

Apport des linéaments satellitaires pour la recherche des indices aurifères du massif éburnéen de Ngovayang au sud Cameroun (Craton du Congo)

[Contribution of satellite lineaments to search for gold showings of Eburnean massive Ngovayang south Cameroon (Craton of Congo)]

François Ndong BIDZANG¹, Eric José Ottou MESSI², Martial Sylvestre NTOMBA¹, Martial Joseph AKAM², and Joseph Mvondo ONDOA²

¹Institut de Recherches Géologiques et Minières, BP : 4110 Nlongkak Yaoundé, Cameroun

²Département des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Yaoundé 1. BP 812 Yaoundé, Cameroun

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Map satellite lineaments served as study support for gold geochemical sampling of Lolodorf region in the southern part of the Eburnean Ngovayang massif in Cameroon. This technique is a major step in the search for clues metal geological and mineral exploration fractured zones. 228 samples were analyzed and the levels vary from 301ppb to -2ppb. These results showed that the probability of greater than 10ppb levels, which may lead to a gold anomaly is 67.48% for areas where the concentration areas weaving lineaments are superimposed on high density areas lineaments, 2.31% for the concentration of intersection surfaces lineaments, 28.92% for areas located in the high density areas levels of lineaments and only 1.28% for areas located in isolated lineaments. This study confirms the hypothesis that the areas of intersections and high density of lineaments are directly related to high concentrations of geochemical elements and mineral deposits.

KEYWORDS: satellite lineaments, geochemistry of gold, Lolodorf, Eburnean Ngovayang massif.

RESUME: La carte des linéaments satellitaires a servi de support d'étude pour l'échantillonnage géochimique de l'or de la région de Lolodorf dans la partie sud du Massif éburnéen de Ngovayang au Cameroun. Cette technique constitue une étape majeure dans la recherche des indices métallifères en prospection géologique et minière des zones fracturées. 228 échantillons ont été analysés et les teneurs varient de 301ppb à -2ppb. Ces résultats ont montré que la probabilité de trouver des teneurs supérieures à 10ppb, susceptibles de conduire à une anomalie aurifère est de 67,48% pour des surfaces où les domaines à concentration d'entrecroisement des linéaments se superposent aux zones de densité élevées de linéaments, 2,31% pour des surfaces à concentration d'entrecroisement des linéaments, 28,92% pour des surfaces situées aux niveaux des zones de densité élevées de linéaments et seulement 1,28% pour des surfaces situées sur des linéaments isolés. Cette étude confirme l'hypothèse selon laquelle les zones d'entrecroisements et de densité élevées de linéaments sont directement reliées aux fortes concentrations d'éléments géochimiques et de gîtes minéraux.

MOTS-CLEFS: Linéaments satellitaires, géochimie de l'or, Lolodorf, Massif éburnéen de Ngovayang.

1 INTRODUCTION

La localité de Lolodorf a servi de cadre de travail pour la recherche des indices aurifères et ferrifères. La difficulté d'accès dans la zone suite à l'enclavement que connaît la région de Lolodorf en infrastructure routière, l'épaisse couverture pédologique de la région et la complexité structurale de ce massif ont amené les prospecteurs à trouver une nouvelle

technique d'échantillonnage des sédiments de ruisseau et sol pour la recherche des indices aurifères de cette localité. La technique traditionnelle d'échantillonnage basée sur la maille à un certain pas, a été remplacée ici par les techniques de la télédétection. Comme nous le savons de nos jours, le traitement des données satellitaires est devenu incontournable pour l'évaluation des ressources naturelles et la cartographie des états de surface. De nombreux travaux ([1], [2], [3]) ont montré comment la télédétection peut contribuer dans les investigations géologiques. Il a été montré que les images satellitaires contiennent des accidents géologiques qui ont un lien direct avec le débit des eaux souterraines [4]. Ces différents travaux ont contribué à la reconnaissance de l'importance des linéaments pour l'hydrogéologie.

Comme pour l'hydrologie, de nombreuses études ont montré que la télédétection a amélioré de façon significative les connaissances sur la localisation des zones à potentialité minière ([5], [6]).

La superposition des linéaments d'images satellitaires et des données géochimiques (Au, Cu, Zn, Pb, Ni, Ag et Cb...) provenant des sédiments des ruisseaux ont montré que ces derniers se situent dans des zones de concentration d'entrecroisements des linéaments [7]. Tout comme les données géochimiques, les gîtes minéraux sont essentiellement localisés dans la plupart des cas, dans les zones de densité élevées de Linéaments. Ces deux hypothèses ont servi de cadre de travail dans cette étude. Les objectifs de ce travail ont été dans un premier temps, de ressortir la carte des indices géochimiques probables et les gîtes minéraux probables issus de la carte des linéaments satellitaires de la zone d'étude [8]. Dans un second temps, de sortir une carte d'échantillonnage et en fin de comparer les résultats des analyses géochimiques par rapport aux différentes zones prélevées.

