

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES INDICES AURIFERES DU SECTEUR DE YAMBENDA (HAUT-UELE, RDC) : APPROCHE GEOCHIMIQUE ET STRUCTURALE

THIERRY KAMBALE MALIVA *

JUSTIN KAMBALE VINUMA **

MUSANDE KWIRATUWE BENJAMIN ***

Résumé

Une étude géologique menée sur ce périmètre de Yambenda dans le Haut-Uélé spécialement portant sur une étude géochimique a permis de mettre en évidence un corridor d'anomalie positive en indice d'or. Cette étude révèle trois zones d'anomalies avec des teneurs variant de 50 à plus de 100 ppb suivant une orientation NW-SE.

L'approche structurale suivie d'une interprétation géodynamique des contraintes de déformation, étude effectuée à partir des données structurales linéaires et planaires des puits de recherche et de la tranchée a constitué l'étape finale de cette recherche. Cette dernière révèle que Yambenda a été affecté par une distension directement liée à la mise en place de l'or avec plissement droit isoclinal serré de direction NW-SE.

Mots clés : *Indice, géochimie, Structurale, Yambenda.*

GEOLOGICAL STUDY OF GOLD INDICES IN THE YAMBENDA SECTOR (UPPER UELE, DRC): GEOCHEMICAL AND STRUCTURAL APPROACH

Abstract

A geological study carried out on the Yambenda perimeter in the upper-Uélé region, focusing on a geochemical study, highlighted a corridor of positive gold anomalies. This study revealed three anomalous zones with grades ranging from 50 to over 100 ppb along a NW-SE trend.

The structural approach followed by a geodynamic interpretation of the deformation stresses, carried out on the basis of linear and planar structural data from the research pits and the trench constituted the final stage of this research. This structural approach reveals that

* Assistant 1 à l'Institut Supérieur de Chimie Appliquée (ISCA Butembo), Section Génie minier et Expert Géologue au sein du Cabinet National du Graben Mining Consulting "GMC", Tel : +243994380215, +243821860451. E-mail : thmaliva@gmail.com

** Géologue d'exploration au sein de la Société Barrick Gold Corporation et Expert Géologue au sein du cabinet National du Graben Mining Consulting "GMC", Tel : +243814395582. E-mail : kynmjustin@mail.com

*** Assistant 2 à l'Institut de Bâtiment et Travaux Publics (IBTP/Butembo), Tel : +243990900419, +243825007017. E-mail : musandebenjamin@gmail.com

Yambenda was affected by distension directly related to gold emplacement with tight NW-SE trending isoclinal straight folding.

Keywords: *Geochemistry, occurrences, Structural, Yambenda.*

1. INTRODUCTION

L'industrie minière contemporaine est un domaine d'activités scientifiques et techniques intenses qui détermine sous beaucoup de rapports le développement de la production dans l'ensemble de l'économie mondiale. C'est ainsi qu'il est difficile de trouver un seul domaine dans le monde où l'on n'utilise pas l'industrie minière car la plupart d'industries trouvent la source de leurs matières premières dans l'industrie minière. C'est le cas de l'industrie métallurgique, de l'industrie chimique, des industries mécaniques, de l'industrie électrique, pharmaceutique et de la construction.

Actuellement, divers pays en voie de développement parmi lesquels se trouve la République Démocratique du Congo, sont des pays qui regorgent d'énormes potentialités en ressources minérales très diversifiées qui nécessitent une recherche géologique et minérale intenses. Cette étude des potentialités exige la connaissance des paramètres intervenant dans la mise en place du gisement et par conséquent la mise en application de plusieurs domaines de la géologie ainsi que de la technologie moderne.

En nous référant aux grands gisements d'or situés à l'est du bouclier africain comme Geita (20 millions d'onces de ressources) et Bulyanhulu (17.2 millions d'onces de ressource) en Tanzanie, Twangiza (5.6 millions d'onces), Namoya (0.4 millions d'onces), Lugushwa (2.7 millions d'onces), Kibali (14 millions d'onces), Mongbwalu (5 millions d'onces), Zani kodo (1.8 millions d'onces) , Adumbi (1.9 millions d'onces), Makapela (1million d'onces) en RDC (Cowley 2012), nous estimons que Yambenda renfermerait aussi d'importantes ressources d'après les indices géochimiques et pétrographiques retrouvés. Nous rappelons ici que la zone de Yambenda n'avait pas connu d'exploitation ancienne lors de la période coloniale et que cet article démontre l'apport de la méthode géochimique dans la recherche minérale pouvant aboutir à la circonscription d'un gisement d'or banquable.

