

# « STRUCTURE GEOLOGIQUE ET MINERALISATION AURIFERE DE SOAMAHAMANINA ET ZOMA-BEALOKA, CENTRE DE MADAGASCAR »

1- Ratolojanahary Zarampirenena

Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences (INGE), Université d'Antananarivo

2- RANDRIANJA Roger

Professeur Titulaire

Ecole Doctorale Ingénierie et Géosciences (INGE), Université d'Antananarivo

## RESUME

Les résultats de l'interprétation structurale extraits par des méthodes de traitement d'image satellitaire, confrontés aux données géoscientifiques, ainsi que l'analyse statistique de la carte de linéament et la carte de trajectoire des foliations, ont permis de détecter une différence d'apparence morphologique au niveau du patron de linéaments de Soamahamanina et Zoma-Bealoka. Trois domaines d'homogénéité structurale (DHS) ont été délimités : le DHS I de Zoma-Bealoka au Nord, le DHS IIA de Soanierana au Sud-Ouest et le DHS IIB de Mahabo au Sud Est. La zone a été affectée par trois phases de déformation : D1 due à une contrainte de compression N-S, D2 due à une contrainte de compression NW-SE et D3 due à une contrainte de compression E-W. Deux principales directions des fractures NNE-SSW et WSW-ENE prédominent dans la zone d'étude. Ces structures tectoniques ont contrôlé la minéralisation aurifère dans la zone d'étude. Trois types de minéralisation sont proposés pour Soamahamanina et Zoma-Bealoka: (1) gisement primaire concentré dans les charnières des plis d'axe EW des séries gneissiques; (2) gisement primaire lié aux fractures de direction NS et EW. (3) les gisements secondaires qui correspondent aux gisements alluvionnaires et éluvionnaires.

Mots clés : Soamahamanina, Zoma-Bealoka, Structure géologique, Minéralisation aurifère

## ABSTRACT

The results of the structural interpretation extracted by satellite image processing methods, compared with geoscientific data, as well as the statistical analysis of the lineament map and the foliation trajectory map, made it possible to detect a difference in morphological appearance at the level of the lineament pattern of Soamahamanina and Zoma-Bealoka. Three structural homogeneity domains (SHD) were delimited: the SHD I of Zoma-Bealoka in the North, the SHD IIA of Soanierana in the South-West and the SHD IIB of Mahabo in the South-East. The area was affected by three phases of deformation: D1 due to a N-S compressive stress, D2 due to a NW-SE compressive stress and D3 due to an E-W compressive stress. Two main fracture directions NNE-SSW and WSW-ENE predominate in the study area. These tectonic structures controlled gold mineralization in the study area. Three types of mineralization are proposed for Soamahamanina and Zoma-Bealoka: (1) primary deposit concentrated in the hinges of EW-axis folds of gneissic series; (2) primary deposit related to NS and EW-trending fractures. (3) secondary deposits that correspond to alluvial and eluvial deposits.

Keywords: Soamahamanina, Zoma-Bealoka, Geological structure, Gold mineralization

## INTRODUCTION

La région étudiée se trouve sur les Hautes Terres Centrales Malgaches. Elle se situe dans la partie Moyen-Ouest de l'ex Province d'Antananarivo, à environ 67 kilomètres par la Route Nationale RN1 (Figure 1). Cette zone n'a fait jusqu'ici l'objet d'aucune étude géologique détaillée. Pourtant, depuis 1920, de nombreuses zones gneisso-quartzitiques faisaient l'objet d'exploitations aurifères, tant en place, en éluvions, qu'en alluvions. Toutes sont abandonnées depuis longtemps : Soamahamanina, Antsolobato, Vohinambo, Zoma-Bealoka, Analakely (Delubac et al, 1964). La région étudiée ne faisait pas partie des zones couvertes par les travaux du Projet de Gouvernance des Ressources Minérales (PGRM, 2012) dans le cadre de la réalisation de la carte géologique au 1/1.000.000 de Madagascar en 2012. Ce travail vise à approfondir davantage les connaissances sur les structures géologiques et la minéralisation aurifère dans cette région.

Soamahamanina et Zoma-Bealoka appartiennent au Domaine tectono-métamorphique d'Antananarivo. Ce Domaine est composé par des orthogneiss et de paragneiss d'âge Néoearchéen en faciès schiste vert à granulitique (Tucker et al, 2012). Du point de vue structural, cette région est située à l'intérieur de la Virgation d'Antananarivo qui se manifeste par une inflexion Est-Ouest des lignes structurales (Nédélec et al, 2000). La minéralisation aurifère de cette zone peut être étroitement liée aux hypothèses géodynamiques et aux relations structurales entre ces divers domaines tectono-métamorphiques.

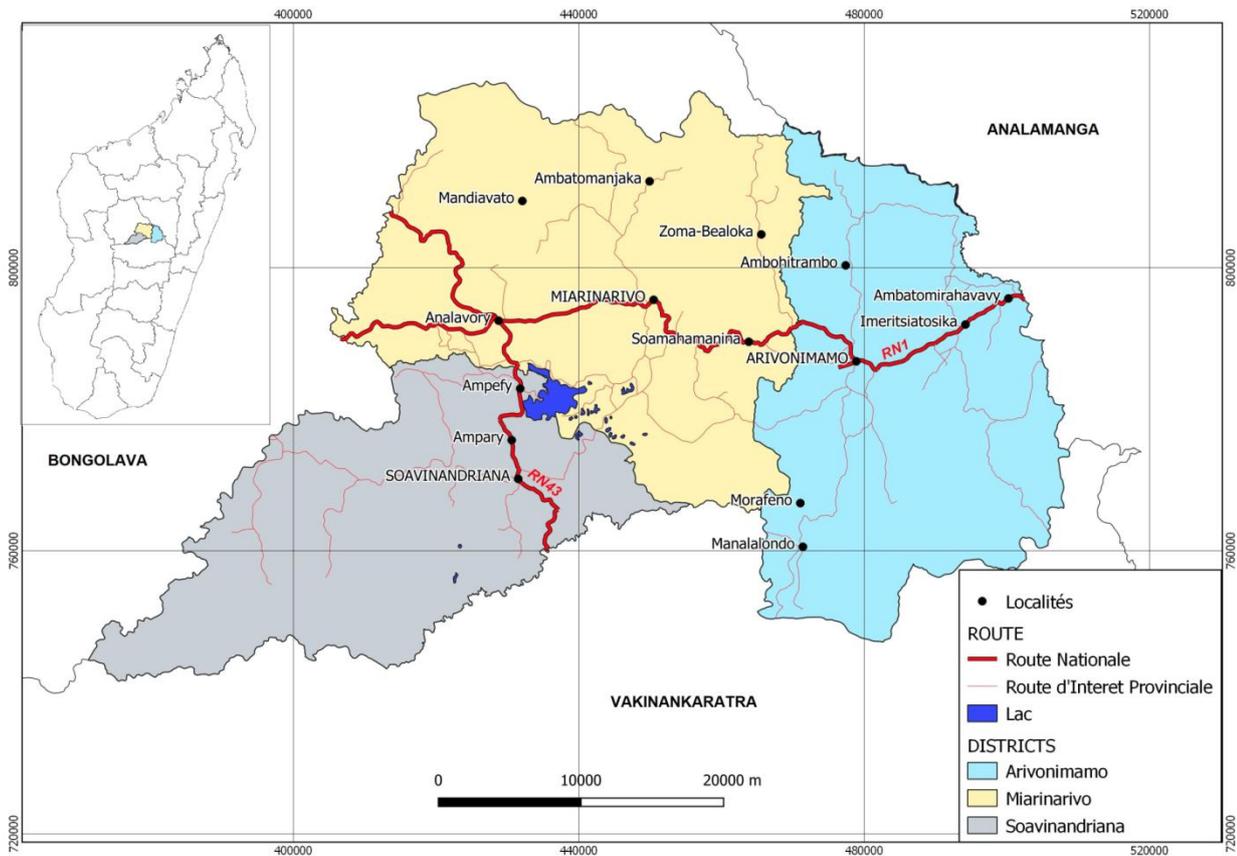


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude (BD500FTM)

