SOMMAIRE

| ABRÉVIATIONS ET SIGNES CONVENTIONNELS | III |
|---|---------------------|
| LISTE DES TABLEAUX | V |
| LISTE DES FIGURES | VI |
| LISTE DES ANNEXES | VII |
| INTRODUCTION | 1 |
| Partie I : Généralités | 3 |
| CHAPITRE I : Madagascar | 4 |
| CHAPITRE II : La Région de Melaky | 14 |
| CHAPITRE III : Zone d'étude : Andrafialava | |
| CHAPITRE IV : LE SIG | |
| CHAPITRE V : La télédétection | |
| Partie II : Matériels et méthodes | |
| CHAPITRE I : Matériels | |
| CHAPITRE II : Méthodes | |
| Partie III : Résultats et Interprétations | 60 |
| CHAPITRE I : Résultats et interprétations du traitement des donné | ées géochimiques 61 |
| CHAPITRE II : Les traits structuraux | 71 |
| CHAPITRE III : La méthode magnétique | 74 |
| Synthèse des résultats géologiques, géochimiques et géophysiques | |
| Conclusion Générale | |
| Références Bibliographiques et Webographiques | |
| Annexes | i |
| TABLE DES MATIERES | |

ABREVIATIONS ET SIGNES CONVENTIONNELS

| Ag | : Argent |
|----------------|---|
| Al | : Aluminium |
| Au | : Or |
| Ba | : Baryum |
| BD | : Base de données |
| Ca | : Calcium |
| Cd | : Cadmium |
| Ce | : Césium |
| Со | : Cobalt |
| Coeff.de corr. | : Coefficient de corrélation |
| cov (x,y) | : Covariance |
| Cr | : Chrome |
| Cu | : Cuivre |
| E | : East ou Est |
| è | :-ème |
| ETM | : Enhanced Thematic Mapper |
| Fe | : Fer |
| FTM | : FoibeTaosaritanin'iMadagasikara |
| IRT | : InfraRouge Thermique |
| Κ | : Potassium |
| km | : Kilomètre |
| km² | : Kilomètre carré |
| La | : Lanthane |
| Li | : Lithium |
| m | : Mètre |
| Mg | : Magnésium |
| M_{G} | : Moyenne géométrique |
| MIR | : Moyen InfraRouge |
| Mn | : Manganèse |
| Мо | : Molybdène |
| Mr | : Monsieur |
| Ν | : North ou Nord |
| Na | : Sodium |
| Nb | : Niobium |
| Ni | : Nickel |
| n° | : Numéro |
| 0 | : Oxygène |
| Pb | : Plomb |
| Pd | : Palladium |
| PGRM | : Projet pour la Gouvernance des Ressources Minérales |
| PIR | : Proche InfraRouge |
| ppm | : Partie par million |
| | |

| Pt | : Platine |
|---------------|---|
| Rb | : Rubidium |
| σ | : Ecart-type (lettre sigma) |
| S | : South ou Sud |
| Sb | : Antimoine |
| SIG | : Systèmes d'Informations Géographiques |
| Sn | : Etain |
| St | : Saint |
| Т | : Tesla |
| Та | : Tantale |
| TBG | : Travaux du Bureau Géologique |
| Th | : Thorium |
| Ti | : Titane |
| ТМ | : Thematic Mapper |
| Type de corr. | : Type de corrélation |
| U | : Uranium |
| V | : Vanadium |
| W | : Tungstène |
| W | : West ouOuest |
| X | : Moyenne arithmétique |
| Y | : Yttrium |
| Zn | : Zinc |
| Zr | : Zirconium |
| μm | : Micromètre |
| % | : Pourcent |
| 0 | : Degré |
| °C | : Degré Celsius |

Rapport-gratuit.com

LISTE DES TABLEAUX

| Tableau 1 : Classification des éléments trouvés dans la zone | |
|---|----|
| Tableau 2 : Tableau des paramètres statistiques des éléments | |
| Tableau 3 : Tableau des distributions des éléments | |
| Tableau 4 : Tableau Pb | |
| Tableau 5 : Tableau Mn. | |
| Tableau 6 : Tableau Au | |
| Tableau 7 : Tableau Nb | |
| Tableau 8 : Tableau Th | |
| Tableau 9 : Tableau U. | |
| Tableau 10 : Tableau La | |
| Tableau 11 : Tableau Cu | |
| Tableau 12 : Tableau Ba | |
| Tableau 13 : Tableau Y | |
| Tableau 14 : Tableau de corrélation | 53 |
| Tableau 15: Variation des corrélations | |
| Tableau 16: Tableau des couples en corrélation | |
| Tableau 17: Tableau de l'analyse factorielle | |
| Tableau 18 : Classification des traits structuraux suivant leur direction | |

| LISTE DES FIGURES | 5 |
|-------------------|---|
|-------------------|---|

| Figure 1 : Localisation de Madagascar | 4 |
|--|-------|
| Figure 2 : Carte des grands domaines de Madagascar | 12 |
| Figure 3 : Carte délimitant le socle cristallin et les bassins sédimentaires | 13 |
| Figure 4 : Carte de localisation de la Région de Melaky | 14 |
| Figure 5 : Carte hydrographique de la Région de Melaky | 17 |
| Figure 6 : Carte géologique H43 extraite de la feuille GH43 (Service Géologique - 1958 | 3) 22 |
| Figure 7 : Carte lithologique de la zone d'étude modifiée à partir de la feuille GH43 | 23 |
| Figure 8 : Objectif du SIG | 26 |
| Figure 9 : Fonctionnalité de la télédétection | 29 |
| Figure 10 : Plan de masse des prélèvements géochimiques | 35 |
| Figure 11 : Organigramme résumant la méthodologie de l'étude | 36 |
| Figure 12 : Aperçu d'un tracé sur papier logarithme | 41 |
| Figure 13 : Graphe Pb | 42 |
| Figure 14 : Graphe Mn | 43 |
| Figure 15 : Graphe Au. | 44 |
| Figure 16 : Graphe Nb | 45 |
| Figure 17 : Graphe Th. | 46 |
| Figure 18 : Graphe U | 47 |
| Figure 19 : Graphe La. | 48 |
| Figure 20 : Graphe Cu | 49 |
| Figure 21 : Graphe Ba. | 50 |
| Figure 22 : Graphe Y. | 51 |
| Figure 23 : Diagramme de dispersion des éléments en forte corrélation | 56 |
| Figure 24 : Déroulement du traitement des données magnétiques | 59 |
| Figure 25 : Carte d'isoteneur du Fer. | 62 |
| Figure 26 : Carte d'isoteneur do Molybdène | 63 |
| Figure 27 : Carte d'isoteneur du Niobium | 64 |
| Figure 28 : Carte d'isoteneur du Vanadium. | 65 |
| Figure 29 : Carte d'isoteneur de l'Yttrium | 66 |
| Figure 30 : Carte d'isoteneur du Thorium | 67 |
| Figure 31 : Carte d'isoteneur de l'Uranium. | 68 |
| Figure 32 : Carte des indices | 70 |
| Figure 33 : Cartes des linéaments | 72 |
| Figure 34 : Rosace directionnelle des traits structuraux | 73 |
| Figure 35 : Carte Champ magnétique total et teneur en Fe de la zone | 75 |
| Figure 36 : Carte gravimétrique | 77 |
| Figure 37 : Carte de synthèse | 79 |
| | |

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Clarke ou teneur moyenne selon CLARKE, WASHINGTON et GOLDSCHMIDT...... ii

Annexe 2 : Feuille GH43 ANKAVITRA-ANDRAFIALAVA (Service Géologique – 1958) iii

9 INTRODUCTION

Madagascar, une île à forte potentialité minière depuis le temps de nos ancêtres jusqu'à nos jours. De nombreux minerais ainsi que de pierres précieuses sont exploités partout dans la grande île depuis plusieurs années.

De nos jours, plusieurs sociétés minières ne cessent de faire des recherches en vue de trouver de nouveaux indices pour une éventuelle exploitation. Avec l'aide des nouvelles technologies qui évoluent de jour en jour, ces sociétés acquièrent des données et des informations fiables.

Dans la partie Ouest, malgré des études, les grandes entreprises se focalisent à la recherche d'indice pétrolière et néglige ainsi les minerais en raison du peu d'informations minières de la zone.

De ce fait, ce manuel a été fait dans le but d'apporter et de synthétiser des informations exploitables par l'utilisation des différentes données que se soient géochimiques, géophysiques et même structurales et permettra aux exploitants la dotation d'un guide pratique fiable pour faciliter leurs tâches d'exploitation des substances minières. Ce qui nous a permis d'intituler ce livre de mémoire « Analyses et traitements des données géologiques en vue d'élaboration d'une carte des indices. Cas de la zone d'Andrafialava Nord-Ouest de Madagascar ».

Ainsi, l'étude menée sur cette zone comporte trois parties :

- Généralités
- Méthodes et matériels
- Résultats et interprétations.