Dans le contexte actuel, l'or est un minéral très précieux et très recherché sur le marché mondial. Cette ruée vers cette substance nous pousse à orienter la recherche de cet élément dans l'objectif de définir un gisement exploitable industriellement.

1.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE YAMBENDA

Yambenda est un nom d'un village duquel est tiré le nom de la zone d'étude qui est situé en province de Haut - Uélé, territoire de Wamba, collectivité de Balika Toriko, groupement Badedeka, République Démocratique du Congo aux coordonnées géographiques 2⁰10'0'' de latitude Nord et 27⁰27'30'' de longitude Est.

Yambenda est caractérisé par un relief peu varié, on remarque deux sortes de relief qui se succèdent de l'ouest à l'Est : Une plaine qui s'étend au Sud-ouest dont l'altitude est comprise entre 200 et 500m, les plateaux avec l'altitude variant entre 500 et 800 m.

Le climat est du type de climat équatorial continental donc sans saison sèche déterminée. Les sols rencontrés dans la province de Haut Uélé appartiennent au groupe des sols tropicaux ferrallitiques riches en fer et en Alumine. D'une façon générale, ce sont les rygroferrisols sur les roches schisteuses et les hyproferrisols sur les roches basiques qui sont respectivement bonne et très bonne qualité (Katondolo et Molière 2015).

La végétation est dominée par la forêt, la savane et la végétation hétérogène d'altitude. Cette zone d'étude est située dans la ceinture des roches vertes du kibalien (Wootdli, 1961).

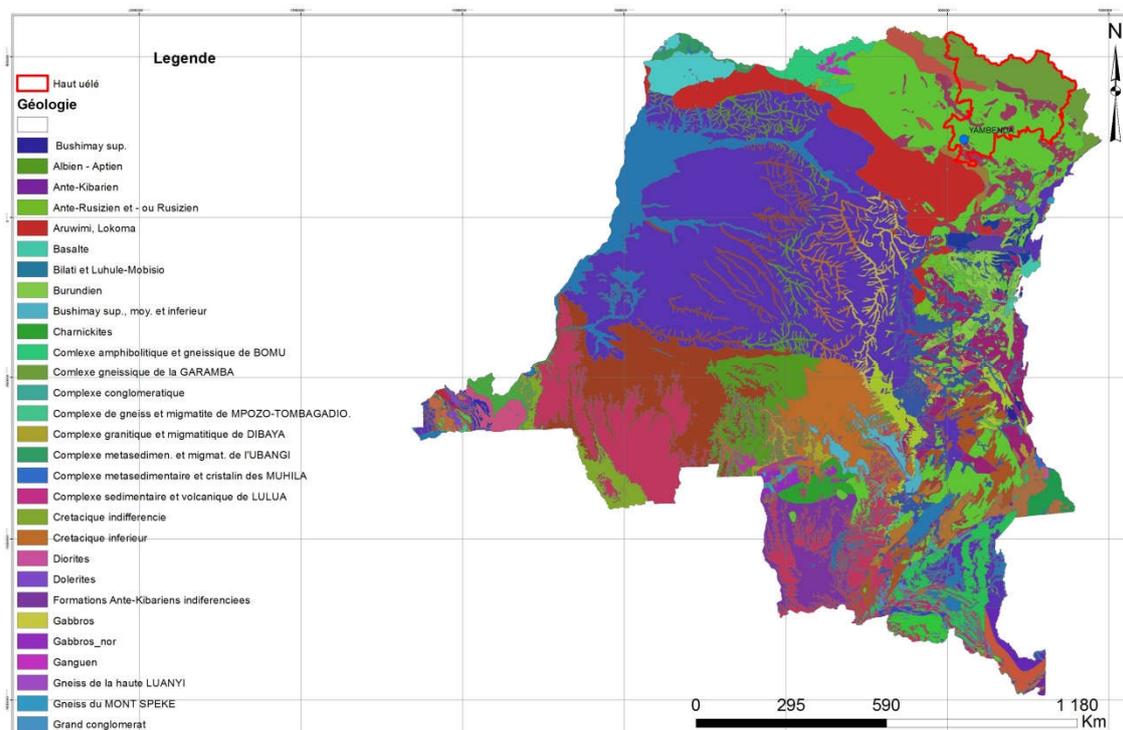


Figure 1: Carte géologique de la République Démocratique du Congo avec la localisation de la zone d'étude en province du Haut-Uélé (petit cercle bleu dans le contour provincial rouge).