2 MATERIEL ET METHODE

La base de données cartographiques utilisée dans le cadre de cette étude comporte la carte des linéaments satellitaires de la localité d'étude [8], les carte géologiques établies au 1/500 000 pour les localités de Yaoundé Est [9], la feuille Edéa NA-32-XXIII au 200000^e et Edéa NA-32-XXIII2c au 50000^e. La carte photogéologique établie au 1/200 000 pour cette localité a également été utilisée. La carte des indices géochimiques probables et la carte des gîtes minéraux probables extraites de la carte des linéaments satellitaires ont été obtenues par les logiciels Map Info 8.5 et Global Mapper 12. La carte géomorphologie a été obtenue grâce au logiciel Surfer 11. La superposition de ces cartes a permis de lever les différents points d'échantillonnage. Pour des besoins de comparaison, les points d'échantillonnages ont été regroupés en quatre catégories :

- La catégorie A, concerne les points d'échantillonnage prélevés dans le domaine où les indices géochimiques probables tombent dans les zones des gîtes minéraux probables ;
- La catégorie B, concerne uniquement les points d'échantillonnage prélevés dans le domaine des zones de gîtes minéraux probables ;
- La catégorie C, concerne les échantillons prélevés uniquement dans les zones d'indices géochimiques probables ;
- La catégorie D, concerne les points d'échantillonnage prélevés en dehors des deux zones de catégories A, B et C.

Les échantillons de sédiments de ruisseau ont été prélevés sur le lit vif des ruisseaux tandis que les échantillons sol ont été prélevés sur terre ferme à une profondeur comprise entre 30 et 40 cm. Au total, 228 échantillons ont été analysés par le groupe ALS en Irlande par la méthode aqua regia par ICP-MS à la limite de détection de 0,0001ppm. Les résultats d'analyse ont été interprétés à l'aide du tableur Excel de Microsoft word 2007.

3 CADRE D'ETUDE ET CONTEXTE GEOLOGIQUE

La zone d'étude est située dans la région de Lolodorf au sud du Cameroun entre les latitudes 3°10' et 3°22' nord et les longitudes 10°30' et 10°40' est (Figure 1). Elle fait partie du complexe du Nyong dans la bordure nord du craton du Congo ([10], [11], [12], [13], [14], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20]). Sur le plan lithologique, le complexe du Nyong est constitué de TTG, anorthosites, charnockites, gneiss, migmatites, éclogites, métagabbros, quartzites et BIF ([21], [20], [21]).

Sur le plan structural, il est marquée par une phase de déformation D₂, qui reprend les anciennes structures EW libériennes D₁ [10], une foliation généralisée NE-SW, des cisaillements senestres subverticaux et une tectonique tangentielle à vergence sud-est, responsable de son chevauchement sur le complexe du Ntem ([22], [23], [15], [20]).

Il a fait l'objet d'une fracturation post-éburnéenne/transamazonienne réactivée durant l'orogénèse panafricaine [23].

À l'échelle du secteur d'étude, l'orogénèse éburnéenne est l'événement tectono-métamorphique majeur, qui a le plus affecté les formations paléoprotozoïques du massif de

Ngovayang dans la localité de Lolodorf. Deux grands ensembles lithologiques se distinguent :

- les granitoïdes pré à syntectoniques constitués de plusieurs unités pétrographiques (gneiss charnockitiques variés, amphibolo-pyroxénites, quartzites ferrugineux, amphibolites et gneiss +/- migmatitiques) ;
- les granitoïdes syntectoniques constitués essentiellement d'orthogneiss granitiques et secondairement de métasyénites à pyroxène et amphibole d'âge 2055 +/- 5Ma (Figure 1b).

Les travaux de recherche ([20], [8]) sur la tectonique de la région de Lolodorf montrent que celle-ci est complexe et caractérisée par plusieurs phases de déformations, à l'instar des autres régions de la bordure nord du craton du Congo.