## METHODE ET MATERIEL

La première étape est consacrée aux études bibliographiques et manipulation des données existantes, suivi de numérisation des cartes géologique (1/100.000), et topographique (1/100.000) de la zone d'étude avec intégration des images satellitaires. Ces travaux permettent d'actualiser les cartes préexistantes, de distinguer les différentes formations géologiques, d'identifier les principales directions des failles et de tracer les trajectoires de foliation.

La seconde étape consiste aux descentes sur terrain pour l'observation des éléments de la géologie régionale. Des mesures structurales, des collectes d'échantillons de roches ainsi que de concentrés de fond de batée ont été entrepris. La troisième étape concerne les travaux de laboratoires et traitement de données. Des confections de lames minces suivies par des observations microscopiques des minéraux ont été faites afin de tracer l'histoire géologique et la nature pétrographique de la roche. Et pour obtenir le teneur en or de chaque échantillon, des analyses au spectrophotomètre ont été faites au laboratoire de l'Office des Mines et des Industries Stratégiques (OMNIS). Les données structurales ont été traitées par des logiciels d'analyse structurale (STEM, GeOrient et Stereonet) pour caractériser les déformations qui ont affecté la zone d'étude.

Et la dernière étape consiste à la synthèse et discussion des résultats.

## RESULTATS

### **Lithologie et pétrographie**

D'une manière générale, la zone est dominée par des formations magmatiques (granite, dolérite, gabbro, pegmatite), des formations métamorphiques (gneiss, migmatite, granite migmatitique) avec des intercalations de quartzites, quartzites à magnétite, amphibolites et micaschistes. Il a été également noté la présence des petites lentilles de pegmatite et des formations récentes comme les éluvions et alluvions.

#### Quartzite à magnétite

L'observation au microscope de l'échantillon SoaRo\_001 montre que les minéraux opaques en Lumière Polarisée Non Analysée (LPNA) et en Lumière Polarisée Analysée (LPA), de morphologie cubique automorphe s'agissent de la magnétite (Figure 2 a et b). Ils présentent généralement une structure plus ou moins linéaire suivant la direction des microfractures et se raccordent avec les biotites.

Les quartz sont souvent fracturés et se présentent en phénocristaux xénomorphes. En LPA, ils ont une biréfringence faible avec une teinte de polarisation gris clair. Par ailleurs, en LPNA, le comportement du quartz est classique, toujours très limpides.

Les orthoclases notamment des feldspaths potassiques (microclines et/ orthoses) en LPNA sont remarquables avec un aspect tacheté avec une teinte de polarisation en LPA d'ordre gris un peu foncé et comprenant des inclusions d'impureté.

La plupart des biotites exposent aussi des halos sur les bordures, appréciable en LPNA. Ces auréoles quasi-circulaires caractérisent presque toutes les biotites. Ces derniers se présentent comme des minéraux accessoires de

grande taille par rapport aux minéraux opaques et ils forment une discontinuité suivant la foliation des minéraux opaques.

L'amphibole se présente très rarement dans les lames de quartzite à magnétites. En général il est caractérisé par ses aspects fracturés dus par son clivage et donne une apparence losangique. Le pléochroïsme prononcé en brun-verdâtre en LPNA avec un relief fort est habituellement xénomorphe.

### Gneiss encaissantes

Les minéraux dominants de l'échantillon sont les feldspaths potassiques (orthoclases) et les feldspaths sodi-calciques (plagioclases). Pourtant, les orthoclases sont plus abondants par rapport aux plagioclases. Les orthoclases, de taille centimétrique notamment les orthoses sont caractérisées par des zonations optiques brillant liseré sur bordures déchiquetées (Figure 2 c et d), surtout quand ils se trouvent à côté des amphiboles qui sont à son tour couronnés par des contours irréguliers. En effet, cette apparence sur les bordures explique qu'une réaction métasomatique entre ces deux minérales pourrait se produire par un changement thermodynamique de l'environnement.

Les plagioclases souvent caractérisés par des macles polysynthétiques ont une forme trapue. La teneur moyenne en anorthite est entre 35 à 65%. Donc, il s'agit d'un plagioclase basique, plus précisément de l'andésine et de labrador.

Le quartz limpide en LPNA et gris claire en LPA, est peu abondante. Son habitus est généralement étiré en petits cristaux par rapport aux feldspaths. La majorité du quartz présente des microfractures.

Les minéraux ferromagnésiens sont plus abondants que le quartz. Par contre, peu abondant par rapport aux feldspaths. En LPA, l'amphibole a un relief fort et fracturé fréquemment en quasi-losangique, qui est résulté de leur clivage parfait dans deux plans. La majorité des amphiboles ont une taille centimétrique xénomorphe avec le contour déchiqueté souvent à côté d'une orthose. Ce minéral est très remarquable en LPNA par sa couleur brun-verdâtre et la visibilité des clivages losangique sous forme de petit fracture.

La biotite malgré son abondance dans la plage de la lame, il est fréquemment décrit des allures désordonnées. Cela peut être dû perpétuellement par le phénomène d'altération et entraîne une dissolution partielle ou voir même totale de la composante de la biotite qui est connu par sa sensible à la variation de température. Donc, il pourrait s'altérer facilement et donne une forme mal déterminée.

Les pyroxènes, se montrent sous formes de minéraux accessoires, en petits cristaux et à relief très prononcé en LPNA. Ils se sont accolés avec les amphiboles et son pléochroïsme allant de blanchâtre au jaune en LPA. L'observation microscopique a pu montrer la forme automorphe des cristaux de pyroxène qui se présente en section hexagonale. Cela pourrait expliquer que le temps de cristallisation ou recristallisation de ce minéral est raisonnablement suffisant pour qu'il puisse de développer malgré leur petite grandeur. Ces petits cristaux de pyroxènes ne suivent pas l'orientation générale de la foliation de la roche. Par contre, ils ont une direction parallèle un peu plus décalée par rapport aux autres minérales notamment, les amphiboles, les feldspaths et le quartz. En effet, la déformation au niveau de la variation de l'orientation des minéraux d'après l'observation au microscope conduit qu'il y aurait des variétés de phénomène métamorphique qui ont donné cette différenciation. Il est à noter

que les pyroxènes sont des minéraux stables à une température et pression élevée selon la série de Bowen, et figure parmi les minéraux qui cristallisent à la phase initiale.