1.2 APERÇU RÉGIONALE GÉOLOGIQUE DE HAUT UELE

L'ensemble de la production aurifère de la province provient des formations épimétamorphiques baptisées Ganguen dans le Bas-Uélé (Cahen et Lepersonne, 1967), Groupe du Kibali (Commission de Géologie, 1933), Kibalien (Duhoux, 1950), Complexe méta sédimentaire et volcanique du Kibali-Ituri (Lavreau et Ledent, 1975). Ces formations reposent sur des séries métamorphisées du granite - roches vertes (Ngayu green belt) s'étendant du Bas-Uélé à la Tanzanie (Cahen et al. 1976). Les épimétamorphiques appartiennent à plusieurs cycles : certaines sont intrudées par des roches quartz-dioritiques ou tonalitiques vieilles de ~ 2.9 b.a., d'autres sont affectées par des masses granodioritiques à granitiques vieilles de ~ 2.5 b.a., d'autres, enfin, pourraient dater du laps 2.5-2.0 b.a.

Sur le plan structural, il est reconnu une direction Kibaliennne d'orientation WNW-ESE d'extension longitudinale très vaste partant de la Tanzanie jusqu'en RDC comme illustrée sur la carte ci-dessous.

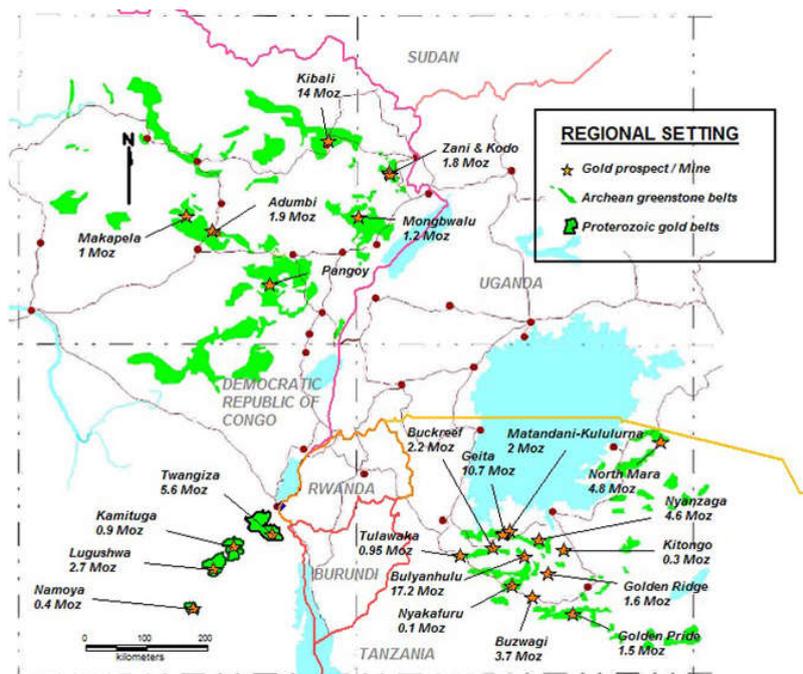


Fig.2 allure géologique du complexe structurale WNW-ESE

Sur le plan pétrographique, les terrains précambriens métamorphisés du kibalien (gneiss et roches vertes) ont été intrudés par des roches basiques intrusives ou effusives récentes : dyke doléritique, andésite, diorite, tonalite, quartz-diorite (Lepersonne, 1974).

2. MÉTHODES

Nous avons mené nos recherches sur le terrain, et au laboratoire. Les travaux sur terrain nous ont permis de collecter des échantillons de sols et des roches et nous ont permis d'établir une cartographie géologique et structurale. Les échantillons de sol ont été prélevés à une maille de 200 x 50 mètres suivant une orientation perpendiculaire à l'orientation générale de la schistosité (S1) des formations géologiques.

Le prélèvement de l'échantillon s'effectuait dans l'horizon B du saprolite à une profondeur moyenne 50 cm. L'étude du régolite consistait aussi à déterminer la nature du sol (sol ferrugineux, résiduel, érosionnel et depositionnel et/ou transporté) et décrire les roches environnantes. Les paramètres géomorphologiques (la pente) ainsi que les types d'activités artisanales proches du point de prélèvement ont été aussi cartographiés.

Au laboratoire, les échantillons ont été préparés (peser, sécher, concasser, broyer et prélèvement de 50 grammes de la poudre pour analyse) et analysés pour l'or par la méthode d'absorption atomique (FA-AAS fire assay – atomic absorption spectrometry) par fusion – coupellation au laboratoire SGS.