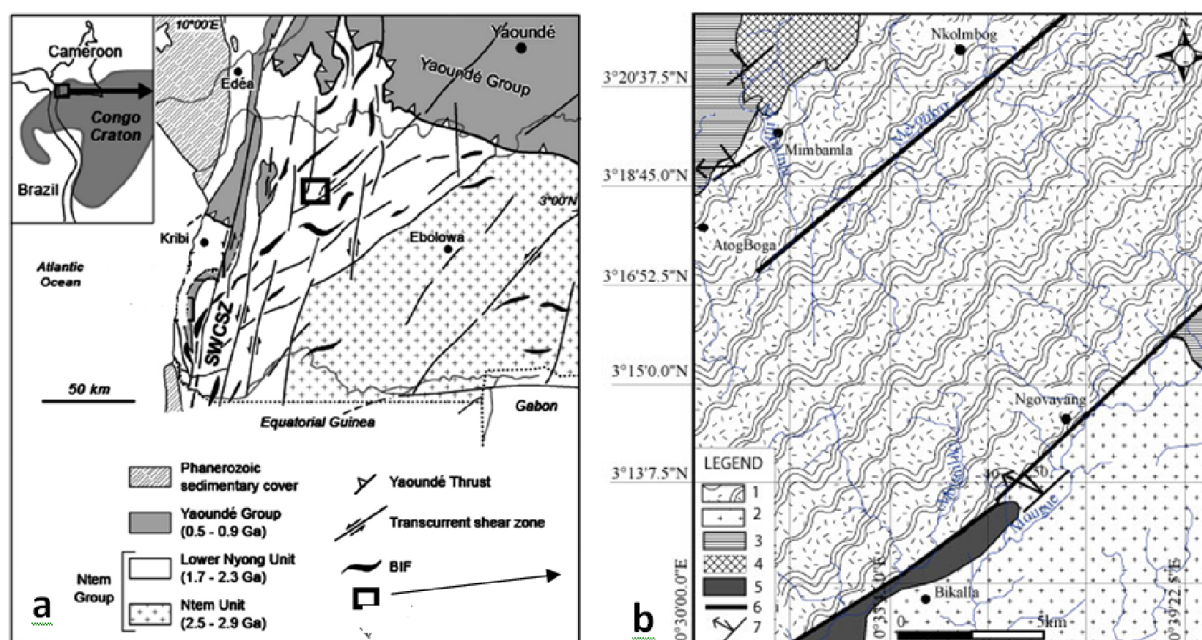


Fig. 1. (a) Esquisse géologique du sud ouest Cameroun montrant la zone d'étude; (b) carte géologique de la zone de Lolodorf; 1- gneiss charnockitiques variés, amphibolo-pyroxénites, quartzites ferrugineux; 2- orthogneiss granitiques; 3- gneiss +/- migmatitiques à amphibole +/- biotite +/- grenat +/- pyroxène; 4- métasyénites à pyroxène et amphibole (2055 +/- 5Ma); 5- amphibolites à grenat +/- pyroxène

4 RESULTAT

La figure 2a montre la carte des linéaments extraits des images satellitaires. Elle nous révèle trois familles importantes d'orientation de linéaments soient NE-SW (N023° à N067°) ; N-S (N338° à N022°) ; et NW-SE (N113° à N157°). L'orientation NE-SW est prédominante, regroupant en elle seule 68,4% de l'information. La superposition des linéaments d'images satellitaires et des données géochimiques (Au, Cu, Zn, Pb, Ni, Ag et Cb...) provenant des sédiments des ruisseaux nous montre que ces derniers se situent dans des zones de concentration d'entrecroisements des linéaments [7] Toute fois, l'observation de la figure 2b nous a permis de recenser 127 points d'indices géochimiques probables agencés selon des axes principaux N-S et NE-SW.

Tout comme les données géochimiques, les gîtes minéraux probables sont essentiellement localisés dans la plupart des cas soit, au niveau des zones de densité élevées de linéaments. Dans la partie nord-ouest et centrale de la carte, ces gîtes probables forment un nuage autour d'un axe orienté NE-SW (Figure. 2b).

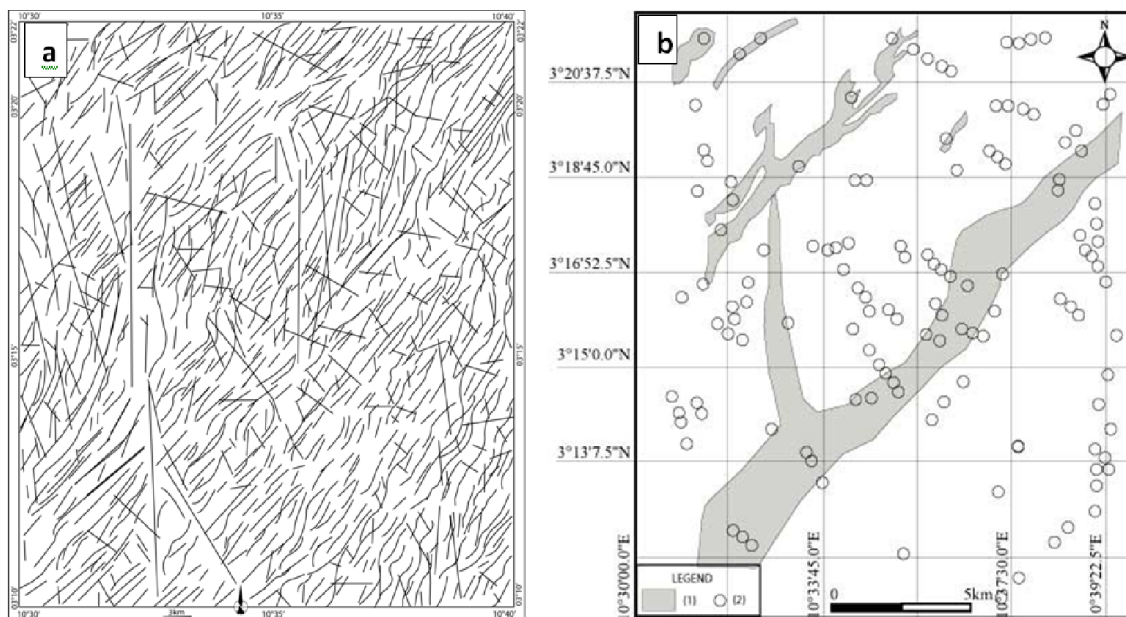


Fig. 2 : a) carte des linéaments issues des images satellitaires. b) carte des différentes zones probables de minéralisation ; (1) nuage de gîtes minéraux probables au niveau des zones de densité élevées de linéaments; (2) points d'indices géochimiques probables situés au niveau des zones de concentration d'entrecroisement des linéaments.