L'abondance des feldspaths et les ferromagnésiens bien que le quartz présente en quantité faible ainsi la structure porphyroblastique avec des phénocristaux des amphiboles définies que la roche est un gneiss à amphibole.

### Pegmatite

L'échantillon SoaRo\_007 (Figure 2e) a une structure macrogrenues, de couleur leucocrate en rose claire et ne présente aucun rubanement métamorphique ni de parallélisme d'orientation des minéraux. Les minéraux dominants sont les feldspaths potassiques, environ 45% et le quartz ne figure que 35% en moyenne.

Les feldspaths potassiques : les microclines et les orthoses en xénomorphe sont très fracturés. Ce fait favorise la séricitisation ou l'altération par dissolution des éléments des minéraux potassiques par un apport hydrothermal. En conséquence, des bavures « poussiéreuses » vont se former des minéraux accessoires comme des fines lamelles d'albite exsolu qui est très fréquent dans les orthoses.

Les myrmékites en forme des bourgeons vermicelles sont souvent remarqués au contact de l'orthose, le quartz et/ou le microcline. En LPNA (Figure 2 e et f), la myrmékite se présente comme une conséquence de réaction thermo-chimique au contact des deux feldspaths potassiques.

Par ailleurs, les microclines possèdent deux associations sécantes de familles des macles polysynthétiques avec une extinction droite en LNA et colorés en grise claire.

Pour les orthoses, ils disposent des macles doubles « macles de Carlsbad », leur forme est en principe en trapue xénomorphe en phénocristaux avec une teinte grise claire au noir selon l'angle de l'observation en LPNA; et en faible relief en LPA. L'altération peptidique est toujours présente dans la plage des orthoses.

Concernant le quartz, il n'est pas assez fréquent dans l'échantillon, par contre des fractures figurent dans les minéraux qui sont reconnaissables en LPA.

Les autres minéraux comme les minéraux opaques sont considérés comme des minéraux opaques à cause de leur faible pourcentage. Mais, la biotite qui présente en 15% caractérisé par bordures déchiquetées avec la LPA.

En effet, la structure, texture ainsi que la composition minéralogique et les caractéristiques physiques des minéraux au microscope déterminent que l'échantillon SoaRo\_007 est une pegmatite.

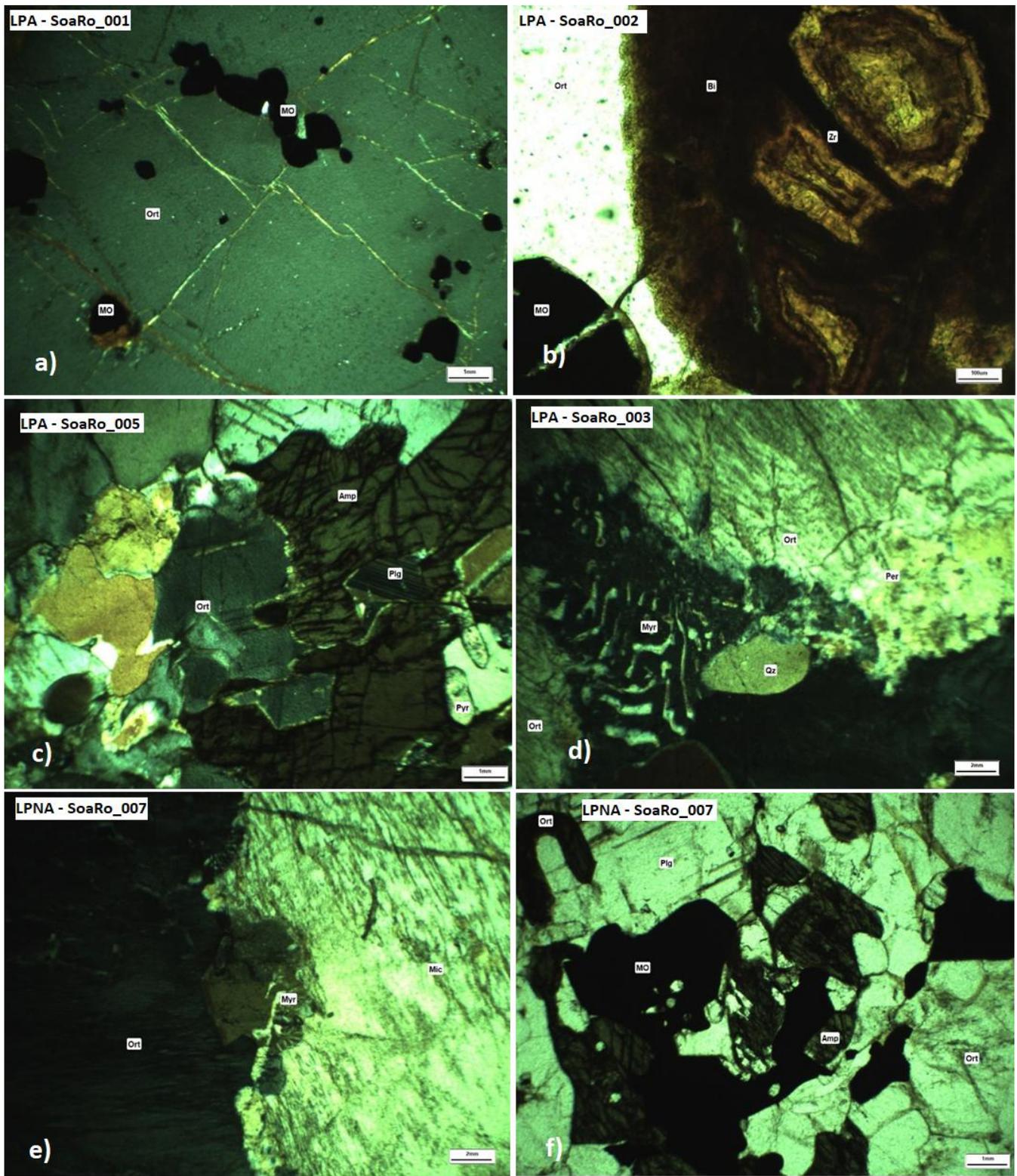


Figure 2: Microphotographie LPA et LPNA des échantillons

## Structure géologique

### Structure ductile

Après traitement des images satellitaires, une carte des trajectoires de foliation est obtenue. Cette carte discerne trois générations de foliation bien visibles. La génération E-W dans la partie Nord et la génération NW-SE, NE-SW dans la partie Sud. Cette observation permet de délimiter trois domaines d'homogénéité structurale (DHS) différents qui sont le DHS I de Zoma-Bealoka au Nord, le DHS IIA de Soanierana au Sud-Ouest et le DHS IIB d'Ampahimanga au Sud-Est (Figure 3).