Plus 100 éléments de contrôle (Duplicates, standards et les blanks) ont fait l'objet de la vérification de la qualité des échantillons et de l'analyse. Les standards commencent à 10 plus 20, les blanks 15 plus 20 et les duplicates 20 plus 20. Ainsi, dans chaque lot de 100 échantillons, 15 éléments de contrôle ont été insérés.

La prise des mesures de la schistosité S1 ainsi que de la linéation des formations pour une étude structurale a été menée sur quelques affleurements trouvés sur terrain et sur les formations exposées. Mais vu la rareté des affleurements sur terrain, la plupart des mesures ont été prises dans plus de 50 puits de recherche et dans une tranchée exécutée. Cette étude structurale consiste à la réalisation d'une carte minute des structures et à l'analyse des éléments linéaires et planaires en vue de vérifier la structure qui contrôle la minéralisation du milieu d'étude. Cette interprétation a été faite grâce au logiciel Win_Tensor et Dips.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour être plus proche des réalités du terrain, une analyse géochimique sur plus de 1964 échantillons de sol a été effectuée. Certains échantillons de roches ont fait l'objet d'une description macroscopique afin d'une étude structurale menée sur la foliation et/ou schistosité S1 et les cassures.

3.1 ÉTUDE GÉOCHIMIQUE DU SOL DE YAMBENDA

Tous les sols ne sont pas des accumulations résiduelles du soubassement. Ils peuvent, par exemple avoir été transportés latéralement à quelque distance de leur source par l'action de gravité, vent ou pluie. Les sols peuvent faire partie d'un paysage

avec une longue histoire d'évolution. Cette histoire a pu impliquer des variantes qui sont des cycles d'enrichissement chimique à interpréter. Etant donné que les régolites ont une longue histoire complexe par rapport à leur évolution, ils doivent être cartographiés géologiquement et interprétés avant la planification géochimique du sol (Marjoribanks, 2010),(Bolster 2016).



Figure 3: Profil régolitique résiduelle (source nos données).

En vue d'évaluer la potentialité en or du milieu d'étude nous avons pris une teneur de 0.05 ppm ou 50 ppb comme la base de nos analyses en dessous de laquelle toutes les teneurs sont prises comme moins intéressantes (fond géochimique). Ainsi sur 1964 échantillons sols, 544 ont bien titré au-dessus du fond géochimique de 0.05 ppm, soit 27.67 %. De ces 544 échantillons, 89 ont titré plus de 0.09 ppm soit 4.53%.

La répartition cartographique de ces échantillons, soit 27.67% montre deux zones s'étendant sur une distance de plus de 9 km suivant une direction parallèle à celle de la géologie régionale : une zone d'anomalie faible et une zone d'anomalie élevée. La zone d'anomalie élevée est aussi subdivisée en trois parties dans l'objectif de circonscrire une petite superficie ayant la probabilité d'être en relation avec la minéralisation. Ces 3 parties dont la zone faiblement anormale c'est-à-dire zone ayant des teneurs en or variant entre 0.05 à 0.09 ppm (50-90ppb), zone moyennement anormale c'est-à-dire zone ayant des teneurs en or variant entre 0.09 à 0.2 ppm (90-200ppb), zone anormale élevée avec des teneurs en or supérieures à 0.2 ppm (>200ppb).

Tenant compte du régime du régolite de Yambenda, les résultats de sol coïncident avec un sol résiduel. Les teneurs supérieures à 0.05 dans le sol sont circonscrites proches des zones à topographie surélevée et sur les flancs, zone à alluvions et les éluvions ; ce qui confirme que la zone est potentiellement riche en or et que la source de ces anomalies est sous-jacente.

Les zones anormales ont fait l'objet d'autres travaux d'exploration de subsurface (puits et tranchée) qui ont confirmé la même anomalie dans la saprolite. Par la suite, la zone a été définie comme projet de forage par la société pour continuer l'investigation plus en profondeur.

3.2. INTÉRPRÉTATION DE LA CARTE D'ANOMALIE GÉOCHIMIQUE

Cette analyse se rapporte sur 1964 échantillons dont 544 échantillons à anomalies positives. Ces derniers subdivisés en moyennement anormales, anormales et très anormales.