La figure 3 illustre les points d'échantillonnage des sédiments de ruisseau et des sols.

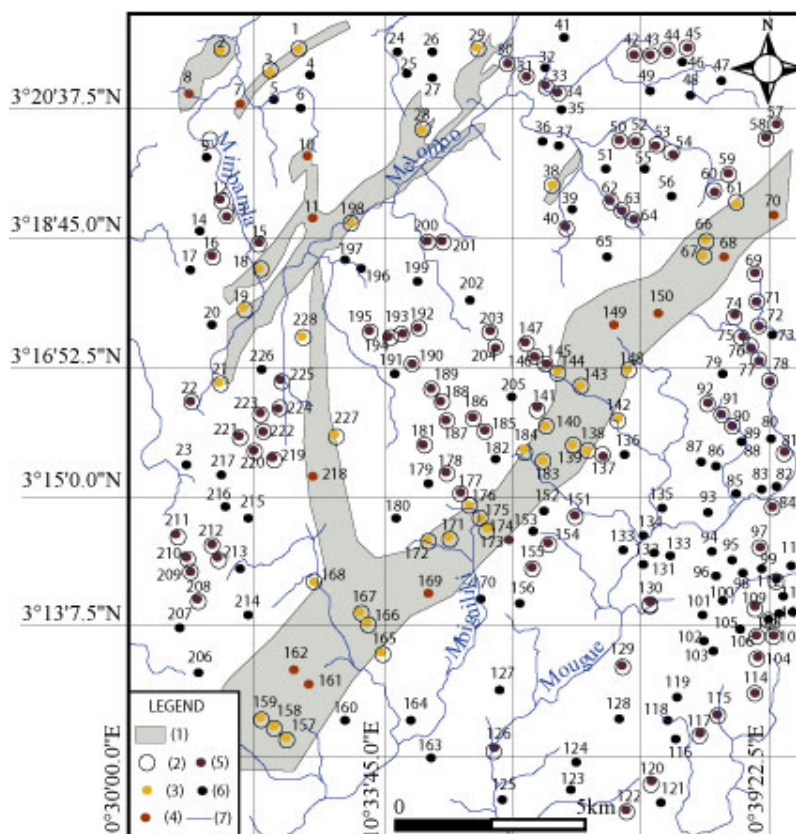


Fig. 3 : Carte montrant les positions des échantillons prélevés sur le terrain. (1) nuage de gîtes minéraux probables situés au niveau des zones de densité élevées de linéaments; (2) points d'indices géochimiques probables situés au niveau des zones de concentration d'entrecroisement des linéaments; (3) échantillons de catégorie A; (4) échantillons de catégorie B; (5) échantillons de catégorie C; (6) échantillon de catégorie D; (7) cours d'eau.

Il ressort de cette carte ;

- 36 échantillons prélevés dans le domaine où les indices géochimiques probables tombent dans le nuage des gîtes minéraux probables. Ces échantillons sont regroupés en catégorie A ;
- 12 échantillons prélevés uniquement le nuage des gîtes minéraux probables. Ils sont regroupés dans la catégorie B ;
- 90 échantillons prélevés uniquement dans les zones d'indices géochimiques probables. Ils sont regroupés dans la catégorie C ;
- et enfin, 90 échantillons prélevés uniquement en dehors des zones probables de minéralisation. Ces échantillons sont classés en catégorie D. soit un total de 228 échantillons prélevés et analysés. Chaque échantillon est reporté sur la carte par un point dont la couleur représente sa catégorie et affecté par son numéro d'analyse géochimique (jaune pour la catégorie A, rouge pour la catégorie B, marron pour la catégorie C et noir pour la catégorie D). Les résultats d'analyse sont regroupés dans le tableau 1. Il ressort de ces analyses que :
 - Les teneurs en Au varient de 355 ppb pour l'échantillon A175, à (-2) ppm pour l'échantillon D35 ;
 - La catégorie A présente des teneurs allant de 355 ppb à 4,94 ppb pour une moyenne de 42, 26 ppb (Figure. 4a) ;
 - La catégorie B présente des teneurs comprises entre 101 ppb et 3,32 ppb, soit une moyenne de 20,43 ppb (Figure.4b) ;
 - La catégorie C montre des teneurs situées entre 201 ppb et 0,5 ppb, soit une moyenne de 4,12 ppb (Figure. 4c) ;
 - La catégorie D nous donne des teneurs allant de 17 ppb à (-2) ppb avec une moyenne inférieure à 1 ppb (Figure. 4d).