Partie I : Généralités

CHAPITRE I : Madagascar

I.1 Situation géographique

Madagascar avec ses 587 045 km² de surface est la quatrième grande île du monde (après Groënland, Nouvelle Guinée et Bornéo), située dans l'Océan Indien, et est séparée de l'Est Africain par le Canal de Mozambique à approximativement 400km.



Source : Google Earth.

Figure 1 : Localisation de Madagascar.

I.2 Géographie physique

Madagascar a une morphologie asymétrique avec une zone large à l'Ouest, topographiquement doux (0 - 1500m) et étroite qui tombe abruptement des pays montagneux centraux jusqu'à l'Océan Indien, dans la zone Est.

Madagascar a un climat semi-aride à aride au Sud, modéré à tropique au centre dépendant de l'élévation et de l'altitude et, un climat tropical à l'Est avec de fortes pluies abondantes.

Elle présente une diverse et fascinante variété de faune (particulièrement les primates primitifs : les lémurs) et de flore, avec plus de 90% des animaux et plus de 80% des plantes endémiques à l'île. La végétation varie de forêts tropicales qui contiennent des bois durs précieux à l'Est, à un pays boisé de savane et de prairies qui prédominent dans les régions de l'Ouest plus sèches, et une "forêt épineuse», et une végétation désertique qui se produit dans l'extrême Sud-Ouest.

I.3 Géologie de Madagascar

Madagascar est géologiquement constitué de deux entités :

I.3.1. La partie sédimentaire [1]

Zone essentiellement sédimentaire qui s'étend sur les régions côtières (à l'Ouest) occupant environ le tiers de l'île, et qui repose en discordance sur le socle cristallin ; communément appelée : couverture sédimentaire. Elle est peu déformée et non métamorphisée, datant du Carbonifère Supérieur jusqu'à l'actuel.

Cette partie sédimentaire est caractérisée par :

- Les formations Karroo datées du Carbonifère Supérieur jusqu'au Jurassique moyen, formées par :
 - A la base, le groupe de la Sakoa, du Carbonifère supérieur au Permien moyen.
 Il est composé de bas en haut par :
 - ✓ Une formation basale composée de conglomérats des grès à stratifications obliques ;
 - ✓ Une série glaciaire constituée de tillites, des grès grossiers et des schistes noirs pélitiques ;
 - ✓ Une série houillère (avec des grès grossiers à stratification) ;la série rouge inférieure est formée par un complexe argilogréseux ;
 - ✓ Et le calcaire de Vohitolia.

- Puis, le groupe de la Sakamena, daté du Permien supérieur au Trias moyen. Il est composé par :
 - ✓ La Sakamena inférieure formée par des conglomérats de base constitués des galets de quartz, de gneiss et de granites ;
 - La Sakamena moyenne avec une dominance de faci
 ès argilop
 élitique ;
 - ✓ Et la Sakamena supérieure à dominance gréseuse.
- Enfin le groupe de l'Isalo, daté du Trias moyen au Jurassique moyen. Il est composé de :
 - ✓ L'Isalo I, constitué de grès grossiers à stratifications obliques ;
 - L'Isalo II, représenté par des grès argileux à grains moyens et fins à stratifications obliques ;
 - ✓ Et l'Isalo III, constitué par des argiles gréseuses et du calcaire.
- ✤ La formation Post-Karroo, daté du Jurassique Supérieur à l'actuel.

Elle occupe essentiellement trois bassins occidentaux :

4 Le bassin d'Ambilobe de Diégo

Occupant l'extrême Nord de Madagascar, limité à l'Ouest par la presqu'île d'Ampasindava et à l'Est par l'Océan Indien. Le bassin est daté du Pléistocène à Crétacé et formé par :

- ✓ Le groupe de laSakamena avec une série grise formée par des grés grossiers et des schistes gris et une série rouge d'alternance de banc de grès verdâtre, d'argiles plus ou moins sableuses, d'argilites massives de couleur rouge ;
- ✓ Le groupe de l'Isalo, constitué de grès continentaux tendres, à stratifications entrecroisée avec des argilites sableuses.
- ✓ Les formations Post-Karroo composé d'argiles, des grès, de marne, de dolomie et de calcaire.

4 Le bassin de Mahajanga

S'étendant sur la côte Nord-Ouest entre la presqu'île d'Ampasindava et la région du Cap Saint-André et est daté du Permien Supérieur jusqu'à l'Actuel. Il est formé par :

- ✓ La Sakamena Inférieure avec une alternance d'argiles et des lits calcaires ;La Sakamena moyenne est constituée d'argiles à nodules ; la Sakamena supérieure par des grès fins, tendres et d'argilites bariolées de couleur rouge ;
- ✓ L'Isalo est représenté par des grès tendres, très perméables et mal cimentés se désagrégeant pour donner des sables siliceux en surface. On y distingue l'Isalo I qui recouvre laSakamena avec une discordance de quelques degrés, et est constitué de grès blancs grossiers avec des laminations obliques indiquant un régime climatique à pluviométrie importante avec des cours d'eau érodant le socle cristallin ; l'Isalo II est constitué d'une alternance de grès plus ou moins grossier à lamination oblique et d'argiles rouges parfois bariolées ; et l'Isalo III montre une alternance des grès à laminations obliques et d'argiles, les intercalations marines sont abondantes.
- ✓ Les terrains Post-Karroo sont surtout des séquences marines avec entre autre des marnes, des calcaires et des argiles.

Le bassin de Morondava

C'est la structure subsidente développée le long de la partie occidentale de Madagascar. Il est daté du Carbonifère supérieur à l'Actuel.

Le bassin est composé par :

✓ Le groupe de la Sakoa conservé dans les fosses méridionales (parties Sud et moyenne) et comprend : la série glaciaire à tillites constituée par des grès et des schistes reposant sur le socle, la série houillère est constituée par un changement brutal de faciès avec des grès et des arkoses à stratifications obliques, la série rouge est caractérisée par des argiles rouges, et le calcaire de Vohitolia ;

- ✓ Le groupe de la Sakamena comprend la Sakamena inférieure constituée par des grès fins et des schistes, la Sakamena moyenne composée par un ensemble argilo-schisto-gréseux où les bancs gréseux sont peu compacts, et la Sakamena supérieure caractérisée par des grès psammitiques à stratifications obliques et à ciment argileux ;
- ✓ Le groupe de l'Isalo est essentiellement détritique, avec l'Isalo I représenté par des grès grossiers avec des lits de galets de quartz et à stratification oblique, l'Isalo II est constituée par des grès à stratifications obliques, et l'Isalo III est composé d'un lithofaciès argilo-gréseux et du calcaire ;
- ✓ La formation Post-Karroo est constituée par des séries argilo-calcaires, des faciès calcaro-gréseux, des marnes et des calcaires.

I.3.2. Le socle cristallin

Le service géologique de Madagascar, mené par Henri Besairie, a étudié la cartographie de Madagascaren 1964. Il expose quele socle cristallin est divisé en trois grands systèmes : le système Androyen le plus ancien ; le système du Graphite ;et le système du Vohibory le plus récent [3].

-Le système d'Androyen proprement dit constitue la partie Sud de l'Ile de Madagascar.Il a été entièrement soumis au métamorphisme le plus intense (faciès granulite) et sa caractéristique pétrographique dominante est formée par des leptynites. Ce système est classifié comme suit :

-Le groupe de Fort-Dauphin ;

-Le groupe de Tranomaro ;

-Le groupe d'Ampandrandava ;

-Le système Antongil et Infragraphite.

-Le système du Graphite constitue la plus grande partie du socle cristallin. Il est caractérisé par la fréquence et souvent l'abondance du graphite. Ce système comprend :

-Le groupe du Migmatites, migmatites granitoïdes et granites
-Le groupe du Manampotsy ;
-Le groupe d'Ambatolampy ;
-Le groupe d'Andriba ;
-Le groupe d'Ampanihy.

-Le système du Vohibory tire son nom du Mont Vohibory, point culminant de la région du Sud-Ouest, proche de Sakoa. Il est caractérisé par la fréquence de roches amphiboliques et la présence d'anciens coulés basiques transformés en orthoamphibolites. Ce système a été subdivisé en plusieurs groupes :

-Le groupe du Vohibory ;

-Le groupe de Beforona ;

-Le groupe de Maevatanana ;

-Le groupe d'Amboropotsy et Série schisto-quartzo-calcaire.

La superposition de ces trois systèmes a été mise en évidence dans l'extrême Sud, sur l'axe Fort-Dauphin-Tuléar. Un quatrième système dit « **Série Schisto-Qaurtzo-Calcaire** » localisé dans le centre avait été considéré comme la formation terminale de Précambrien. Les études récentes ont montrés qu'il se place à la base du groupe d'Amborompotsy rattachés au système du Vohibory.

Cette vision de la géologie du précambrien a subi une modification suivant des données structurales et tectoniques ainsi que sur la connaissance géochronologique des évènements. F. Windley et A.Collins ont subdivisé le socle de Précambrien en trois blocs : le bloc d'Antongil au Nord et Nord Est, le bloc de Bekily au Sud et le bloc d'Antananarivo au centre.