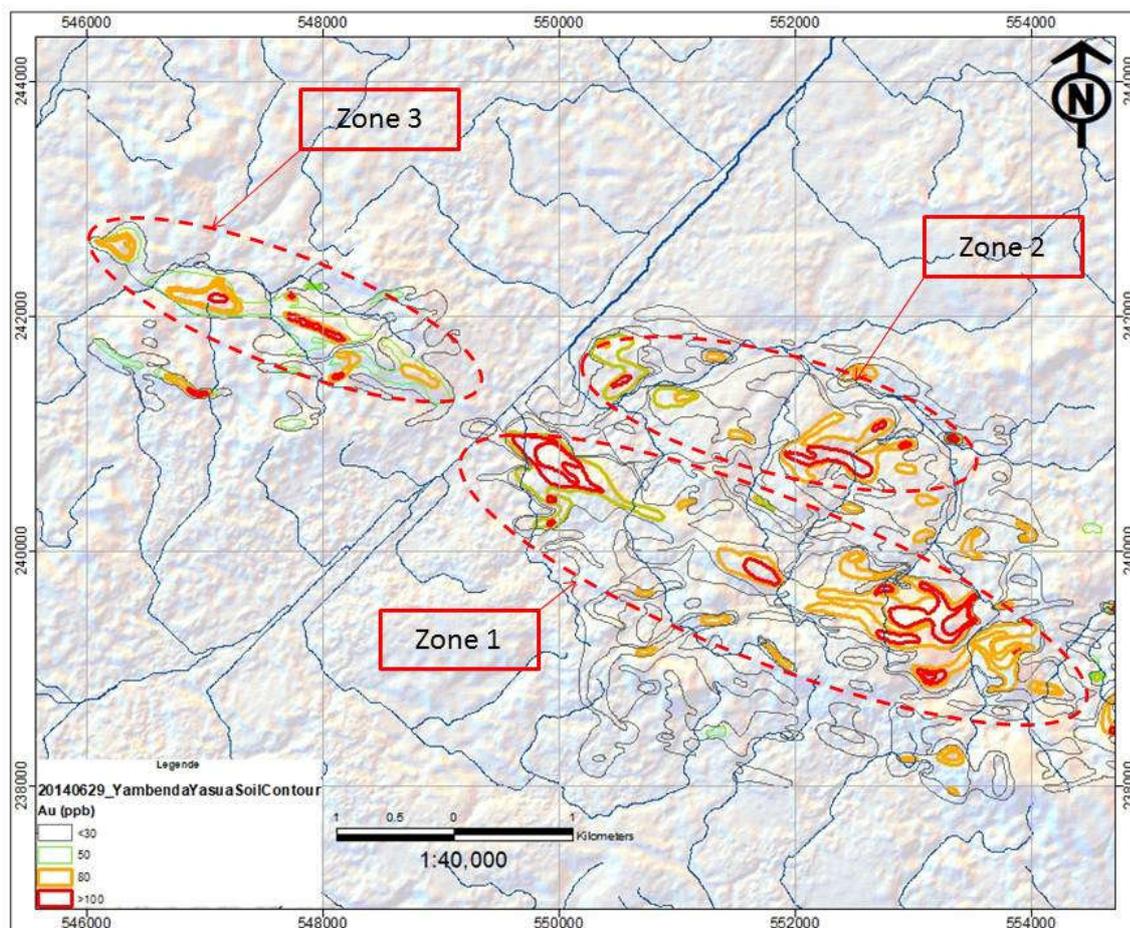


Figure 4: Grille de sol et Interprétation des courbes isoteneurs en ppm et ppb. (Source : nos données).

Cette carte d'anomalie géochimique présente trois zones essentielles de concentration préférentielle de la minéralisation.

La première zone orientée NW-SE avec des fortes teneurs supérieures à 100 ppb. Cette anomalie positive épouse l'orientation structurale de la foliation et elle paraît être le siège des grandes concentrations minérales d'or. Cette zone est retenue pour la suite des investigations géologiques (cartographie détaillée, sondage et un éventuel calcul des réserves).

La deuxième zone au nord de la grande anomalie a des teneurs aussi allant de 80 et plus de 100 ppb. Son orientation est aussi NE-SE.

La troisième zone située au Nord-ouest de la grande anomalie a des teneurs allant de 50 à 80 ppb. Cela constitue le prolongement de la première zone d'anomalie.

La dernière zone moins importante, est celle dont l'anomalie est faible allant des teneurs inférieures à 30 ppb à 50 ppb mais avec certaines teneurs supérieures à 100 ppb dispersés.