Tab. 1 : Résultat des analyses géochimiques des 228 échantillons prélevés (Au Assay)

Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb	Sample	Au_ppb
A175	355	B161	101	C141	2	C213	1,2	D179	0,5	D100	0,3	D47	0,1
A174	204	B218	67	C220	2	C212	1,2	D206	0,5	D101	0,3	D48	0,1
A176	120	B169	42	C209	2	C90	1,1	D214	0,5	D135	0,3	D46	0,08
A158	105	B162	5	C210	2	C92	1,1	D207	0,5	D93	0,3	D49	0,05
A159	81	B149	4,2	C208	2	C76	1	D197	0,5	D132	0,3	D39	-2
A157	80,1	B150	4,1	C130	2	C69	1	D196	0,5	D134	0,3	D51	-2
A167	71,8	B10	4	C107	2	C78	1	D202	0,5	D131	0,3	D55	-2
A172	70,6	B68	4	C104	2	C75	0,9	D199	0,5	D118	0,3	D37	-2
A166	66,8	B70	3,7	C16	2	C72	0,8	D191	0,5	D128	0,3	D36	-2
A142	51	B11	3,4	C200	2	C74	0,8	D27	0,4	D119	0,3	D32	-2
A38	36,2	B8	3,4	C201	2	C71	0,8	D9	0,4	D163	0,3	D35	-2
A198	28,3	B7	3,32	C193	2	C30	0,8	D17	0,4	D4	0,3	D41	-0,1
A66	25,1	C177	201	C195	2	C59	0,8	D14	0,4	D25	0,3		
A67	25	C173	24	C192	2	C57	0,8	D20	0,4	D6	0,3		
A61	22	C185	8	C224	2	C64	0,8	D226	0,4	D5	0,3		
A144	21,4	C155	3	C22	2	C63	0,7	D73	0,4	D26	0,3		
A138	20,6	C151	3	C97	2	C62	0,7	D79	0,4	D24	0,3		
A139	11	C154	3	C60	2	C52	0,7	D136	0,4	D110	0,3		
A19	10,8	C189	3	C53	2	C54	0,7	D156	0,4	D105	0,3		
A228	10,3	C186	3	C122	1,9	C45	0,7	D127	0,4	D102	0,3		
A28	10	C188	2,8	C120	1,8	C58	0,7	D164	0,4	D121	0,3		
A1	8,4	C190	2,7	C115	1,8	C15	0,66	D160	0,4	D116	0,24		
A3	8,22	C12	2,4	C126	1,8	C13	0,64	D215	0,4	D82	0,2		
A140	8	C225	2,3	C129	1,8	C50	0,64	D217	0,4	D99	0,2		
A184	8	C222	2,3	C106	1,76	C34	0,6	D23	0,4	D111	0,2		
A183	7	C146	2,2	C109	1,7	C33	0,6	D216	0,4	D112	0,2		
A171	6,36	C204	2,1	C84	1,52	C44	0,6	D65	0,4	D113	0,2		
A165	6,16	C203	2	C81	1,5	C31	0,52	D56	0,4	D88	0,2		
A227	6,1	C145	2	C91	1,5	C43	0,5	D133	0,4	D83	0,2		
A168	6	C147	2	C77	1,4	C42	0,5	D87	0,4	D124	0,2		
A21	5,64	C114	2	C40	1,4	D182	17	D103	0,4	D85	0,2		
A18	5,5	C117	2	C194	1,4	D152	0,5	D108	0,36	D86	0,2		
A148	5,1	C178	2	C221	1,4	D170	0,5	D98	0,34	D123	0,2		
A143	5	C181	2	C223	1,3	D153	0,5	D95	0,3	D125	0,2		
A2	5	C187	2	C219	1,3	D205	0,5	D94	0,3	D89	0,16		
A29	4,94	C137	2	C211	1,2	D180	0,5	D96	0,3	D80	0,14		

