E ; à droite, fracture N175E à remplissage filonien et recoupant le massif granodioritique de Mezesse de part en part.

**Figure 7:** Photos et illustration des structures observées sur le terrain.



**Figure 8:** Carte structurale thématique à l'Est de Sangmélina

les images et sur le terrain. La fourchette N120-155 est aussi soulignée par des plans de faille à pendages forts ( $55^{\circ}$ - $80^{\circ}$ ) vers SO comme indiqué par le stéréogramme de la figure 6D (droite). Elles portent sur leurs miroirs plusieurs générations de stries indiquant des mouvements obliques normaux dextres et surtout senestres normaux comme le montrent les graphiques de la figure 6. Cela prouve que ces failles ont joué plusieurs fois au cours du temps.

## CONCLUSION

La cartographie des structures linéaires d'un petit secteur situé à l'est de Sangmélina, dans le sud du Cameroun, a été contrainte à travers un couplage de MNT de type SRTM et les données dans un SIG. Les résultats montrent que cette zone a été affectée par une intense déformation cisailante. Cette dernière est reconnue dans toute l'Unité du Ntem. Outre l'ubiquité des structures ductiles (foliation, plis), une intense fracturation caractérisée par les décrochements transverses de Mezesse a affecté le substratum de cette région. Par ailleurs, ce travail a permis d'élaborer une carte détaillée de linéaments qui pourra être utilisée pour les campagnes de prospection minière ou hydrogéologique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BESSELES B., 1977. Géologie de l'Afrique: le craton Ouest-africain. Mém. BRGM, 403 p.
- BIEMI J., 1992. Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus des sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). *Thèse de Doct. d'Etat, Univ. Nat. Côte d'Ivoire*, 479 p.
- DEROIN, J.-P. & CHOROWICZ, J. 1989. Méthode d'établissement de cartes géologiques synthétiques à l'aide d'images SPOT: exemple du Bas-Languedoc méditerranéen, France. *Photointerprétation* : 53-59.
- DEROIN, J.-P., CHOROWICZ, J., TAMAIN, A. L. G., DEROIN, T., DUTARTRE, PH., MALON, J.F. & SCANVIC, J.Y. 1991. Combinaison d'images de télédétection et de données exogènes pour la compréhension

- géologique des paysages. Application à la cartographie lithologique et à l'analyse structurale en pays Cévenol (Massif Central français). *Bulletin de la Société française de photogrammétrie et de télédétection*, 122 : 53-57.
- EL HADANI, D. 1997. Télédétection et Systèmes d'Information Géographique pour la gestion et la recherche de l'eau. *Géo-Observateur. Les Rapports Thématiques*, 1 : 28.
- HORTON R., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrological approach to quantitative morphology. *Bull. Géol. Soc. Am.* : 56: 370.
- KOUAMÉ, K.F., GIOAN, P., BIÉMI, J. & AFFIAN, K. 1999. Méthode de cartographie des discontinuités-images satellitaires : exemple de la région semi-montagneuse à l'ouest de la Côte d'Ivoire. *Télédétection*, 2 : 139-156.
- LARSON I. 1977. Groundwater in hard rocks. International Seminar, groundwater in hard rocks. Stockholm. Cagliari (Italy).
- LASSERRE, M. & SOBA, D. 1976. Age libérien des granodiorites et des gneiss à pyroxènes du Cameroun méridional. *Bull. BRGM*, 2, 4 :17-32.
- MAURIZOT, P., FEYBESSE, J. K. JOHAN & LECOMTE P. 1986. ETUDE et prospection minière du Sud-Ouest Cameroun, synthèse des travaux de 1978 à 1985 . Rapport du Bureau de Recherche géologique et minière, 85, CMR066, 274 p.
- OZER, A. 1989. Ressources minérales et ressources en eau. L'apport de la télédétection dans le monde francophone. Télédétection en Francophonie. Ed. AUPELF-UREF : 117-123.
- SAAIDI, M. 1996. Combinaison de données multi-sources pour l'étude structurale du bassin de Guercif. Liens structuraux avec le Moyen Atlas (Maroc). *Photo-interprétation*, 89 : 98 p.
- SALEY M. B. 2003. Système d'informations hydrogéologiques à référence spatiale, discontinuités pseudo-images et cartographies thématiques des ressources en eau de la région semi-montagneuse de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doct. unique. Univ. Abidjan. 211 p.
- SAVANE I. 1997: Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des aquifères discontinus du socle cristallin d'Odienné (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Apport de la Télédétection et d'un système d'information hydrogéologique à référence spatiale. Thèse Doct. ès Sc. Nat. Univ. Abidjan 396 p.
- SHANG, C.K., 2001. Geology, Geochemistry and Geochronology of Archaean Rocks from the Sangmelima Region, Ntem complex, NW Congo craton, South Cameroon. Ph.D. Thesis, University of Tubingen, Germany, 313 p.
- TCHAMÉNI R., 1997. Géochimie et géochronologie des formations de l'archéen et du paléozoïque du Sud-Cameroun (groupe du Ntem. Craton du Congo). Thèse. Université d'Orléans, 335p.
- TCHAMÉNI R., MEZGER K., NSIFA E. N., & POUCKET A. 2000 Neoproterozoic evolution in the Congo Craton: Evidence from K rich granitoids of the Ntem complex, Southern Cameroon. *Journal of the Earth Sciences*, 30 : 113-147.
- TCHAMÉNI, R., MEZGER, K., NSIFA, N.E. & POUCKET, A., 2001. Crustal origin of Early Proterozoic syenites in the Congo craton (Ntem complex), South Cameroon. *Lithos*, 57: 23-42.
- TOTEU, S.M., VAN SCHMUS, W.R., PENAYE, J., NYOBE, J.B., 1994. U-Pb and Sm-Nd evidence for Eburnean and Pan-African high grade metamorphism in cratonic rocks of southern Cameroon. *Precam. Res.* 67 : 321-347.
- VICAT, J.P., LEGER, J.M., NSIFA, E., PIGUET, P., NZENTI, J.P., TCHAMENI, R., & POUCKET, A., 1996. Distinction, au sein du craton congolais du Sud-Ouest du Cameroun de deux épisodes doléritiques initiant les cycles orogéniques éburnéen (Paléoprotérozoïque) et panafricain (Néoprotérozoïque). *C.R. Acad. Sci. Paris, Série IIa*, 323 : 575-582.
- YAO, K. T., FOUICHE-GROBLA, O., YEI, O., M. & ASSOMA T. V. 2012. Extraction de linéaments structuraux à partir d'images satellitaires, et estimation des biais induits, en milieu de socle précambrien métamorphisé. *Revue Télédétection*, 10, 4 : 161-178

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement les experts anonymes qui ont rehaussés la qualité de cet article. Une profonde gratitude à *Sa Majesté ELOUMBA MEDJO* pour avoir financé notre campagne de terrain.