L'analyse géochimique de la zone présente un sol riche en or, les fortes teneurs sont liées à un sol résiduel qui résulte de l'altération du substratum d'un BIF silicifié retrouvé presque au centre de la zone recherche comme illustré sur la carte iso teneur ci-haut. Il est remarquable de constater que les fortes teneurs sont réparties sur presque deux lignes. On observe une zone très intéressante, ce qui nous donne une zone de forte anomalie de plus de 400 mètres de largeur à la surface. La normalisation par rapport au Clarke révèle une valeur de 6.86 g/t.

3.3 ÉTUDE STRUCTURALE

Il y a plus d'un quart de siècle, Robert Woodtli a montré à Moto et kilo que des corps plats discordants pouvaient constituer des gisements aurifères de grande valeur économique. Par des exemples pris dans de nombreux districts aurifères discordants de « Greenstone belts », il est montré la très grande généralité de cette morphologie plate, le plus souvent associée à des structures fortement pentées également porteuses d'or. On l'interprète comme liée à des fractures de tension dans un système de contrainte où la plus petite des contraintes normales principales serait verticale. Ce système réactive avec jeu inverse les failles fortement pentées; la mise en place tardive de l'or est ainsi confirmée (Pellisonier, 1990).

L'analyse détaillée des données structurales de Yambenda présente un pli serré dont l'axe est sub-horizontale à 15° plongeant 310 °.