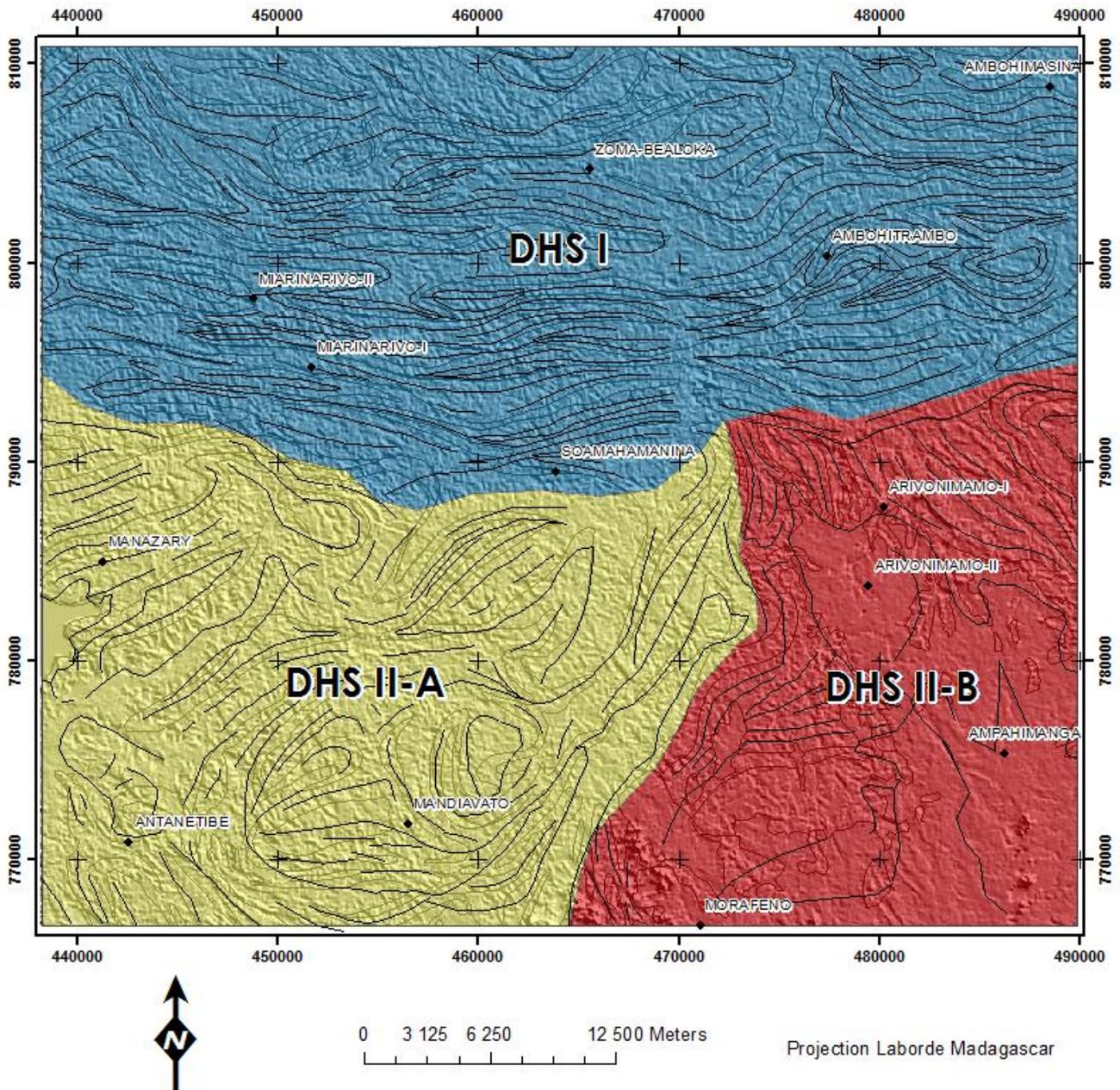


Figure 3: Carte des trajectoires des foliations et délimitation des DHS

Les données de relevés cartographiques de foliations (direction, plongement) ont été reportées pour chaque DHS sur le canevas de Wulff. On obtient les traces cyclographique et les pôles correspondants ainsi que le stéréogramme de densité dans la Figure 4.

Pour le DHS I, les observations montrent qu'il y a une génération de plans de foliation dans la zone : un plan orienté N86 de plongement 43°N. Ces données témoignent une série isoclinale dans laquelle se succèdent des plis serrés isoclinaux d'axe N86, de pendage apparent 43S se jetant vers le Nord. Tous les plis dans ce domaine sont donc, d'une façon très générale, fortement déversés vers le Nord. Ce qui suppose que Zoma-Bealoka a été affecté par une déformation compressive majeure D1 générant des plis déversés de direction Est Ouest (Figure 4 A et B).

Trois meilleurs plans représentatifs de la foliation, trois pôles correspondants et deux modes de distribution du stéréogramme d'isodensité de foliation sont observés dans la zone de Soanierana DHS IIA (Figure 4 D). Ces observations montrent qu'il y a deux générations de plans de foliation dans la zone: un plan orienté N87 de plongement 44°N (relatif au mode 1) et un autre orienté N44 de plongement 39°NW (relatif au mode 2). Celle-ci témoigne une interférence de deux plis : le premier pli F1 d'axe N87 aurait été repris par un second pli F2 d'axe N44 (NE-SW). L'axe du pli résultant est celui du dernier repli N44. Ce qui suppose que DHS-IIA aurait été affecté par deux déformations compressives majeures (D1, D2) (Figure 4 C) générant des plis déversés d'axe E-W aux plis déjetés d'axe NE-SW. La déformation D1 est due à une compression NS (perpendiculaire à la direction du plan de foliation N87) et la déformation D2 est due à une compression NW-SE (perpendiculaire à la direction du plan de foliation N44).

Pour le domaine d'Ampahimanga DHS IIB, on a trois meilleurs plans représentatifs de la foliation, trois pôles correspondants et trois modes de distribution de courbes d'isodensité de foliation (Figure 4 E et F).

Ces observations montrent qu'il y a trois générations de plans de foliation dans la zone : un plan orienté N7 de plongement 42°W, un autre orienté N87 de plongement 44°N et un dernier orienté N131 de plongement 45°SW. Celle-ci témoigne une interférence de 3 plis : le premier pli F1 d'axe N87 aurait été repris par un second pli F2 d'axe N44 (NE-SW). L'axe du pli résultant est celui du dernier repli F3 qui est le N7.

Ce qui suppose que le domaine d'Ampahimanga aurait été affecté par trois déformations compressives majeures (D1, D2, D3) (Figure 4 E) générant des plis couchés aux plis déjetés. La déformation D1 est due à une compression NS (perpendiculaire à la direction du plan de foliation N87), D2 est causée par une compression NW-SE (perpendiculaire à la direction du plan de foliation N44) et la déformation D3, par une compression EW (perpendiculaire à la direction du plan de foliation N7).

### Structure cassante

Après les différents traitements de l'image satellitaire couvrant la zone d'étude, une carte des structures cassantes est établie par rehaussement des linéaments (Figure 5).

Le secteur montre une dispersion des valeurs sur la rosace avec des pics importants. Les principaux pics sont les suivants : N20-N30 (14,46 % des longueurs pour 14,42% des fréquences), N10-N20 (9,28% des longueurs pour 9,94 des fréquences), N70-N80 (8,07 % des longueurs pour 9,55% des fréquences) et enfin N0-N10 (9,25% des longueurs pour 9,35% des fréquences) (Figure 6 A et B).