Le bloc d'Antongil formé par des granites, granodiorites, migmatites, et gneiss du catarchéen stabilisés dans le faciès schiste vert au faciès amphibolite inférieur la partie nordest et extrême nord du socle cristallin. L'extrême nord du bloc d'Antongil est constitué par la nappe de Bemarivo dont le soubassement est formé par des migmatites, gneiss et amphibolites archéens d'origine sédimentaire d'origine sédimentaire d'Ambohipito. Ce soubassement a été métamorphisé par l'événement du 730Ma par les formations magmatiques calco-alcalines de Daraina et de Milanoa.

Le bloc de Bekily forme l'extrême sud du socle cristallin et setrouve au sud de la structure de Ranotsara. Les formations du protérozoïque intérieure essentiellement leptynitiques avec des intercalations ferro-magnésiennes et calco-magnésiennes qui le constituent sont stabilisées dans le faciès amphibolite supérieur au faciès granulite. Elles ont été intensément réactivées par les événements du néoprotérozoïque. Le bloc de Bekily est caractérisé par la minéralisation en phlogopite qui peut constituer des concentrations telles qu'elles acquièrent localement une importance minière et économique [13].

Le bloc d'Antananarivo occupe le reste de l'Ile et est localisé entre les blocs d'Antongil et de Bekily. Il est essentiellement formé par des schistes, migmatites, gneiss et des granitoïdes. Les formations géologiques sont essentiellement stabilisées dans le faciès amphibolite avant d'être intensément réactivées par les événements du néoprotérozoïque qui ont été responsables d'un métamorphisme prograde dans le faciès granulite accompagné d'un rajeunissement généralisé des biotites. Deux nappes sont connues dans le bloc d'Antananarivo : la nappe de Tsaratanana est constitué de formations migmatites et gneissiques de nature supracrustaleintrudées par des roches vertes qui forment trois ceintures : la ceinture de Maevatanana, la ceinture d'Andriamena et la ceinture de Befandrina-Alaotra-Beforona ; la nappe d'Itremo est constitué par des formations sédimentaires de plateforme continentale stable très faiblement métamorphisées [8]. Il est admis que les orthogneiss et les migmatites du groupe d'Ikalamavony-Amboropotsy décrits par Besairie seraient équivalentes abyssaux. La partie centrale, précisément le massif d'Itrémo et la bordure NE (IBITY), comporte des formations de Quartzitique avec des faciès schistes verts de base épaisse avec un métamorphisme minimal. La partie médiane est constituée de schiste pseudo-ardoisé, séricitoschistes, micaschistes et quelques intercalations d'amphibolopyroxénite à hornblende. Dans la partie supérieure il y a la formation carbonatée qui est le marbre dolomitique à divers minéraux définissant les couleurs du Marbre.

Depuis 2003, le PGRM notamment, ROIG J.Y, TUCKER R.D., PETERS S.G. et ses collaborateurs, a réalisé une révision fondamentale de la géologie du précambrien. Ils ont utilisé la cartographie à deux échelles : 1/1000 000 et 1/500 000 ainsi que d'autres techniques

modernes comme la télédétection,... pour compiler et réinterpréter les cartes géologiques existantes produites par le Service Géologique de Madagascar entre 1930 et 1975.

En 2012, Madagascar a été classé en six domaines et en trois nappes de charriage, définis par :

- ➢ Antongil-Masora ;
- Antananarivo(Tsaratanana);
- ➢ Vohibory ;
- Ikalamavony-Amborompotsy ;
- > Taolagnaro-Ampanihy;
- ➢ Bemarivo ;
- ➢ Nappe de Bemarivo ;
- ➢ Nappe d'Itremo ;
- Nappe de Tsaratanana.



Source : Carte des grands domaines de Madagascar, Direction de la Géologie.

Figure 2 : Carte des grands domaines de Madagascar

Ainsi, la figure 3 nous montre la délimitation entre le socle cristallin et les bassins sédimentaires.





Figure 3 : Carte délimitant le socle cristallin et les bassins sédimentaires.

CHAPITRE II : La Région de Melaky[6], [21]

II.1 Situation géographique

La Région de Melaky (figure 4) se trouve au centre Ouest de Madagascar et s'étend sur une superficie de 38852km² soit 25,89% de la superficie totale de la Province Autonome de Mahajanga. Elle est limitée au Nord par les Districts de Soalala et d'Ambato-Boeni, au Sud par les Districts de Belo-sur-Tsiribihina et Morondava, à l'Est par les Districts de Fenoarivobe et d'Ankazobe et à l'Ouest par le Canal de Mozambique.

La Région regroupe les Districts de Maintirano, d'Antsalova, de Morafenobe, d'Ambatomainty et de Besalampy.



Source : BD 500, BD100

Figure 4 : Carte de localisation de la Région de Melaky.

II.2 Milieu physique

II.2.1. Relief et paysage

La région de Melaky, de l'intérieur vers la côte se distingue par un vaste plateau qui s'abaisse doucement en plaine côtière vers le littoral.

♣ Les plateaux

- Les deux bassins sédimentaires du Menabe et du Boina s'ouvrent de part et d'autre du promontoire de l'Ambongo. La région du Melaky se trouve à cheval de ces bassins là où le socle disparaît sous des assis de plus en plus récents vers la mer.
- Un relief caractéristique de cuesta et de plateaux alternant avec des dépressions disposées en auréoles concentriques sont en effet dessinés par l'érosion sélective de réseau hydrographique.
- ∔ La côte

La région dispose d'une côte d'environ 350km de longueur, riche en ressources côtières et marines.

Deux ensembles de bassins fluviaux encadrent le littoral :

- Au sud, le bassin de Manambolo ;
- Au Nord, le bassin de la Mahavavy ;

Ainsi, la région de Melaky est composée de deux grandes entités géographiques :

- Dans la partie orientale, une zone de plateaux de 200 à 300m d'altitude. L'arrièrepays est dominépar le plateau de Bemaraha, au Sud se distinguent le plateau de Bongolava et les causses de Kelifely.
- Dans la partie occidentale, la plaine côtière qui constitue des grandes vallées alluviales comportant des lacs et des étangs.

II.2.2. Le climat

Le climat de la zone est à tendance tropicale chaud et est caractérisé par deux saisons distinctes : la saison sèche, de novembre à mars et la saison de pluies, d'avril en octobre.

Il s'agit d'une région chaude donc la température est en général élevée (variant entre 18 et 31°C) pour toute la région et les températures élevées correspondent à la période pluvieuse.

II.2.3. Les réseaux hydrographiques

La région du Melaky (figure 5) est très riche en cours d'eau. Le régime hydrographique est annuellement alimenté, en aval des principaux fleuves, d'une grande quantité d'alluvions, entraînant ainsi la formation de véritables deltas.

Outre les fleuves et rivières qui caractérisent la région, elle présente aussi de nombreux lacs et étangs qui offrent de potentiels économiques non négligeables.



Figure 5 : Carte hydrographique de la Région de Melaky.

II.2.4. Sols et végétations

\rm Les sols

La région est vouée aux types de sols variés :

- Les sols limoneux ou sablo-limoneux des terrasses inondables de la plaine côtière ;
- Les sols hydromorphes aux apports d'alluvions siliceux ;
- Les sols ferrugineux tropicaux bruns rouges des plateaux calcaires.
- **4** La végétation

La couverture végétale est formée essentiellement par :

- De forêts caducifoliées à l'ouest sur le plateau calcaire et gréseux ;
- Des savanes herbeuses ;
- De forêts galeries dans les vallons disséqués par le réseau hydrographique ;
- De forêts de palétuviers dans les mangroves sur le littoral.

II.3 Géologie

La majeure partie de la Région, notamment les Districts de Morafenobe et d'Ambatomainty et la partie Ouest du district de Besalampy, est constituée par des formations géologiques telles la Sakamena et l'Isalo, du gabbro, du granite et de la migmatite (migmatite de Tampoketsa).

Sur le littoral, on trouve l'alternance de Miocène marin, d'alluvions et de Pliocène continental.

CHAPITRE III : Zone d'étude :Andrafialava [7], [9], [11], [12]

III.1 Situation géographique

III.1.1.Localisation

La zone d'étude se situe dans la province de Mahajanga, de la Région de Melaky, appartenant au District de Besalampy et dans la commune urbaine de Bekodoka.

III.1.2. Géographie humaine

La zone est localisée dans la partie Nord-Ouest de l'île, approximativement à 600km de la capitale Antananarivo. La région est peu peuplée et habitée principalement par les autochtones(des gens de la tribu Sakalava), dans des petits villages souvent éparpillés.

III.2 Géographie physique

III.2.1.Climat

Le climat de la région est prédominé par une longue saison pluviale, l'été qui s'étend du mois de Novembre au mois d'Avril et dont la température peut atteindre les 40°C, caractérisé par le vent de la mousson et une période hivernale qui reçoit l'alizée affaibli par un passage sur les Hautes-Terres.