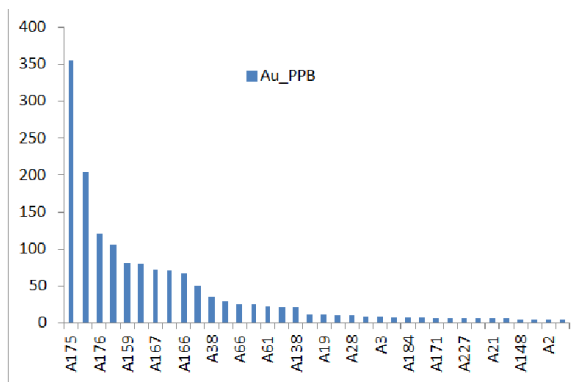


Fig. 4a : Histogramme des teneurs de la catégorie A

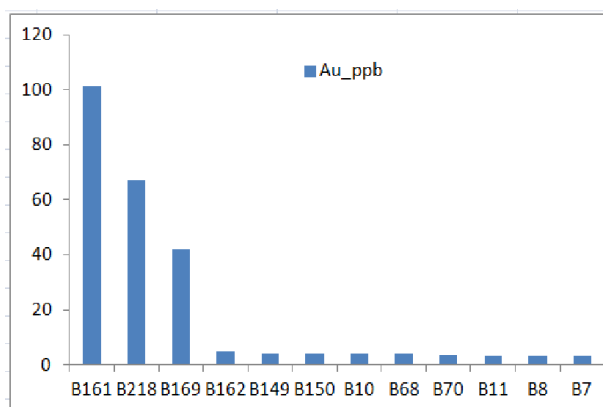


Fig. 4b : Histogramme des teneurs de la catégorie B



Fig. 4c : Histogramme des teneurs de la catégorie C

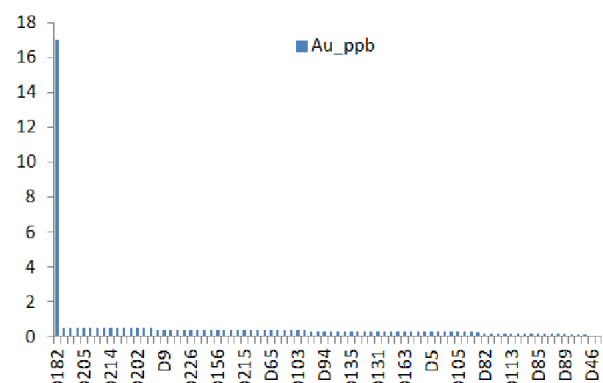


Fig. 4d : Histogramme des teneurs de la catégorie D

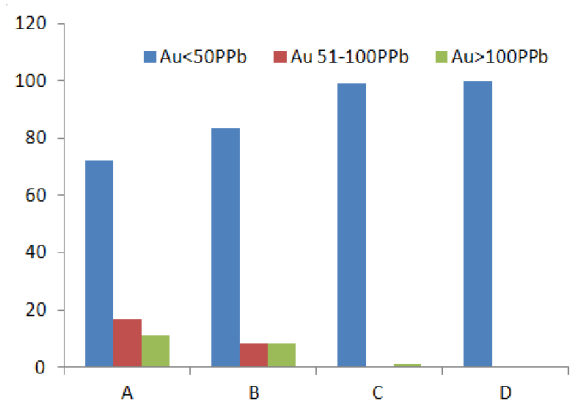


Fig. 4e : Histogramme des proportions de teneurs en fonction des catégories.

Tab.2 : Proportion des teneurs en fonction des catégories.

Catégorie	Au<50PPb	Au 51-100PPb	Au>100PPb
A	72,22	16,67	11,11
B	83,33	8,33	8,33
C	98,89	0	1,11
D	100	0	0

5 DISCUSSION

La carte des linéaments présente donc une utilité pour la prospection si on la considère sous cet aspect. C'est d'ailleurs un fait généralement admis en prospection minière que la proximité d'un linéament est un indice favorable tant à l'échelle régionale qu'à l'échelle locale, à l'intérieur d'une exploitation par exemple ([24], [25]). Le lien entre la présence d'un indice géochimique et la proximité d'un linéament semble bien exister d'après l'examen de la carte de la figure 3 et les résultats des analyses géochimiques. Tous les échantillons de la catégorie A qui représente le domaine où l'on est supposé rencontrer les gîtes minéraux semble confirmer cette hypothèse avec non seulement des teneurs élevées, mais aucun n'échantillon, peu importe le lieu prélevé à l'intérieur de l'une ou de l'autre zone n'est en deçà de 1 ppb. La catégorie A ; résultante des catégories B et C détient les teneurs les plus fortes parmi les échantillons analysés avec un pic à 301 ppb. Ces résultats montrent bien que les zones de fortes teneurs sont des zones où le domaine de concentration d'entrecroisement de linéaments (indice géochimique probable) se superpose au domaine de proximité de linéament (gîtes minéraux probables). Par soucis de comparaison, un nombre important d'échantillon a été prélevé en dehors des zones susceptibles de rencontrer des minéralisations. Soit un pourcentage de 80% sur les 228 échantillons analysés. Seul 2 échantillons montrent des teneurs supérieures à 1ppb. Le reste étant soit inférieur à 1ppb, soit à la limite de détection. Comme l'illustre clairement le tableau 2 et le diagramme de la figure 4e, la probabilité de trouver une teneur (>10ppb), susceptible de conduire à une anomalie aurifère est de :

- 67,48% pour des surfaces où les domaines à concentration d'entrecroisement des linéaments se superposent aux zones de densité élevées de linéaments;
- 2,31% pour des surfaces à concentration d'entrecroisement des linéaments ;
- 28,92% pour des surfaces relatives aux niveaux des zones de densité élevées de linéaments et
- 1,28% pour des surfaces situées sur des linéaments isolés.