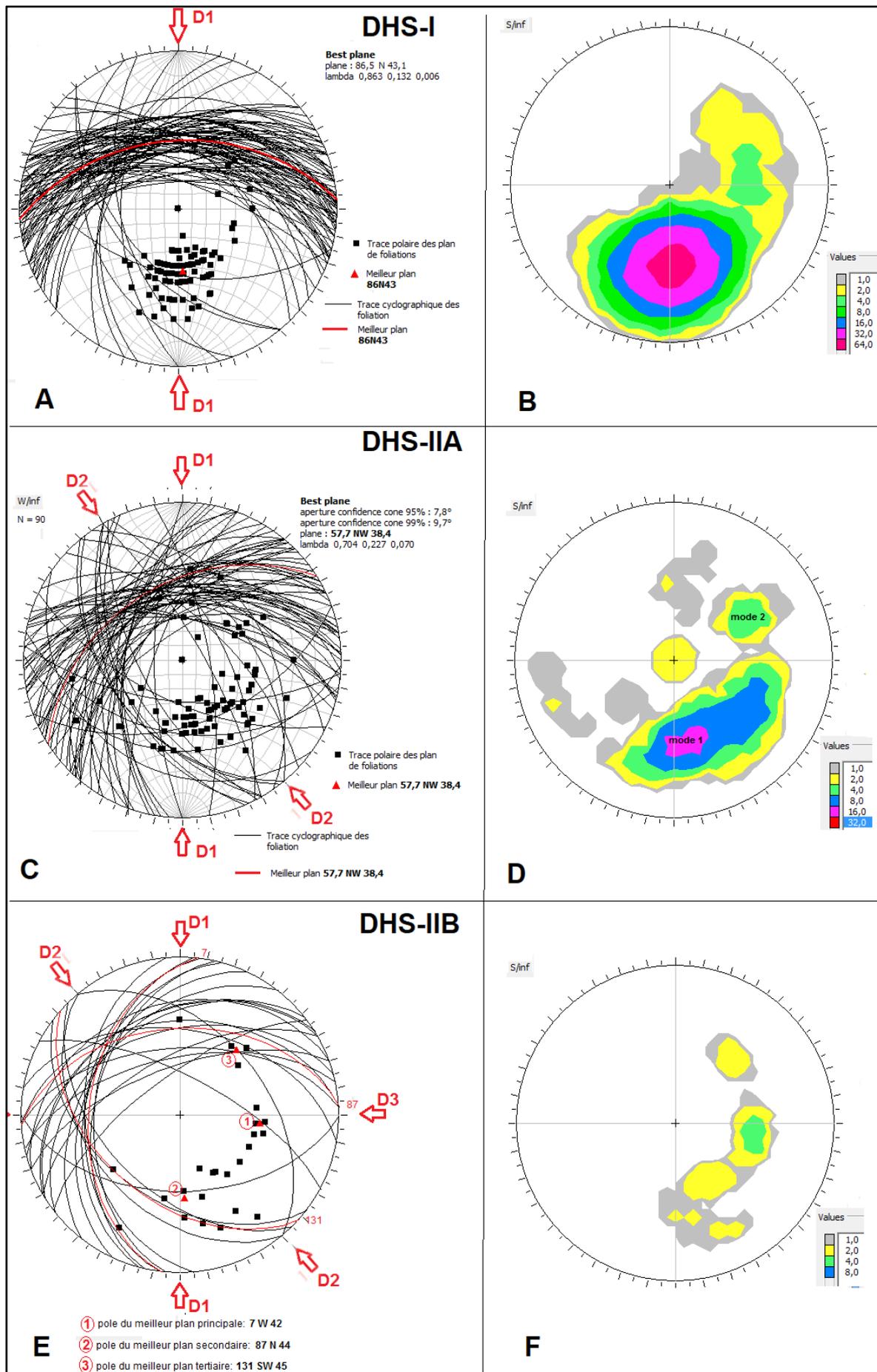


Figure 4 : Stéréogramme de dispersion des pôles et direction des déformations (A,D,G), Stéréogramme d'isodensité des pôles (B,E,H) et rosace des directions des axes des plis (C,F,I).

L'ensemble de ces pics d'orientation fait ressortir que la classe de direction NNE-SSW constitue la direction majeure de la trame linéamentaire avec une longueur cumulative de 33 % pour une fréquence de 33,72 %. Les directions secondaires sont par ordre décroissant, les classes WSW-ENE et E-W (Figure 6 C). Les autres directions sont très faiblement représentées.

L'analyse de la distribution des fréquences en nombre des trois premières classes majeures indique une forte similitude avec la distribution des fréquences en longueurs cumulées de ces classes (Figure 6). Autrement dit, les fractures les plus abondantes sont aussi les plus longues.

### **Minéralisation aurifère**

Les points de prélèvement des échantillons ainsi que les résultats correspondants sont représentés sur la Figure 5. La majorité des échantillons testés positifs ainsi que les indices d'or se trouvent dans les formations migmatitiques. Dans la formation gneissique, tous les échantillons présentent des résultats à teneurs positifs.

La carte de la Figure 5 montre deux variations importantes de la répartition de teneur en or. Ces variations suivent l'allure générale des foliations dans la zone d'étude. Ce qui affirme que la minéralisation est contrôlée par les déformations ductiles. Parmi les trois domaines d'homogénéité structurale définie dans la zone d'étude, la structure du domaine de Zoma-Bealoka (DHS-I) dans la partie Nord reste la source principale de la minéralisation. Cette structure est caractérisée par des plis d'axe EW engendrés par une contrainte compressive de déformation D1 de direction NS.

Le lien entre les indices d'or et les linéaments peut se manifester de deux façons. Le premier est que les indices se situent à proximité immédiate d'un linéament. Dans la figure 5, la tendance des indices à se localiser près d'un linéament semble se vérifier. Par contre, il n'a pas été possible de prouver statistiquement ce lien. La deuxième façon de se manifester pour un lien est par une association zonale. Il s'agit de vérifier si la densité régionale des linéaments présente des caractéristiques communes avec la répartition régionale des indices à teneur élevée. Les indices ont une tendance à se regrouper.

## **DISCUSSION**

Les documents antérieurs sur la tectonique et le métamorphisme affirment la relation entre la concentration minérale avec l'évènement géologique majeure. Le socle malagasy a été traversé par des successions d'orogénèse majeure et des remontés magmatiques. Ces différentes manifestations conduisent aux comportements minéralogiques de la formation géologiques Précambrienne. En effet, l'altération au niveau microscopique de certains minéraux indique le changement thermobarométrique et géochimique de la roche.

Principalement, selon la carte géologique de la zone, les gneiss et migmatites recouvrent l'affleurement. Les gneiss à amphiboles et à biotites encaissent les veines de quartzite (Soa\_Ro\_001-002) à magnétite et les pegmatites.

En général, la minéralisation aurifère est rattachée avec les veines de quartz ou de quartzite à magnétite, concordants (cas de Maevatanana) ou recoupant (cas de Dabolava) la formation encaissante (Fripp, 1976; Ramiandrisoa, 2010).