III.2.2. Végétation

La zone est en général peu boisée et couverte d'une manière prédominante par la savane d'herbe, avec les palmiers éparpillés. La région n'échappe pas aux feux de brousses qui débutent dès le mois de Septembre. Le raphia, planté le long du Plateau de Maningoza, est la culture source de revenu pour la région.

III.2.3. Réseaux hydrographiques

La région est drainée par quatre grands fleuves, à réseau dense et d'abondants affluents.

- Le Sambao est le plus grand fleuve et en association avec ses principaux affluents, l'Andranobe, le Miako, le Kalonja et le Sahondra, draine les enclaves de Bekodoka.
- La rivière Maningoza qui draine les deux tiers sud du champ volcanique de la Maningoza suivant l'axe de la Maningoza synclinal.

- La rivière Ranobe, qui prend sa source sur le flanc Sud du dôme de Bekodoka, coule entre les basaltes et les grès du Crétacé et trace dans le Karroo d'innombrables méandres.
- Les rivières d'Antsamaky et Ihopy sont les principaux cours d'eau qui drainent les parties nord de la zone d'étude.

III.3 Cadre physique

III.3.1. Géomorphologie

C'est une région plate dans son ensemble.

- Au Nord, se situe le dôme de Bekodoka (altitude moyenne : 350m), où coule les cours d'eau tels que le Kalonja, Andranobe, Manombo, de direction générale Nord-Ouest ;
- A l'Est du dôme cristallin s'allonge une bordure étroite, très gréseuse, constituée par l'Isalo Inférieur, les causses calcaires de l'Ikahavo et du Tampoketsa. Elle est surmontée vers l'Est par une corniche liasique et jurassique dominant de 150m au niveau de l'Isalo inférieur ;
- Au Sud, s'étendent de vastes plateaux gréseux et arides, ceux de Manerinerina, Andrafiabe et Antogomavo (altitude 450m) ;
- A l'Ouest, le relief est monotone et forme une suite de butte gréseuse arrondie, couverte de graminées.

III.3.2. Géologie

La zone (figure 6) est composée de deux parties :

- ➢ La partie socle cristallin représenté par le dôme de Bekodoka, qui se divise en :
 - ✓ Série gneissique composée de gneiss, de quartzite, d'amphibolite et de chloritoschiste ;
 - ✓ Les roches éruptives anciennes comprenant du granite et du gabbro ;
 - ✓ Les roches éruptives récentes formées de dolérites et trachytes.
- Une partie sédimentaire, située au contact du socle qui est composée de bas en haut par :
 - ✓ De grès (blanc, jaune micacé, arkosique grossier) de la Sakamena ;
 - ✓ D'argile-gréseuse et grès (ocre ou jaune) de l'Isalo ;
 - ✓ De calcaire du Dogger (Jurassique Moyen) ;

 ✓ Les strates du Jurassique Supérieur : calcaire marneux (Callovien) et marnes sableuses (Argovien).

Pétrographie

Pétrographiquement, la partie socle cristallin est un ensemble gneissiques et migmatitiques rattachée au domaine de Vohibory. Elle est composée :

Des migmatites

Situés au Nord du dôme, ce sont des roches métamorphiques de couleurs claires et rarement foncées. Ces faciès varient de migmatites schisteuses, oeillées.

Des gneiss

Ce sont des roches métamorphiques caractérisées par des foliations plissées, montrant une alternance de lits clairs (quartz, feldspath) et de lits foncés (micas et amphiboles). Situés à l'Est du dôme, les gneiss sont des paragneiss calco-magnésiens localement surmicacées passant à des micaschistes renfermant de nombreux niveaux interstratifiés amphiboloschistes, séricito-chloritoschistes, et bancs amphibolites feldspathiques.

Des granites

Ce sont des roches cristallines de texture grenue, formées essentiellement de quartz, de feldspath alcalin et de plagioclase.

Ils sont très fréquents dans la zone sous les formes de granites migmatites monzonitiques à grains grossier, parfois porphyroïdes montrant une orientation vague des minéraux.



Figure 6 : Carte géologique H43 extraite de la feuille GH43 (Service Géologique - 1958)

La figure 7 nous montre la lithologie de la zone d'étude.



Figure 7 : Carte lithologique de la zone d'étude modifiée à partir de la feuille GH43.

III.3.3. Tectonique

Le socle cristallin de Bekodoka appartient à une série isoclinale de direction dominante N10 et dont le plongement varie de 60W à la verticalité.

Ainsi s'achève l'information brève sur la zone d'étude et ses environs. Les deux chapitres suivants traiteront des SIG et de la télédétection.

CHAPITRE IV : LE SIG [14], [20]

La géographie est en permanence au cœur de notre environnement et de notre quotidien. Le développement de l'informatique a entraîné des modifications importantes pour la géographie et la cartographie. La production de données s'est accélérée, grâce à de nouvelles méthodes de collecte et d'acquisition. Le traitement des données localisées s'est largement développé, avec la saisie numérique des données graphiques, cartes et plans, avec les systèmes de gestion de bases de données et les capacités de stockage des systèmes informatiques. Ainsi, le développement des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) et la Télédétection favorise largement l'emploi de la dimension spatiale pour visualiser, comprendre, analyser et décider dans de nombreux domaines. Mais tout cela n'est que très rarement visible et accessible, car réservé aux communautés d'utilisateurs et des spécialistes. Cependant, la géographie est le dominateur commun le plus intuitif, entre les hommes, leur environnement et les phénomènes qui s'y déroulent.

IV.1 Définition

Un système d'information géographique est un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc capable de les saisir, de les stocker, les extraire, de les interroger et analyser, et enfin de les représenter et les cartographier. L'objectif affiché est essentiellement un objectif de synthèse, permettant à la fois la gestion des données comme l'aide à la décision.

Le système est l'ensemble des processus qui vise la mise à disposition des informations utiles à la décision par l'utilisation des logiciels adéquats. L'information géographique est l'information rattachée à des coordonnées. Dans un sens plus large, le système d'information géographique est un ensemble de logiciel et de processus pour gérer une information géoréférencée.

IV.2 Objectifs et fonctionnalités du SIG

Le SIG occupe une place très importante dans la vie courante. Un outil de gestion et d'aide à la décision à partir des données géographiques.

Son but est de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace à partir des diverses sources.

Pour atteindre son but, l'informatisation est nécessaire car la source primaire vient des informations localisées à la surface de la terre afin d'avoir une base de données géoréférencées sur l'outil de destination. La figure 8 ci-dessous explique ce fonctionnement :



Figure 8 : Objectif du SIG.

Les composantes principales du SIG sont alors l'utilisateur, l'ordinateur, les données et le logiciel de traitement et l'informatisation.

Le SIG, en tant qu'outil de source d'informations, permettra de :

- disposer des objets dans un système de références géoréférencées ;
- convertir les objets graphiques d'un système à un autre et extraire tous les objets géographiques ; situés à une distance donnée d'une route,
- faciliter la superposition de cartes de sources différentes ;
- fusionner des objets ayant une caractéristique commune. Par exemple : toutes les maisons raccordées à un réseau d'eau potable ;
- faire les calculs métriques (distances, surfaces), les calculs techniques (recherches opérationnelles : détermination d'itinéraire le plus court pour se rendre à un endroit précis);

- simuler et modéliser : visualisation le monde tri-dimensionnellement.
- Dessiner et faire une édition cartographique.

IV.3 Domaines d'applications du SIG

Le SIG en tant qu'outil de gestion de base de données permet d'introduire sur plusieurs domaines à savoir :

- ✓ le tourisme : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques ;
- ✓ le marketing : localisation des clients, analyse du site ;
- ✓ la planification urbaine : cadastre, voirie, réseaux d'assainissement ;
- ✓ la protection civile : gestion et prévention des catastrophes ;
- ✓ le transport : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires ;
- ✓ l'environnement et hydrologie : problème d'érosion ;
- ✓ la forêt : cartographie pour aménagement, gestion des coupes ;
- \checkmark la géologie : prospection minière et gestion de ressources ;
- ✓ la biologie : études du déplacement des populations animales ;
- ✓ la télécommunication : implantation d'antennes pour les téléphones mobiles.

CHAPITRE V : La télédétection [19]

V.1 Définition

« La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mette en application cette information. » (Centre Canadien de télédétection).

« Ensemble des méthodes qui permettent de connaître à distance les propriétés d'un objet ou d'un terrain ». (Dictionnaire de la géologie, 1988).

V.2 Principes de la télédétection

Le système est basé sur les trois phénomènes suivants :

- ✓ L'émission du signal vers l'objet terrestre ;
- ✓ Le transport du signal jusqu'à l'observateur ou capteur ;
- ✓ La détection du signal et sa transcription en format aisément lisible par l'homme.

V.3 Fonctionnalités de la télédétection

La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchis, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information.