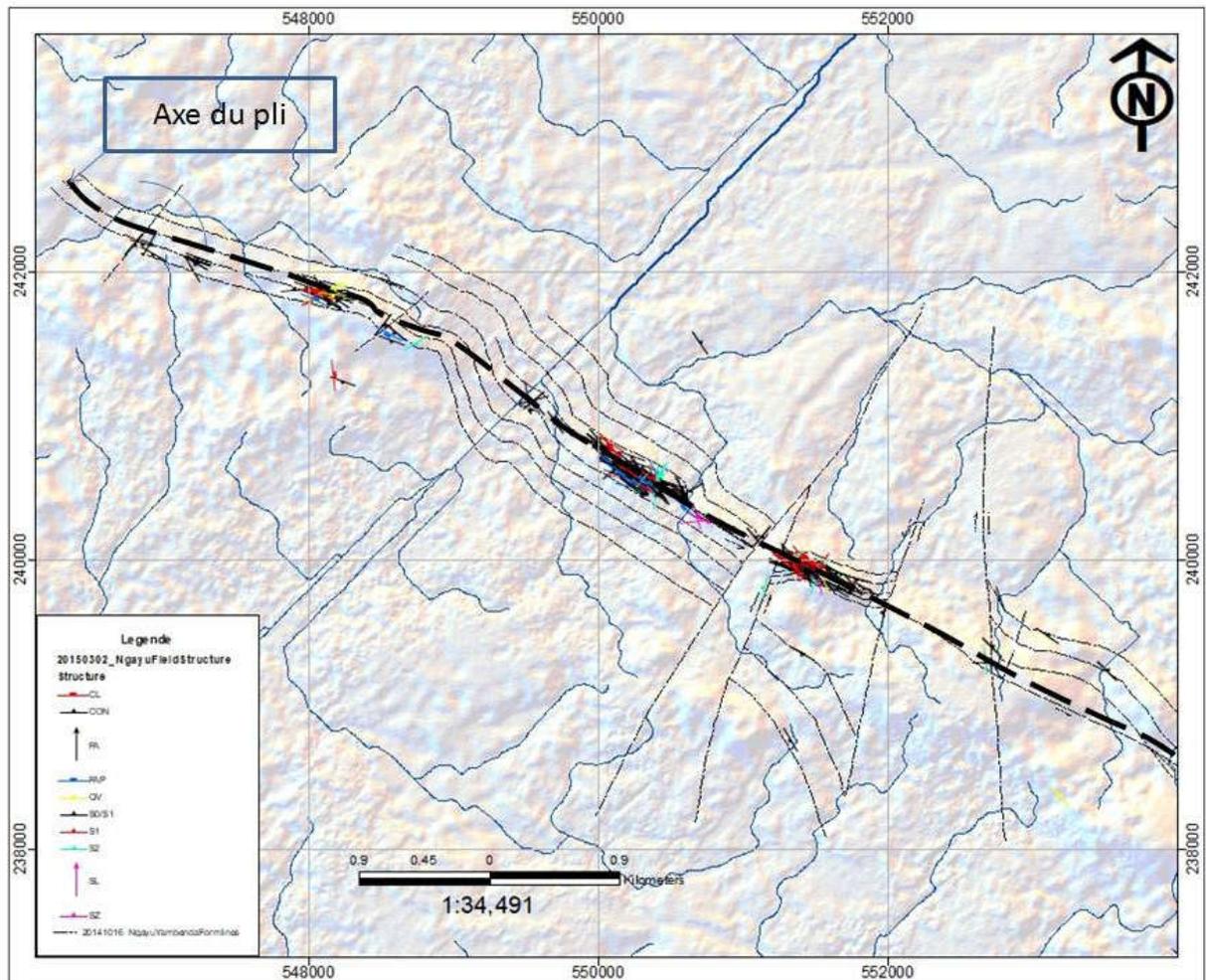


Figure 5: Carte structurale de la zone de Yambenda

L'interprétation de la schistosité ainsi que de la surface de stratification reportée sur le canevas stéréographique de Wulf démontre une tendance d'une direction principale $N 318^{\circ}/77^{\circ}$ accompagnée d'une autre mineure, $N119^{\circ}/73^{\circ}$ qui pend contrairement à la direction majeure. La tendance du pendage à être moyen à fort de 73° à 77° et un axe du pli plongeant environ 30° suggérant que le plissement cartographié est du type pli droit serré isoclinal et le plan axial correspond à l'orientation de la forte anomalie dans le sol.

3.4 INTÉRPRÉTATION MÉCANIQUE

Rappelons qu'un champ de contraintes, défini par 3 composantes normales principales $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ avec $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, peut entraîner la rupture d'un massif rocheux non précédemment fracturé.

Si le massif est déjà fracturé, le champ de contraintes entraîne généralement un rejeu des fractures préexistantes, sans en créer des nouvelles; les conditions précédentes ne sont plus réalisées.

L'analyse chronologique nous enseigne que l'or se met en place tardivement dans des fentes de tension subhorizontales. On en déduit que, à cette époque, σ_3 était vertical, σ_1 et σ_2 horizontaux avec une pression de fluide supérieure à σ_3 . Les failles inverses à fort pendage ne peuvent pas naître sous ce régime de contraintes, car l'angle qu'elles feraient avec un σ_1 horizontal serait supérieur à 45° . Ces failles sont nées sous un régime de contraintes antérieur, probablement à σ_1 , vertical compte tenu de leur pendage. Ce champ de contraintes finale, directement lié à la mise en place de l'or, est caractérisé par une forte pression de fluide dont témoignent les fentes de tension subhorizontales. Si le déviateur σ_1 - σ_3 de ce champ de contraintes est faible, c'est-à-dire le régime presque hydrostatique, toutes les discontinuités du massif rocheux sont susceptibles de s'ouvrir ou de se réouvrir, quelles que soient leurs directions, notamment les joints. Cette zone de forte contrainte connaît une forte minéralisation en or. Le district de Kibali a connu des grandes déformations tectoniques qui ont favorisé les passages des fluides minéralisateurs riche en or, cette minéralisation suit une linéation NNE (Allibone,2015).

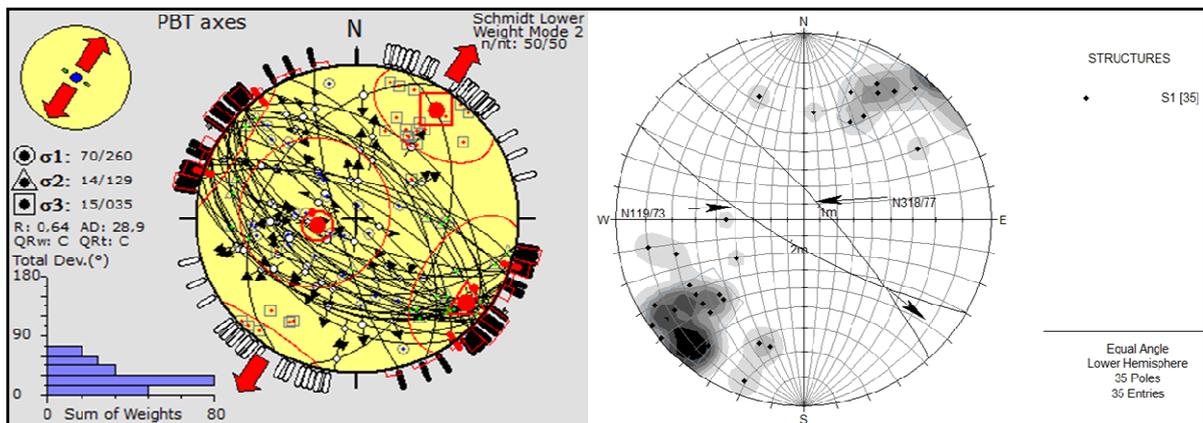


Figure 6: Traitement de toutes les contraintes dans la zone d'étude ainsi que la projection stéréographique de la schistosité S1.