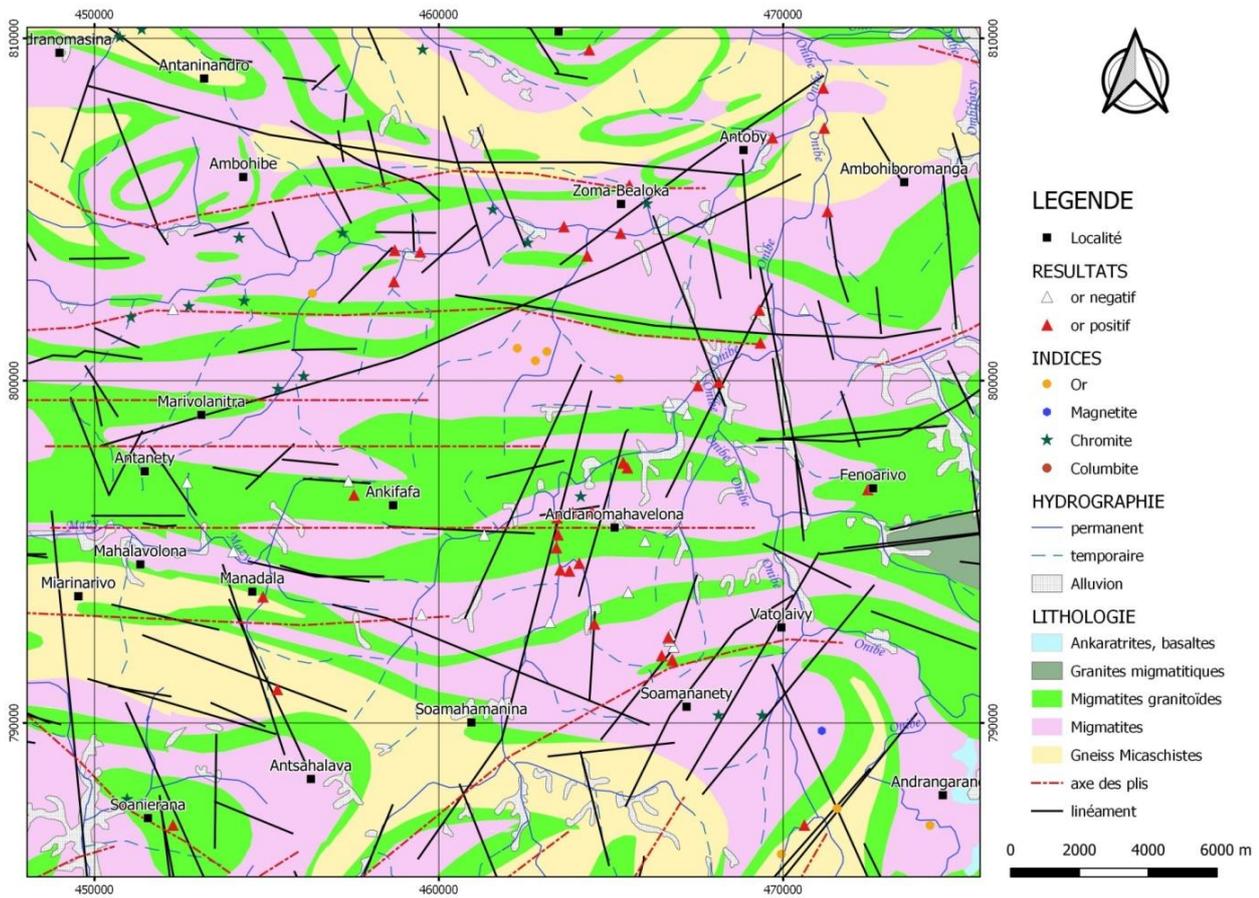


Figure 5 : Couplage de la carte de minéralisation avec la lithologie et linéament