Le processus de la télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte sept étapes :

- Source d'énergie ou d'illumination (A) : à l'origine de tout processus de la télédétection se trouve une source d'énergie pour illuminer la cible. Si l'énergie est naturelle (le soleil), on parle de la télédétection passive, mais si elle est artificielle, on parle de la télédétection active ;
- Le rayonnement et atmosphère (B) : durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur ;

- Interaction avec la cible (C) : une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface ;
- Enregistrement de l'énergie avec le capteur (D) : une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit-être captée pour être enfin enregistrée ;
- Transmission, réception et traitement (E) : l'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images ;
- Interprétation et analyse (F) : une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire sur la cible ;
- Application (G) : la dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.



Figure 9 : Fonctionnalité de la télédétection.

V.4 Domaine d'applications

• La géologie

La géologie n'est pas limitée à la surface de la Terre. La télédétection a été utilisée pour examiner la composition et la structure des autres planètes.

• Couverture et utilisation du sol

La couverture du sol fait référence à la couverture de la surface, que ce soit de la végétation, des infrastructures, de l'eau, du sol nu ou autres. L'identification, le tracé et la cartographie de la couverture du sol sont importants pour les études de surveillance planétaire, de gestion des ressources et de planification d'activités.

• Agriculture

L'agriculture joue un rôle primordial dans l'économie des pays développés et en voie de développement. Tout producteur agricole a besoin d'information pour gérer efficacement ses récoltes. Il doit disposer des outils d'information qui lui permettent de planifier ses opérations et de faire face aux multiples aléas pouvant menacer sa production, telles que infestations d'insectes, intempéries, sécheresses ou dommages reliés au stress des végétaux, qui peuvent affecter le potentiel de sa récolte et les conditions de sa terre.

Les images satellitaires et aériennes servent à la classification des cultures, à l'assurance de la santé et de la viabilité des productions et à la surveillance des mesures d'intervention.

• Foresterie

L'importance des forêts comme ressource alimentaire et protectrice, comme habitat, comme pourvoyeur de papier, de matériaux de construction et de combustion ainsi que de plantes médicinales est indéniable.

La foresterie peut bénéficier de nombreuses applications internationales et domestiques de la télédétection. Parmi celles-ci : le développement continu, la biodiversité, les titres et cadastres des terres, la surveillance du déboisement, la gestion du reboisement, les opérations de coupes commerciales, la cartographie et la protection des côtes et bassins versants.

• Hydrologie

L'hydrologie est l'étude de l'eau sur la Terre, qu'elle coule à la surface, qu'elle soit gelée sous forme de glace ou de neige, ou qu'elle soit emprisonnée dans le sol. L'hydrologie est naturellement liée à plusieurs autres applications de la télédétection, particulièrement à la foresterie, à l'agriculture et à l'utilisation du sol, parce que l'eau est une composante importante dans chacun de ces domaines. La télédétection offre un aperçu synoptique de la distribution spatiale et de la dynamique des processus hydrologiques, qui n'est généralement pas disponible avec les relevés terrestres. Le radar apporte une nouvelle dimension aux études
hydrologiques, car c'est un capteur actif qui permet l'acquisition de données le jour, la nuit et même durant les tempêtes.

Plusieurs méthodes et matériels ont été utilisés pour pouvoir traiter les différentes données géologiques. Dans la partie suivante, nous parlerons de ces deux dernières.

Partie II : Matériels et méthodes

CHAPITRE I : Matériels

I.1 Les logiciels

- ✓ Les travaux de télédétection qui regroupent les différentes fonctionnalités relatives au traitement d'images, à la cartographie thématique ainsi que l'extraction de l'information souhaitée, ont été réalisés à l'aide du logiciel ENVI v.4.1.
- ✓ Le logiciel ARCGIS v.10.1 a été utilisé pour la conception des cartes et le tracé des linéaments.
- ✓ Le logiciel SURFERv.9.11a été utilisé pour l'élaboration des différentes cartes d'isoteneurs.
- Le logiciel ROZETA a servi au comptage automatique, la distribution et la production de rosace directionnelle des linéaments.
- ✓ Le logiciel Oasis Montaj Géosoft a été utilisé pour le traitement magnétique.
- ✓ Le logiciel XLstat pour les études des corrélations des éléments.

I.2 Les données utilisées

I.2.1. Données images

Image Landsat 7 ETM+ (EnhancedThematic Mapper + image) utilisée est l'assemblage de deux portions extraites des scènes d'images N° 160/072 et 161/072 (Année 2010). Et la diversité des canaux fournit à l'interprète une multitude d'informations à manipuler.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

Longueur d'ondes

 $TM1 : 0.45 - 0.52 \ \mu m : Bleu;$

TM2: 0.52-0.60 µm : Vert ;

TM3: 0.63-0.69 µm : Rouge ;

TM4: 0.76-0.90 µm : Proche InfraRouge (PIR);

TM5: 1.55-1.75 µm : Moyen InfraRouge (MIR);

TM6: 10.4-12.5 µm : InfraRouge Thermique(IRT);

TM7: 2.08-2.35 µm : Moyen InfraRouge (MIR).

Résolution au sol

30 mètres pour TM1, TM2, TM3, TM4, TM5 et TM7;

60 mètres pour TM6.

La scène complète fait 185km sur 185 km.

I.2.2. Données cartographiques

Cartes géologiques

La carte géologique GH43 a été utilisée dans ce travail. C'est une carte à l'échelle 1/100000^e et a été produite par le Service Géologique de Madagascar (1958).

Cartes topographiques

La carte topographique GH43 à l'échelle 1/100000^e est accessible sous format raster avec la BD100. Elle recouvre l'intégralité de la zone d'étude.

I.2.3. Données géochimiques

159 échantillons ont été prélevés dans le cadre des études dans la région d'Andrafialava. Ces échantillons ont été envoyés dans un laboratoire d'un pays voisin en vue de les analyser.



Figure 10 : Plan de masse des prélèvements géochimiques

CHAPITRE II : Méthodes

L'organigramme ci-dessous résume les travaux effectués :



Figure 11 : Organigramme résumant la méthodologie de l'étude.

II.1 Données géochimiques

Pour le traitement des données géochimiques, l'utilisation des méthodes statistiques à l'aide de l'outil informatique est d'un apport considérable. Le développement des logiciels permet non seulement l'efficacité dans le traitement des données, mais aussi le gain en précision et temps.

Les éléments chimiques sont subdivisés en trois groupes :

- Les éléments majeurs : éléments à forte teneur dans les roches ;
- ➢ Les éléments mineurs : éléments ayant une teneur relativement faible ;
- Les éléments en trace : éléments à concentration inférieur à 0.1 ppm.

D'après Goldschmidt, ces éléments sont classifiés selon leurs affinités relatives pour des éléments de références :

- ✓ Les éléments chalcophiles : éléments qui ont une affinité avec le soufre ;
- ✓ Les éléments sidérophiles : éléments ayant une affinité pour le fer ;
- ✓ Les éléments lithophiles : éléments qui ont une affinité avec les silicates.

Le tableau 1 ci-dessous indique le classement des éléments chimiques :

 Tableau 1 : Classification des éléments trouvés dans la zone.

| Chalcophiles | Lithophiles | Sidérophiles |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Pb, Zn, Ag, Sb, Cd, Cu. | Mg, Al, Na, Ca, K, Sc, U, Th, V, | Fe, Au, Ni, Co, Pd, Pt, Sn, Mo. |
| | Nb, Zr, Y, Ce, Mn, Ta, Li, La, | |
| | Cr, Ba, Rb, W, Ti. | |

Dans notre traitement statistique des données, l'analyse porte sur quatorze éléments chimiques tels que Pb, Zn, Cu, Ba, Mn, Mo, Th, U, V, La, Fe, Nb, Y, Au.

On a choisi ces éléments en fonction de la demande du ministère pour d'éventuels prospections dans la zone et de la nature lithologique de la région.

Nous avons utilisé les logiciels suivants :

- Excel, pour la saisie des résultats des analyses chimiques ;

- Xlstat pour le traitement monovariable et multivariable ;

-Surfer v 9.11 pour la carte d'isoteneur.

II.1.1. Analyse univariable

Dans le but de déterminer certains paramètres statistiques tels que la moyenne arithmétique et géométrique, l'écart-type, etc... l'analyse monovariable est le moyen le plus adéquat pour aboutir aux meilleurs résultats, car elle permet de synthétiser par les calculs et graphiquement les caractéristiques de la distribution de la variable (élément chimique).

Les paramètres statistiques :

- Moyenne arithmétique (\overline{X}) ;

- Moyenne géométrique (M_G) : la moyenne géométrique est la valeur la plus probable dans une distribution lognormale, elle permet d'estimer la teneur du fond géochimique des éléments analysés ;

- Ecart-type (σ) : elle intervient dans le calcul du seuil d'anomalie.

Distribution des éléments

Pour pouvoir connaître la distribution des éléments à étudier, des tests ont été appliqués :

Si $\overline{X}/M_G \ge 1$ la distribution suit une loi lognormale

Si $\overline{X}/M_G = 1$ la distribution suit une loi normale

Où \overline{X} : la moyenne arithmétique

M_G: la moyenne géométrique

Le tableau 2 ci-après montre ces différents paramètres statistiques.