Ces pourcentages peuvent avoir plusieurs explications ; nous allons évoquer ici le volet structural. Dans les milieux hyperfracturés où les linéaments satellitaires se superposent au linéaments géologiques comme dans le massif de Ngovayang [8], la minéralisation primaire est portée par les formations syntectoniques (concentrations liées au métamorphisme ou souvent à la déformation-cisaillement ductile) où se situent les échantillons de catégorie A et B. ainsi, les linéaments qui sont associés à ces catégories sont liés du point de vue tectonique, à la foliation générale exprimé du point de vue linéamentaire avec 64,5% d'information [8]. La catégorie C représente la minéralisation secondaire. Cette minéralisation, du point de vue tectonique, se rencontre au niveau des zones de fractures pleines et sécantes (veines, filon, zone de circulation de fluide) et s'expriment du point de vue linéamentaire par des zones de concentration d'entrecroisement de linéament. La catégorie D représente des linéaments qui ne sont pas liés soit au socle rocheux, soit ne sont pas d'origine tectonique d'où des teneurs très faibles. Ces linéaments peuvent représenter des fractures béantes, remplies par du matériel post orogénique, détritique et lessivé n'ayant aucune incidence sur la minéralisation. L'utilisation des linéaments satellitaires trouve son importance dans ce type de recherche mais elle nécessite au préalable, une bonne connaissance de la tectonique de la région. Nous avons abordé seulement le volet structural ici ; il serait important d'aborder d'autre volet comme la lithologie, la géomorphologie ou faire des comparaisons d'une telle étude avec d'autres régions du monde potentiellement aurifère avant d'asseoir définitivement des conclusions.

6 CONCLUSION

L'étude du massif de Ngovayang au sud du Cameroun, constitue une étape dans l'élaboration du projet cartographique minière du Cameroun qui a pour objectif de dresser des cartes géologiques et minière du Cameroun à une échelle de 1/200000. Les objectifs et les hypothèses ont été atteints dans la mesure où grâce aux techniques de la télédétection, nous avons montré qu'à partir d'une carte raffinée de linéaments, il était possible de fournir des informations sur sa signification géologique et structurale et son incidence sur la minéralisation. Les zones d'entrecroisements et de densité élevées de Linéaments sont directement reliées aux fortes concentrations d'éléments géochimiques et de gîtes minéraux.

REMERCIEMENT

Les auteurs voudraient remercier et témoigner leur reconnaissance aux instructeurs anonymes pour leurs critiques, commentaires et suggestions qui ont contribué à l'amélioration du présent document.