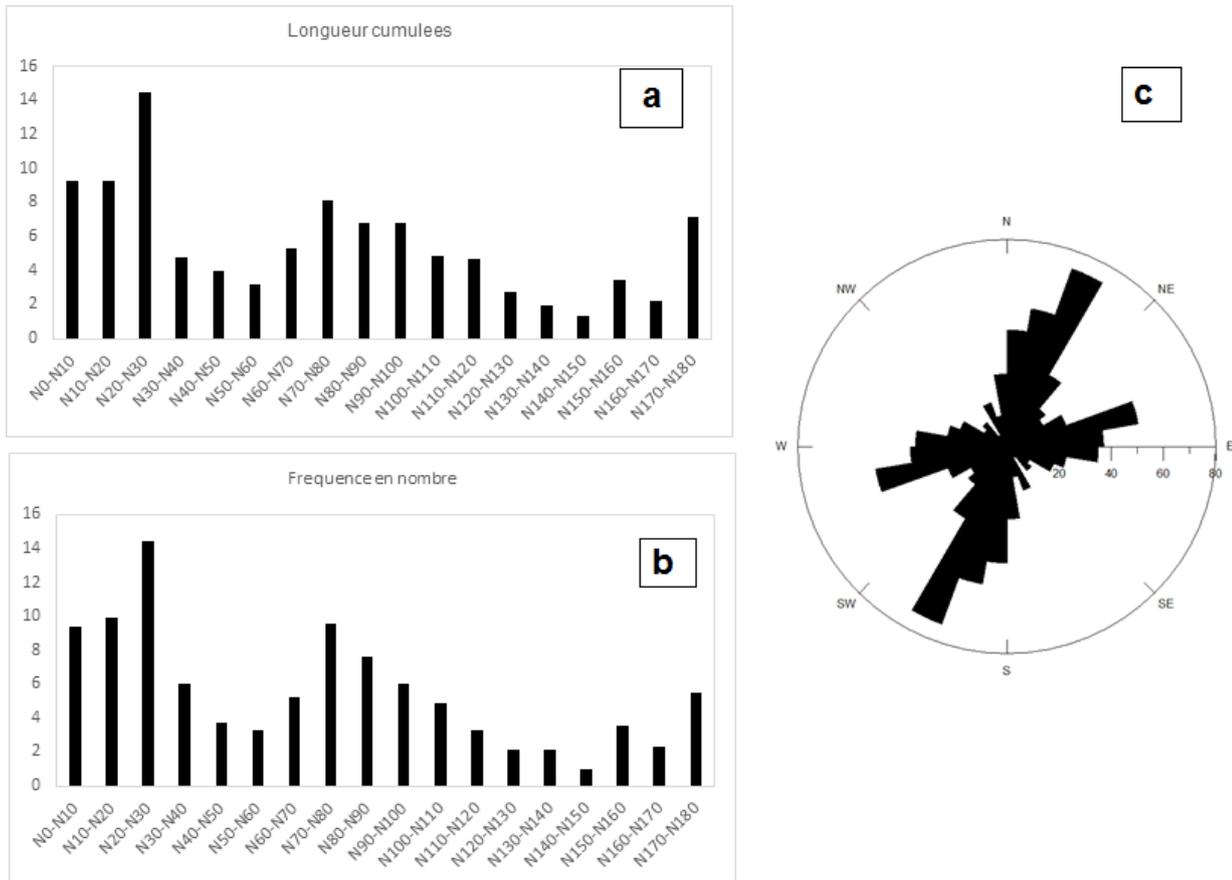


Figure 6 : Résultats statistiques des linéaments

Le cas de Soamahamanina et Zoma-Bealoka est similaire avec cette théorie parce que la direction générale des quartzites n'est pas uniforme. Donc, la mise en place de ces quartzites est postérieure à la formation encaissante gneissique et migmatitique. Par ailleurs, ces deux formations n'appartiennent pas à l'ancien bloc du Craton de Dharwar (Tucker et al, 2011a). Ce sont des formations récentes dérivées par des sédiments continentaux. L'étude chronologique de DeWaele (2004) a pu identifier à partir d'un zircon du groupe d'Ambatolampy que l'âge de la formation est approximativement entre 840 et 550Ma. Par contre, lors de la formation géologique de Madagascar, l'évènement Cryogénien daté de 700Ma a généré la formation de la Suite d'Imorona-Itremoqui possède une importance minéralisation aurifère (PGRM, 2012). Cet évènement Cryogénien a conduit la remonté des intrusions plutoniques surtout dans la partie centrale de Madagascar (Handke et al, 1999; Kröner et al, 2000; Ashwal et al, 2002; Bybee et al, 2010). D'autre point de vue, les grands linéaments structuraux de direction majeurs Nord- Sud qui traversent le socle de Madagascar sont recoupés dans la partie centrale par la Virgation d'Antananarivo (Ralison, 1998; Nédélec et al, 2000 ; Goncalves, 2002) et passent notamment dans la zone d'étude. La formation géologique dans la partie centrale est perturbée par ces structures qui influencent la minéralisation (Windley et al, 1994). Les caractéristiques migmatitiques de cette zone soulignent la présence des faciès granulites, conditionnés par l'élévation de températures avec une faible pression (Ralison, 1998). De plus la succession de l'orogénèse PanAfricain(550Ma) et Ediacarien (Schreurs et al, 2010; Tucker et al, 2007; CGS, 2009a et b) confirme l'impact du phénomène à la formation.

En effet, les caractères des minéraux constituant le gneiss, notamment : les bordures irréguliers des biotites et orthoses, les aspects poussiéreux dans les feldspaths pour donner les perthites et séricites, la présence des structure myrmékitique, la structure granoblastique et porhéroïde ainsi que l'existence des mini-cristaux de pyroxènes révèlent l'empreinte des différents phénomènes sur le gneiss. Pourtant, ces critères sont typiquement liés par une circulation de fluide hydrothermale, du fait que Soamahamanina et Zoma-Bealoka font partie de la zone de cisaillement de direction Est Ouest de la Virgation d'Antananarivo (Nédélec et al, 2000 ; Goncalves, 2002). Il est constaté d'après la carte de Tucker (2011) et la carte structurale de Windley (1994) ainsi que la carte de minéralisation aurifère de PGRM (2012) que la partie où se passent ces linéaments structuraux (Angavo-Ifanadina, Bongolava-Ranotsara, Ampanihy, Ampandrandava, Tranomaro et la Virgation d'Antananarivo) présente des concentrations aurifères. Ces concentrations sont observées dans la côte Est, au Sud, au Nord et au Centre de Madagascar.

L'orientation majeur des déformations cassantes de la zone d'études est dictée par les grands évènements géologiques dont la première déformation EW est lié à un évènement antérieur du Panafricain particulièrement le domaine de Zoma-Bealoka DHS-I (Goncalves, 2002) qui pourrait être l'Orogénèse Mozambicaine. La deuxième déformation notamment contemplée dans le domaine de Soanierana et d'Ampahimanga DHS-II, de direction NS et parfois NNE-SSW sont respectivement syn ou postérieur à l'orogénèse Pan-Africain et à la dislocation de Madagascar avec le Gondwana.

De ce fait, la concentration aurifère de Soamahamanina et Zoma-Bealoka est lié à la mise en place de la Virgation d'Antananarivo. Ce phénomène a permis la circulation des fluides dans les microfractures de quartz et des

feldspaths du quartzite à magnétite. La minéralisation aurifère est généralement contrôlée ou remobilisée le long des structures, en particulier près des fractures majeures. Lithologiquement, l'or primaire est disséminé dans les formations gneissiques. Un métamorphisme de haut grade (minéraux indicateurs : grenat, sillimanite, disthène), accompagné par la déformation structurale D1 caractérisé par des plis serrés isoclinaux d'axe N86, de pendage apparent 43S se jetant vers le Nord ont joué un rôle de piège et favorisaient les interactions fluides-roches, et par la suite, les minéralisations aurifères. De plus, l'apparition des minéraux sulfurés dans le quartzite n'est pas détectée, alors que, la présence des minéraux ferromagnétiques est très fréquente. Alors, selon le modèle de minéralisation aurifère, la minéralisation de Soamahamanina et Zoma-Bealoka est un type mésothermal.

Trois types de minéralisation sont proposés pour Soamahamanina: (1) gisement primaire concentré dans les charnières des plis d'axe EW des séries gneissiques réactivée lors d'un évènement orogénique entre 700 et 532 Ma (Goncalves,2002) caractérisée par un métamorphisme des roches préexistantes dans le faciès granulite et accompagné par la contrainte de déformation D1 ; (2) gisement primaire lié aux fractures de direction presque NS et EW. Les fractures de direction NS sont engendrées par le même évènement orogénique responsable de la séparation de Madagascar avec l'Inde. Tandis que les fractures de direction EW est le résultat de la phase de rupture tardif lors de l'évènement responsable de la formation de la Virgation d'Antananarivo ; (3) les gisements secondaires qui correspondent aux gisements alluvionnaires et éluvionnaires.

## CONCLUSION

La contribution principale ce travail est de porter sur l'étude de l'interaction entre la structure tectonique, la lithologie, la minéralisation aurifère de Soamahamanina et Zoma-Bealoka. En partant de l'image satellitaire et des cartes géologiques antérieures, une descente sur terrain a été réalisée, ainsi que des travaux de laboratoire accompagnés par des recherches bibliographiques.

Ces travaux nous ont permis de présenter les grands traits structuraux essentiels de la zone d'étude. Une carte lithologique, une carte de la trajectoire de la foliation ainsi qu'une carte affinée des linéaments, ont été dressées. Si la carte de la trajectoire de la foliation a permis d'apprécier les différents modèles de déformations souples, la carte des linéaments quant à elle a permis de distinguer le tracé des différentes déformations cassantes.

Trois domaines d'homogénéité structurale (DHS) sont délimités après l'analyse des structures ductiles : le DHS I de Zoma-Bealoka au Nord, le DHS IIA de Soanierana au Sud-Ouest et le DHS IIB de Mahabo au Sud Est. L'analyse statistique des valeurs structurales a montré que la zone a été affectée par trois phases de déformation : D1 due à une contrainte de compression N-S, D2 due à une contrainte de compression NW-SE et D3 due à une contrainte de compression E-W. L'analyse statistique des fracturations issue par rehaussement des linéaments sur les images satellitaires a montré que deux principales directions des fractures NNE-SSW et WSW-ENE prédominent sur la carte.