Et la formule : \overline{X} - 2σ

Si $\overline{X} - 2\sigma < 0$ loi lognormale

Si $\overline{X} - 2\sigma > 0$ loi normale

Où σ est l'écart-type

Le tableau 3 exprime la nature des distributions.

| | V | Y | Мо | Zn | Fe | Th | U | La | Nb | Au | Mn | Cu | Ba | Pb |
|------------------------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-----------|---------|----------|--------|
| N actifs | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 | 159 |
| Minimum | 37.552 | 11.05 | 1.000 | 24.86 | 3470 | 0.619 | 0.053 | 5.17 | 1.38 | 0 | 114.450 | 10.316 | 36.705 | 1.536 |
| Maximum | 747.451 | 182.43 | 5.355 | 181.31 | 25230 | 31.372 | 2.735 | 182.94 | 117.91 | 0.009 | 13650.869 | 353.675 | 1180.104 | 66.259 |
| Moyenne | 237.102 | 28.30 | 1.407 | 78.971 | 12660 | 8.0707 | 0.538 | 37.31 | 12 | 0.002 | 1524.560 | 681.352 | 219.601 | 15.209 |
| Moyenne géométrique | 211.898 | 26.25 | 1.346 | 75.93 | 12200 | 6.398 | 0.399 | 32.63 | 9.61 | | 1150.977 | 575.209 | 192.825 | 12.801 |
| Ecart-type | 112.632 | 15.57 | 0.506 | 22.43 | 3340 | 5.577 | 0.472 | 20.48 | 12.45 | 0.007 | 1502.136 | 452.494 | 136.131 | 9.889 |

Tableau 2 : Tableau des paramètres statistiques des éléments.

Tableau 3 : Tableau des distributions des éléments.

| | V | Y | Мо | Zn | Fe | Th | U | La | Nb | Au | Mn | Cu | Ba | Pb |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|------|--------|--------|-------|--------|---------|----------|--------|---------|--------|
| \overline{X}/M_{G} | 1.11 | 1.07 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.26 | 1.34 | 1.14 | 1.24 | | 1.32 | 1.18 | 1.13 | 1.18 |
| Χ - 2σ | 11.838 | -2.83 | 0.395 | 34.11 | 5980 | -3.085 | -0.406 | -3.66 | -12.89 | -0.0013 | -1479.71 | -22.36 | -52.662 | -4.570 |
| Distribution | Ν | L | Ν | Ν | Ν | L | L | L | L | L | L | L | L | L |

Avec N : Loi normale

L : Loi lognormale

Pour pouvoir établir les populations d'anomalies :

La méthode de l'écart-type est utilisée pour la distribution normale ;

4 Et la méthode des fréquences cumulées pour la distribution lognormale.

Méthode de l'écart-type

Pour cette méthode, la formule $\overline{X} \pm 2\sigma$ a été calculée pour déterminer les anomalies.

Méthode des fréquences cumulées
 Pour cette méthode, il faut calculer :

Le nombre de classe C : $C=10*\log_{10} N$

Avec N : le nombre total des échantillons ;

Le nombre d'intervalle I : I= Valeur max x_i / C

Avec C : le nombre de classe ;

x_i: l'élément.

La classe C et l'intervalle I permet de réaliser un tableau pour montrer le résultat.

Ce résultat est ensuite tracé sur du papier logarithme pour obtenir un graphique.

Ce graphique (figure 11) permet de distinguer :

- ➢ Le bruit de fond ;
- Le mélange de bruit de fond et d'anomalie ;
- ➢ L'anomalie.



Figure 12 : Aperçu d'un tracé sur papier logarithme

Les tableaux 4 à 13 suivants nous montrent les calculs faits pour les éléments qui ont une distribution lognormale et qui suivent la méthode cumulée pour trouver leurs anomalies.

Quant aux figures13 à 22, elles montrent le seuil d'anomalie de chaque élément correspondant aux tableaux.

Tableau 4 : Tableau Pb.

| classe Pb | fréquence | fréquence cumulée | % cumulée |
|-------------|-----------|----------------------|-----------|
| 1.53-4.54 | 9 | 9 | 5.66 |
| 4.54-7.55 | 14 | 23 | 14.46 |
| 7.55-10.56 | 18 | 41 | 25.78 |
| 10.56-13.57 | 36 | 77 | 48.42 |
| 13.57-16.58 | 34 | 111 | 69.81 |
| 16.58-19.59 | 18 | 129 | 81.13 |
| 19.59-22.60 | 12 | 141 | 88.67 |
| 22.60-25.61 | 7 | 148 | 93.08 |
| 25.61-28.62 | 0 | 148 | 93.08 |
| 28.62-31.63 | 1 | 149 | 93.71 |
| 31.63-34.64 | 1 | 150 | 94.33 |
| 34.64-37.65 | 3 | 153 | 96.22 |
| 37.65-40.66 | 2 | 155 | 97.48 |
| 40.66-43.67 | 0 | 155 | 97.48 |
| 43.67-46.68 | 0 | 155 | 97.48 |
| 46.68-49.69 | 1 | 156 | 98.11 |
| 49.69-52.70 | 0 | 156 | 98.11 |
| 52.70-55.71 | 0 | 156 | 98.11 |
| 55.71-58.72 | 1 | 157 | 98.74 |
| 58.72-61.73 | 0 | 157 | 98.74 |
| 61.73-64.74 | 1 | 158 | 99.37 |
| 64.74-67.75 | 1 | 159 | 100 |



Figure 13 : Graphe Pb.

| Classe Mn | fréquence | fréquence cumulée | % cumulée |
|-------------------|-----------|----------------------|-------------|
| 114.45-739.74 | 36 | 36 | 22.64150943 |
| 739.74-1365.04 | 66 | 102 | 64.1509434 |
| 1365.04-1990.34 | 22 | 124 | 77.98742138 |
| 1990.34-2615.64 | 17 | 141 | 88.67924528 |
| 2615.64-3240.94 | 6 | 147 | 92.45283019 |
| 3240.94-3866.24 | 5 | 152 | 95.59748428 |
| 3866.24-4491.54 | 1 | 153 | 96.22641509 |
| 4491.54-5116.84 | 4 | 157 | 98.74213836 |
| 5116.84-5742.14 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 5742.14-6367.44 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 6367.44-6992.74 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 6992.74-7618.04 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 7618.04-8243.34 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 8243.34-8868.63 | 1 | 158 | 99.37106918 |
| 8868.63-9493.93 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 9493.93-10119.23 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 10119.23-10744.53 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 10744.53-11369.83 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 11369.83-11995.13 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 11995.13-12620.43 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 12620.43-13245.73 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 13245.73-13871.03 | 1 | 159 | 100 |

Tableau 5 : Tableau Mn.



Figure 14 : Graphe Mn.

Tableau 6 : Tableau Au.

| classe Au | fréquence | fréquence | % cumulée |
|-------------|-----------|-----------|-------------|
| | | Cumulee | |
| 0-0.004 | 152 | 152 | 95.59748428 |
| 0.004-0.008 | 9 | 157 | 98.74213836 |
| 0.008-0.013 | 1 | 158 | 99.37106918 |
| 0.013-0.017 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.017-0.021 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.021-0.026 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.026-0.030 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.030-0.035 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.035-0.039 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.039-0.043 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.043-0.048 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.048-0.052 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.052-0.057 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.057-0.061 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.061-0.065 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.065-0.070 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.070-0.074 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.074-0.079 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.079-0.083 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.083-0.087 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.087-0.092 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.092-0.096 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 0.096-0.101 | 1 | 159 | 100 |



Figure 15 : Graphe Au.

| | Tableau | 7 | : | Tab | leau | Nb. |
|--|---------|---|---|-----|------|-----|
|--|---------|---|---|-----|------|-----|

| Classe Nb | fréquence | fréquence cumulée | % cumulée |
|---------------|-----------|----------------------|-------------|
| 1.38-6.74 | 33 | 33 | 20.75471698 |
| 6.74-12.09 | 81 | 114 | 71.69811321 |
| 12.09-17.45 | 27 | 141 | 88.67924528 |
| 17.45-22.80 | 8 | 149 | 93.71069182 |
| 22.80-28.16 | 4 | 153 | 96.22641509 |
| 28.16-33.52 | 1 | 154 | 96.85534591 |
| 33.52-38.87 | 2 | 156 | 98.11320755 |
| 38.87-44.23 | 0 | 156 | 98.11320755 |
| 44.23-49.59 | 0 | 156 | 98.11320755 |
| 49.59-54.94 | 1 | 157 | 98.74213836 |
| 54.94-60.30 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 60.30-65.65 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 65.65-71.01 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 71.01-76.37 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 76.37-81.72 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 81.72-87.08 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 87.08-92.43 | 1 | 158 | 99.37106918 |
| 92.43-97.79 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 97.79-103.15 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 103.15-108.50 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 108.50-113.86 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 113.86-119.22 | 1 | 159 | 100 |



Figure 16 : Graphe Nb.