REFERENCES

- [1] J. Krishnamurthy, N.K. Venkatesa, V. Jayaraman and M. Manivel "An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and geographic information systems," *International Journal of remote Sensing* Vol. 10, n°. 17, pp. 1867 – 1884, 1996.
- [2] J.W. Lloyd "Water resources of hard rock aquifers in arid and semi-arid zones," UNESCO, Paris, 1999.
- [3] T. J. Jackson "Remote sensing of soil moisture: implications for groundwater recharge," *Hydrogeology journal* n.° 10, pp. 40-51, 2002.
- [4] N. Kresic "Remote sensing of tectonic fabric controlling groundwater flow in Dinaric carst," In: *Proceedings of the 10th Thematic Conference on Geologic Remote Sensing*, 9–12 May 1994, San Antonio, Texas, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, pp. 161-167, 1994.
- [5] S. Deslandes, and Q. H. J. Gwyn "Évaluation de Spot et Seasat pour la cartographie des linéaments : comparaison basée sur l'analyse de spectre de Fourier", *Journal canadien de télédétection*, vol. 17, no°. 2, pp. 98-110, 1991.
- [6] G. Pouliot "Intégration de données satellites dans l'évaluation de cibles de prospection minière dans la bande volcano-sédimentaire Ascot-Weedon, Cantons de l'Est, Québec", *Mémoire de maîtrise*, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 64 p, 1987.
- [7] L. Coulibaly "Interprétation structurale des linéaments par traitement d'image satellitaire : cas des sous provinces d'Abitibi et d'Opatika (Québec)", *Mémoire de maîtrise* Université de Sherbrooke 117p, 1996.
- [8] B. F. Ndong, M. S. Ntomba, E. J. Messi, D. OKIA and J. O. Mvondo "Définition structurale des linéaments par traitement d'image satellitaire : cas du massif de Ngovayang (Sud Cameroun)", *Afrique Science* Vol. 10, n°. 3, pp. 107 – 112, 2014.
- [9] J. P. Vicat "Bilan des connaissances acquises sur les séries de Dja (Cameroun), Nola (Centrafrique) et Sembe-Ouessou (Congo)", In : Vicat J.P. et Bilong P. éd., *Géosciences au Cameroun*, Collect. GEOCAM, 1/1998, Press. Univ. Yaoundé, pp. 369-383, 1998.
- [10] P. Maurizot, P. Feybesse, J. K. Johan and P. Lecomte "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, p. 274,1986.
- [11] R. Tchameni, K. Mezger, E.N. Nsifa, and A. Poulet "Crustal origin of Early Proterozoic syenites in the Congo craton (Ntem complex), South Cameroon", *Lithos* Vol. 57, pp. 23–42, 2001.
- [12] C. K. Shang, M. Satir, W. Siebel, E. N. Nsifa, H. Taubald, J.-P. Liegeois, and F. M. Tchoua "TTG magmatism in the Congo craton; a view from major and trace element geochemistry, Rb–Sr and Sm–Nd systematics: case of the Sangmelima region, Ntem complex, southern Cameroon", *Journal of African Earth Science*, Vol. 40, pp. 61–79, 2004.
- [13] C. K. Shang, W. Siebel, M. Satir, F. Chen and J. M. Ondoua "Zircon Pb–Pb and U–Pb systematics of TTG rocks in the Congo Craton: Constraints on crust formation, magmatism, and Pan-African lead loss", *Bulletin Geosciences*, Vol. 79, n°. 4, pp. 205–219, 2004.
- [14] C. Lerouge, A. Cocherie, S. F. Toteu, J. Penaye, J.-P. Milési, R. Tchameni, E. N. Nsifa, C. M. Fanning, and E. Deloué "Shrimp U–Pb zircon age evidence for Paleoproterozoic sedimentation and 2.05-Ga syntectonic plutonism in the Nyong Group, southwestern Cameroon: consequences for the Eburnean–Transamazonian belt of NE Brazil and Central Africa", *Journal of African Earth Science*. Vol. 44, pp. 413–427, 2006.
- [15] S. Owona, J. O. Mvondo, L. Ratschbacher, S. P. Mbola Ndzana, M. F. Tchoua, and G. E. Ekodeck "The geometry of the Archean, Paleo- and Neoproterozoic tectonics in the Southwest Cameroon". *Comptes Rendus Geosciences*. Vol. 343, pp. 312–322, 2011.
- [16] S. Owona, J. Mvondo Ondo, M. Tichomirowa, L. Ratschbacher, M. F. Tchoua, and G. E. Ekodeck "New 207Pb/206Pb–Zr evaporation, metamorphic 87Rb/86Sr–WR–Bt ages and tectonic imprints in the Archean So'ou Group (Ntem Complex/Congo Craton, SW Cameroon)". *Global Journal of Geological Science*. Vol. 10, n°.1 pp. 99-109, 2012.
- [17] S. Owona, S. P. Mbola Ndzana, J. Mvondo Ondo, M. Nsangou Ngapna, C. Nkabsaah, L. Ratschbacher, and G. E. Ekodeck "Geological control of geomorphologic units in the Southwest (SW) Cameroon (Central Africa)". *Journal of Geology and Mining Research* Vol. 4, n°.7, pp. 152-167, 2013a.
- [18] N. Boniface, V. Schenk, and P. Appel "Paleoproterozoic eclogites of MORB-type chemistry and three Proterozoic orogenic cycles in the Ubendian Belt (Tanzania): Evidence from monazite and zircon geochronology, and geochemistry", *Precambrian Research*. Vol.192, n°. 195, pp. 16– 33, 2012.
- [19] E. K. Nsifa, R. Tchameni, A. Nédélec, R. Siqueira, A. Poulet and J. Bascou "Structure and petrology of Pan-African nepheline syenites from the South West Cameroon; Implications for their emplacement mode, petrogenesis and geodynamic significance" *Journal of African Earth Sciences*. Vol. 87, pp. 44–58, 2013.
- [20] E. J. M. Ottou, S. Owona, F. M. Owono, S. M. Ntomba, J. M. Akame, S. Koum and J. M. Ondo "Analyse morphotectonique par couplage d'un modèle numérique de terrain (MNT) et des données de terrain d'une portion de

- zone mobile paléoprotérozoïque de la région Lolodorf-Mvengué (Complexe du Nyong, SW Cameroun)", Sciences, Technologies et Développement, Vol. 15, pp. 9-25, 2014.
- [21] E. J. M. Messi, S. M. Ntomba, F. B. Ndong, J. M. Akame, S. Owona and J. O. Mvondo "Géomorphologie structurale et risque naturel dans une portion de zone mobile du complexe du Nyong au SW Cameroun : cas de la région Lolodorf-Mvengue", Afrique Science. Vol. 10, n°4, pp. 288 – 298, 2014.
- [22] J. L. Feybesse, V. Johan, C. Triboulet, C. Guerrot, F. Mayaga-Minkolo, V. Boucho and J. Eko N'dong "The West Central African belt: a model of 2.5-2.0 Ma accretion and two phase orogenic evolution", Precambrian Research, Vol.87, pp. 161-216, 1998.
- [23] J. Penaye, S. F. Toteu, R. Tchameni, W. R. Van Schmus, J. Tchakounte, A. Ganwa, D. Minyem and E.N. Nsifa "The 2.1 Ga West Central African Belt in Cameroon".
Journal of African Earth Science. Vol. 39, pp. 159–164, 2004.
- [24] P. Lasalle "L'or dans les sédiments meubles : formation des placers, extraction et occurrences dans le sud du Québec", DPV-745, Ministère de l'énergie et des Ressources, Direction des levés géoscientifiques, Québec, 1 carte p. 23, 1992.
- [25] L. H. Lattman "Technique of mapping geologic fracture traces and lineaments on aerial photographs", Photogrammetric Engineering, Vol. 24, pp. 568-576, 1958.