Il ressort de cette analyse que Yambenda est une zone de distension, car toutes les contraintes σ_1 , σ_2 , σ_3 sont dans le cercle, et le sens des flèches nous indique le sens du mouvement.

4. CONCLUSION

Les résultats obtenus et comparés de la géochimie de sol, de la cartographie structurale ont permis de constater qu'il y a une étroite relation entre la déformation ainsi que la mise en place de la minéralisation en or. En effet la structure géologique interprétée qui correspond à un plan axial dans cette étude s'aligne parallèlement à l'orientation NW-SE de l'anomalie en or dans le sol. En outre sur le plan lithologique, cette anomalie surplombe un BIF, une formation qui affleure sur certaines collines de la

région et qui dans le processus de mise en place de la minéralisation en or joue un rôle de réducteur permettant la précipitation des fluides minéralisateurs.

La normalisation des teneurs plus élevées donne une valeur de 6.86 g/t au centre dans la zone de cisaillement dominée par les roches ferrugineuses suppose avoir donné cette anomalie dans le sol résiduel.

Cette analyse révèle une zone potentiellement riche en or avec la probabilité d'une découverte d'un gisement de classe mondiale en référence avec d'autres découverts dans le bouclier Est-Africain comme Geita, Bulyanhulu, Nyanzaga, Buzwagi, Lugushwa, Kamituga, Namoya, Twangiza, Adumbi, Mongbwalu, Kibali, Zani Kodo, Moku Beverendi respectivement en Tanzanie et en RDC.

La cartographie détaillée des roches de la place visant surtout l'extension horizontale du BIF, sera très capitale avant d'entamer d'autres travaux de recherche comme les puits et les tranchées exécutés à une maille serrée et puis le forage pour son extension verticale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Allibone, A., (2015), *The KZ Structure, controls on mineralization in the Kibali District*.
2. Bolster, S. (2016), *Regolex Global exploration, formation en cartographie du régolite*, DRC Randgold exploration, exposé magistral.
3. Cahen, L., Lepersonne, J. (1967), *The Precambrian of the Congo, Rwanda and Burundi*, pp.143-290, in: K. RANKAMA., ed., *The Precambrian*, III, J. Wiley, London.
4. Cahen, L., Delhal, J. et Lavreau, J. (1976) *The Archaean of Equatorial Africa: A review*, pp.489-498, in: B.F. Windley, ed., *The Early History of the Earth*, J. Wiley, London.
5. Cowley P. (2012), *Exploring gold's last frontier in Africa*. P 6
6. Duhoux, P. V. (1950), *La Pétrogenèse et la Métallogenèse du domaine minier de Kilo-Moto*. Ann. Soc. géol. Belg., 73, M 171-243.
7. Katondolo K. et Molière K. (2015), *La contribution à l'étude géologique des Roches vertes de Ngayu/Province de Haut Uélé/R.D.C.* PROSPECTS de NGUMBA et de BOVOTUBU/PR 2223/KGL- ISIRO
8. Lavreau, J. (1975), *Etat des connaissances sur les séries gneissiques du Haut-Zaïre septentrional*. Mus. roy. Afr. Centre, Tervuren, Dept. Géol. Min., Rapp. ann. 1974, 77-88.
9. Lavreau, J. et Ledent, D. (1975), *Etablissement du cadre géochronologique du Kibalien*. Ann. Soc. Géol. Belg., 98, 197-212.

10. Lepersonne, J. (1974), *Carte géologique du zaïre à l'échelle du 1/2.000.000*. Dept. Mines, Kinshasa.
11. Marjoribanks. R (2010), *Geological methods in mineral exploration and mining*. Ed. Springer. Berlin
12. Pelissonnier, H. (1990), *Les contraintes tectoniques dans la mise en place des gisements d'or discordant du greenstone belt*.
13. Robert F., Brown A.C., Audet A.J., 1983. *Structural control of gold mineralization at the Sigma mine*, Val d'or, Québec, C.I.M., 76: 72-80.
14. Wootdli R,(1961), *Relationships of general structures to gold mineralization in the Kilo area (central Africa)*.Economic Geology. Vol.56, 1961.