Rapport-gratuit.com

Tableau 8 : Tableau Th.

| Classe Th | fréquence | fréquence | % cumulée |
|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | cumulée | |
| 0.61-2.04 | 7 | 7 | 4.402515723 |
| 2.04-3.46 | 21 | 28 | 17.61006289 |
| 3.46-4.89 | 29 | 57 | 35.8490566 |
| 4.89-6.31 | 23 | 80 | 50.31446541 |
| 6.31-7.74 | 14 | 94 | 59.11949686 |
| 7.74-9.17 | 16 | 110 | 69.18238994 |
| 9.17-10.59 | 7 | 117 | 73.58490566 |
| 10.59-12.02 | 7 | 124 | 77.98742138 |
| 12.02 -13.44 | 11 | 135 | 84.90566038 |
| 13.44-14.87 | 7 | 142 | 89.3081761 |
| 14.87-16.29 | 3 | 145 | 91.19496855 |
| 16.29-17.72 | 3 | 148 | 93.08176101 |
| 17.72-19.14 | 4 | 152 | 95.59748428 |
| 19.14-20.57 | 0 | 152 | 95.59748428 |
| 20.57-21.99 | 1 | 153 | 96.22641509 |
| 21.99-23.42 | 2 | 155 | 97.48427673 |
| 23.42-24.84 | 2 | 157 | 98.74213836 |
| 24.84-26.27 | 1 | 158 | 99.37106918 |
| 26.27-27.69 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 27.69-29.12 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 29.12-30.54 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 30.54-31.97 | 1 | 159 | 100 |



Figure 17 : Graphe Th.

| Tableau 9 | 9: | Tableau | U. |
|-----------|----|---------|----|
|-----------|----|---------|----|

| Classe U | fréquence | Fréquence | % cumulée |
|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | cumulée | |
| 0.05-0.17 | 20 | 20 | 12.57861635 |
| 0.17-0.30 | 42 | 62 | 38.99371069 |
| 0.30-0.42 | 33 | 95 | 59.74842767 |
| 0.42-0.55 | 13 | 108 | 67.9245283 |
| 0.55-0.67 | 11 | 119 | 74.8427673 |
| 0.67-0.79 | 5 | 124 | 77.98742138 |
| 0.79-0.92 | 8 | 132 | 83.01886792 |
| 0.92-1.04 | 8 | 140 | 88.05031447 |
| 1.04-1.17 | 2 | 142 | 89.3081761 |
| 1.17-1.29 | 7 | 149 | 93.71069182 |
| 1.29-1.42 | 3 | 152 | 95.59748428 |
| 1.42-1.54 | 0 | 152 | 95.59748428 |
| 1.54-1.66 | 1 | 153 | 96.22641509 |
| 1.66-1.79 | 0 | 153 | 96.22641509 |
| 1.79-1.91 | 2 | 155 | 97.48427673 |
| 1.91-2.04 | 0 | 155 | 97.48427673 |
| 2.04-2.16 | 2 | 157 | 98.74213836 |
| 2.16-2.28 | 0 | 157 | 98.74213836 |
| 2.28-2.41 | 1 | 158 | 99.37106918 |
| 2.41-2.53 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 2.53-2.66 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 2.66-2.78 | 1 | 159 | 100 |



Figure 18 : Graphe U.

Tableau 10 : Tableau La.

| Classe La | fréquence | Fréquence cumulée | % cumulée |
|---------------|-----------|----------------------|-------------|
| 5.17-13.48 | 14 | 14 | 8.805031447 |
| 13.48-21.79 | 10 | 24 | 15.09433962 |
| 21.79-30.10 | 29 | 53 | 33.33333333 |
| 30.10-38.41 | 44 | 97 | 61.00628931 |
| 38.41-46.72 | 32 | 129 | 81.13207547 |
| 46.72-55.03 | 13 | 142 | 89.3081761 |
| 55.03-63.34 | 7 | 149 | 93.71069182 |
| 63.34-71.65 | 3 | 152 | 95.59748428 |
| 71.65-79.96 | 3 | 155 | 97.48427673 |
| 79.96-88.27 | 0 | 155 | 97.48427673 |
| 88.27-96.58 | 1 | 156 | 98.11320755 |
| 96.58-104.89 | 2 | 158 | 99.37106918 |
| 104.89-113.20 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 113.20-121.51 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 121.51-129.82 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 129.82-138.13 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 138.13-146.44 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 146.44-154.75 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 154.75-163.06 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 163.06-171.37 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 171.37-179.68 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 179.68-187.99 | 1 | 159 | 100 |



Figure 19 : Graphe La.

Tableau 11 : Tableau Cu.

| Classe Cu | fréquence | Fréquence cumulée | % cumulée |
|---------------|-----------|----------------------|-------------|
| 10.31-26.38 | 11 | 11 | 6.918238994 |
| 26.38-42.44 | 34 | 45 | 28.30188679 |
| 42.44-58.51 | 35 | 80 | 50.31446541 |
| 58.51-74.58 | 31 | 111 | 69.81132075 |
| 74.58-90.64 | 19 | 130 | 81.76100629 |
| 90.64-106.71 | 8 | 138 | 86.79245283 |
| 106.71-122.77 | 8 | 146 | 91.82389937 |
| 122.77-138.84 | 1 | 147 | 92.45283019 |
| 138.84-154.90 | 3 | 150 | 94.33962264 |
| 154.90-170.97 | 2 | 152 | 95.59748428 |
| 170.97-187.04 | 3 | 155 | 97.48427673 |
| 187.04-203.10 | 1 | 156 | 98.11320755 |
| 203.10-219.17 | 1 | 157 | 98.74213836 |
| 219.17-235.23 | 1 | 158 | 99.37106918 |
| 235.23-251.30 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 251.30-267.37 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 267.37-283.43 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 283.43-299.50 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 299.50-315.56 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 315.56-331.63 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 331.63-347.70 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 347.70-363.76 | 1 | 159 | 100 |



Figure 20 : Graphe Cu.

|--|

| Classe Ba | fréquence | Fréquence cumulée | % cumulée |
|-----------------|-----------|----------------------|-------------|
| 36.70-90.31 | 11 | 11 | 6.918238994 |
| 90.31-143.91 | 23 | 34 | 21.3836478 |
| 143.91-197.52 | 54 | 88 | 55.34591195 |
| 197.52-251.13 | 31 | 119 | 74.8427673 |
| 251.13-304.74 | 21 | 140 | 88.05031447 |
| 304.74-358.34 | 6 | 146 | 91.82389937 |
| 358.34-411.95 | 3 | 149 | 93.71069182 |
| 411.95-465.56 | 3 | 152 | 95.59748428 |
| 465.56-519.16 | 1 | 153 | 96.22641509 |
| 519.16-572.77 | 1 | 154 | 96.85534591 |
| 572.77-626.38 | 1 | 155 | 97.48427673 |
| 626.38-679.99 | 1 | 156 | 98.11320755 |
| 679.99-733.59 | 1 | 157 | 98.74213836 |
| 733.59-787.20 | 1 | 158 | 99.37106918 |
| 787.20-840.81 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 840.81-894.41 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 894.41-948.02 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 948.02-1001.63 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 1001.63-1055.23 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 1055.23-1108.84 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 1108.84-1162.45 | 0 | 158 | 99.37106918 |
| 1162.45-1216.06 | 1 | 159 | 100 |



Figure 21 : Graphe Ba.

| Tableau 1 | 3: | Tableau | Υ. |
|-----------|----|---------|----|
|-----------|----|---------|----|

| Classe Y | fréquence | Fréquence cumulée | % cumulée |
|---------------|-----------|----------------------|------------|
| 11.05-19.34 | 25 | 25 | 15.7232704 |
| 19.34-27.62 | 67 | 92 | 57.8616352 |
| 27.62-35.91 | 43 | 135 | 84.9056604 |
| 35.91-44.20 | 17 | 152 | 95.5974843 |
| 44.20-52.49 | 3 | 155 | 97.4842767 |
| 52.49-60.77 | 1 | 156 | 98.1132075 |
| 60.77-69.06 | 1 | 157 | 98.7421384 |
| 69.06-77.35 | 0 | 157 | 98.7421384 |
| 77.35-85.63 | 1 | 158 | 99.3710692 |
| 85.63-93.92 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 93.92-102.21 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 102.21-110.49 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 110.49-118.78 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 118.78-127.07 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 127.07-135.36 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 135.36-143.64 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 143.64-151.93 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 151.93-160.22 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 160.22-168.50 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 168.50-176.79 | 0 | 158 | 99.3710692 |
| 176.79-185.08 | 1 | 159 | 100 |



Figure 22 : Graphe Y.

II.1.2. Analyse à variable multiple

Dans le cadre d'une prospection géochimique, il est nécessaire de faire un traitement univariable et multivariable afin de connaître les relations entre les éléments.

Le paramètre qui permet de distinguer cette relation est : le coefficient de corrélation noté ρ : il est égale au rapport de la covariance de x et y, sur le produit de leurs écart-type $\sigma_{x et}\sigma_{y}$.