L'analyse topologique entre ces déformations et la minéralisation nous a permis d'évaluer le comportement de la minéralisation par rapport à l'ensemble des linéaments ou à une famille en particulier. Ainsi, l'observation microscopique des lames minces nous a permis d'affirmer que la minéralisation de Soamahamanina et Zoma-Bealoka est un type mésothermal.

Trois types de minéralisation sont proposés pour Soamahamanina: (1) gisement primaire concentré dans les charnières des plis d'axe EW des séries gneissiques réactivée lors d'un évènement orogénique entre 700 et 532 Ma (Goncalves, 2002) ; (2) gisement primaire lié aux fractures de direction presque NS et EW et (3) les gisements secondaires qui correspondent aux gisements alluvionnaires et éluvionnaires.

## REFERENCES

Ashwal, L.D., Demaiffe, D., Torsvik, T.H., 2002. Petrogenesis of Neoproterozoic granitoids and related rocks from the Seychelles: evidence the case for an Andean-type arc origin. *Journal of Petrology*, vol. 43, pp. 45-83.

Bybee, G.M., Ashwal, L.D., Wilson, A.H., 2010. New evidence for a volcanic arc on the western margin of a rifting Rodinia from ultramafic intrusions in the Andriamena region, North-Central Madagascar. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 293, n. 1-2, pp. 42-43.

CGS, 2009a. Map Explanation of 1/100 000 scale (Zone E) Feuilles I46-Ambararata, J46-Beopoaka, 47-Itondy, J47-Belobaka, K47-Ambatofotsy, I48-Miandrivazo, J48-Betondro, K48-Ambatondradama, I49-Ankotrofotsy, J49-Dabolava, K49-Anjoma-Ramartina, L49-Vasiana, M49-Ankazomiriotra, N49-Antsirabe. République de Madagascar, Ministère de L'Énergie et des Mines-Projet de Gouvernance des Ressources Minérales, Antananarivo, Madagascar and Council for Géoscience, Pretoria, South Africa.

CGS, 2009b. Map Explanation of 1/100 000 scale (Zone F) Feuilles G41-Ambohipaky, H41-Bevary, G42-Mangoboky, H42-Bekodoka, G43-Andolamasana, H43-Andrafialava and parts of G40-Ankasakasa, F40-Saint-Andre, F41-Betsalampy, H40-Maroboaly-Sud, I40-SoalalaSud, I41-Andranomavo, F42-Marovoay Kely, I42-Mahabe, F43-Bebao, F44-Antranogoaka, G44-Morafeno, I43-Amposa, H44-Bemolanga and I44-Makaraingo. Ministère de L'Énergie et des Mines-Projet de Gouvernance des Ressources Minérales, Antananarivo, Madagascar and Council for Géoscience, Pretoria, South Africa.

Delubac, G., Rakotoarison, W., Rakotonanahary., 1964. Etude géologique et prospection des feuilles au 1/100 000 Miarinarivo et Arivonimamo. *Travaux du Bureau Géologique n°120*, 36p.

DeWaele, B., 2004. Proterozoic tectonostratigraphy and paleogeography of central Madagascar derived from detrital zircon U-Pb age populations. *The Journal of Geology*, vol. 112, n. 04, pp. 379-399.

Fripp, R.E.P., 1976. Stratabound gold deposits in Archean banded iron-formation, Rhodesia. *Economic Geology*, vol. 71, n. 1, pp. 58-75.

Goncalves, P., 2002. Pétrologie et Géochronologie des granulites de Ultra-Haute Températures de l'unité basique d'Andriamena (Centre-Nord Madagascar). Apport de la géochronologie in-situ U-Th-Pb à l'interprétation des trajets P-T. Thèse de Doctorat (spécialité : Pétrologie), Laboratoire Magmas et Volcans-Université Blaise Pascal, 320p.

Handke, M. J., Tucker, R. D., Ashwal, L. D., 1999. Neoproterozoic continental arc magmatism in west-central Madagascar. *Geology*, vol. 4, pp. 351-354.

Kröner, A., Hegner, E., Collins, A. S., Windley, B. F., Brewer, T. S., Razakamanana, T. & Pidgeon, R. T., 2000. Age and magmatic history of the Antananarivo block, central Madagascar, as derived from zircon geochronology and Nd isotopic systematics. *American Journal of Science*, vol. 300, n. 04, pp. 251-288.

Nédélec, A., Ralison, B., Bouchez, J.L., Grégoire, V., 2000. Structure and metamorphism of the granitic basement around Antananarivo: a key to the Pan-African history of central Madagascar and its Gondwana connections. *Tectonics*, vol. 19, n. 05, pp. 997-1020.

PGRM., 2012. Nouvelles cartes géologiques et métallogénique de Madagascar à 1/1 000 000, Principaux résultats, Antananarivo 28 et 29 Juin 2012 (Colloque).

Ralison, B.A.N., 1998. Structure et pétrologie du socle granitique panafricain dans la région d'Antananarivo. Implications géodynamiques. Thèse de Doctorat de l'Université d'Antananarivo, 120p.

Ramiandrisoa, N., 2010. Etude métallogénique du gisement d'or de Dabolava - Centre Ouest de Madagascar - Un exemple typique de minéralisation aurifère mésothermale dans des formations protérozoïques. Thèse de Doctorat de l'Université d'Antananarivo. 110p.

Schreurs, G., Giese, J., Berger, A., Gnos, E., 2010. A new perspective on the significance of the Ranotsara Shear Zone in Madagascar. *International Journal of Earth Sciences*, vol. 99, n. 08, pp. 1827-1847

Tucker, R.D., Kusky, T.M., Buchwaldt, R., Handke, M.J., 2007. Neoproterozoic nappes and superposed folding of the Itremo Group, west-central Madagascar. *Gondwana Research*, vol. 12, pp. 356-379.

Tucker, R.D., Roig, J.Y., Delor, C., Amelin, Y., Goncalves, P., Rabarimanana, M.H., Ralison A.V., Belcher, R.W., 2011a. Neoproterozoic extension in the Greater Dharwar Craton: a reevaluation of the Betsimisaraka « suture » in Madagascar. *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 48, pp. 389–417.

Tucker, R.D., Roig, J.Y., Delor, C., Amelin, Y., Goncalves, P., Rabarimanana, M.H., Ralison A.V., Belcher, R.W., 2011b. A new geological framework for south-central Madagascar, and its relevance to the “out-of-Africa” hypothesis. *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol, 48, n. 2, pp. 389-417.

Tucker, R.D., Peters, J. Roig, H. Théveniaut et C. Delor., 2012. Notice explicative des cartes géologique et métallogénique de la République de Madagascar à 1/1 000 000. Antananarivo : Ministère des Mines, République de Madagascar, 261p.

Windley, B.F., Razafiniparany, A., Razakamanana, T., Ackermann, D., 1994. Tectonic framework of the Precambrian of Madagascar and its Gondwana connections: a review and reappraisal. *Geologische Rundschau*, vol. 83, pp. 642-659.