 $\rho(\mathbf{x},\mathbf{y}) = \operatorname{cov}(\mathbf{x},\mathbf{y}) / \sigma_{\mathbf{x}} \cdot \sigma_{\mathbf{y}}$

Et la covariance $cov(x,y) = \overline{xy} - \overline{x} \cdot \overline{y}$

Avec \overline{xy} : moyenne de x et y ;

 \bar{x} : La moyenne de la variable x et \bar{y} : moyenne de la variable y.

Le tableau 14 ci-après nous montre la corrélation entre les divers éléments.

Tableau 14 : Tableau de corrélation

| | V | Y | Мо | Zn | Fe | Th | U | La | Nb | Au | Mn | Cu | Ba | Pb |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| V | 1.000 | | | | | | | | | | | | | |
| Y | 0.008 | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| Мо | 0.101 | 0.752 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| Zn | 0.463 | 0.517 | 0.427 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| Fe | 0.793 | -0.078 | -0.033 | 0.514 | 1.000 | | | | | | | | | |
| Th | -0.067 | 0.394 | 0.432 | 0.078 | -0.190 | 1.000 | | | | | | | | |
| U | 0.033 | 0.286 | 0.481 | -0.013 | -0.177 | 0.734 | 1.000 | | | | | | | |
| La | -0.173 | 0.410 | 0.343 | 0.206 | -0.010 | 0.336 | 0.097 | 1.000 | | | | | | |
| Nb | -0.097 | 0.747 | 0.627 | 0.487 | -0.115 | 0.388 | 0.191 | 0.423 | 1.000 | | | | | |
| Au | 0.048 | -0.021 | -0.020 | 0.027 | 0.028 | -0.053 | -0.042 | -0.058 | -0.049 | 1.000 | | | | |
| Mn | 0.247 | 0.001 | -0.042 | 0.115 | 0.339 | -0.168 | -0.098 | -0.192 | -0.118 | 0.028 | 1.000 | | | |
| Cu | 0.524 | -0.011 | -0.071 | 0.148 | 0.376 | -0.113 | -0.010 | -0.345 | -0.286 | 0.059 | 0.319 | 1.000 | | |
| Ba | 0.055 | -0.089 | 0.050 | 0.093 | 0.125 | -0.077 | -0.005 | 0.085 | -0.059 | 0.025 | 0.191 | -0.118 | 1.000 | |
| Pb | -0.015 | 0.321 | 0.448 | 0.083 | -0.234 | 0.492 | 0.471 | 0.137 | 0.319 | -0.069 | -0.136 | -0.151 | 0.017 | 1.000 |

Le niveau de signification des coefficients de corrélation des différents couples est une information essentielle quant à la détermination de leur degré de corrélation. Il est donc intéressant de connaître la valeur minimum du coefficient de corrélation significatif (r_0). Ce dernier est calculé suivant la loi de Student qui est inversement proportionnelle à la taille de l'échantillon. Il est estimé par la formule :

$$r_0 = \sqrt{t^2/t^2 + (n-2)}$$
 Avec t : valeur de la variable de Student ;

Et n : nombre d'échantillon

Au seuil de probabilité 95% (t = 1.975) et (r₀) prend la valeur 0.155.

La classification des coefficients de corrélation, en coefficients faibles, moyens, forts et très forts est représentée dans le tableau 15 :

$$O\hat{u} f = 1 - r_0 / 4 = 0.211$$

Pour mettre en évidence les couples de variables qui reflètent une bonne corrélation, on n'a considéré que les coefficients forts et très forts. Le tableau 16 ci-dessous montre les différents types de corrélations entre les éléments traités.

Tableau 15: Variation des corrélations.

| Intervalle | Type de corrélation | Valeur de r |
|-------------------|---------------------|-----------------------|
| r0 à r0 + f | Faible | $0.155 < r \le 0.366$ |
| r0 + f à r0 + 2f | Moyenne | $0.366 < r \le 0.577$ |
| r0 +2f à r0 + 3f | Fort | $0.577 < r \le 0.844$ |
| r0 + 3f à r0 + 4f | Très fort | $0.844 < r \le 1$ |

Tableau 16: Tableau des couples en corrélation.

| Couples de variables | V -Fe | Y - Nb | Mo - Nb | Th - U | Y – Mo |
|----------------------|-------|--------|---------|--------|--------|
| Coeff de corr. | 0.793 | 0.747 | 0.627 | 0.734 | 0.752 |
| Type de corr. | Fort | Fort | Fort | Fort | Fort |

II.1.3. Diagramme de dispersion

Pour pouvoir distinguer les vraies corrélations des fausses, en plus des calculs on a construit des diagrammes de dispersion qui montrent clairement les corrélations entre les éléments chimiques.

Les couples à fortes corrélations signalées précédemment sont confirmés après dépouillement de leurs graphiques. Les couples (V-Fe), (Y-Nb), (Mo-Nb), (Th-U), (Y-Mo) montrent des diagrammes avec des points dispersés en forme d'ellipsoïde dont le plus grand axe de cet ellipsoïde est le coefficient directeur de la droite de régression linéaire simple (y = ax + b).

Ces diagrammes sont montrés par la figure 22 ci-après.



Figure 23 : Diagramme de dispersion des éléments en forte corrélation.

II.1.4. Analyse factorielle

Cette analyse se propose en prospection géochimique de déterminer les liens existants entre les éléments dosés.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 17:

| | Facteur 1 | Facteur 2 | Facteur 3 | Facteur 4 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| V | -0.109 | 0.820 | 0.233 | -0.080 |
| Y | 0.831 | 0.247 | -0.234 | 0.341 |
| Мо | 0.788 | 0.218 | 0.005 | 0.071 |
| Zn | 0.377 | 0.662 | -0.278 | -0.028 |
| Fe | -0.235 | 0.899 | -0.036 | -0.363 |
| Th | 0.683 | -0.103 | 0.408 | -0.155 |
| U | 0.598 | -0.068 | 0.694 | -0.121 |
| La | 0.479 | -0.050 | -0.281 | -0.260 |
| Nb | 0.774 | -0.089 | -0.356 | 0.056 |
| Au | -0.662 | 0.052 | -0.004 | 0.047 |
| Mn | -0.181 | 0.345 | 0.042 | 0.093 |
| Cu | -0.267 | 0.545 | 0.369 | 0.457 |
| Ba | -0.026 | 0.086 | -0.056 | -0.220 |
| Pb | 0.532 | -0.086 | 0.250 | 0.052 |
| Valeurs propres | 3.565 | 2.487 | 1.244 | 0.640 |
| % Variance | 44.92 | 31.33 | 15.64 | 8.07 |
| % cumulée variance | 44.92 | 76.25 | 91.93 | 100 |

II.2 Image satellite

La combinaison et le traitement d'images ont été réalisés avec le logiciel ENVI 4.0.

II.2.1. Découpage

Elle a pour but de découper la zone d'étude pour avoir des images plus ou moins réduites par rapport à toute la scène de l'image Landsat.

II.2.2. Composition colorée

La composition colorée consiste à combiner trois images correspondant à trois fenêtres spectrales de numérisation différentes en vue d'en constituer une image de synthèse. La sélection se fait en fonction des objets voulus quand on connaît les caractéristiques des bandes suivantes :

TM1 : révèle mieux les teintes naturelles ;

TM2 : indique les fortes teneurs en métal ;

TM3 : révèle les déformations et les discontinuités (analyse structurale : plis, faille) ;

TM4 : sensible aux oxydes de fer et correspond à la réflectance maximale de la matière vivante ;

TM5 : révélateur des argiles et aussi l'altération hydrothermale ;

TM6 : sensible aux contrastes entre les roches silicatées et les roches non silicatées ;

TM7 : bon discriminant des roches.

La combinaison des canaux 5, 3, 1 a été utilisée pour la composition colorée de l'image.

II.3 La méthode magnétique

La géophysique a pour but d'étudier les propriétés physiques du globe terrestre. Son objectif principal est de connaître la constitution de la terre à partir des propriétés physiques qui leurs sont associés.

La méthode magnétique est utilisée en prospection minière pour la recherche des minerais magnétiques.

Son application se porte sur trois domaines différents :

- En physique du globe pour l'étude des variations temporelles du champ dans les échelles de temps et interne pour la circulation dans le noyau terrestre, l'effet dynamo et les composantes mantellique et lithosphère ;

- En géodynamique, grâce à l'archéomagnétisme et au paléomagnétisme, on peut reconstituer les mouvements passés des plaques lithosphériques ;

- Et en géophysique appliquée à la prospection, elle permet l'étude des anomalies magnétiques qui pourra apporter des informations sur les sources plus ou moins profondes dans la croûte terrestre qui peuvent intéresser le prospecteur.

Le traitement des données magnétiques est donné par l'organigramme de la figure 23.



Figure 24 : Déroulement du traitement des données magnétiques.

Entamons maintenant la partie III concernant les résultats et les interprétations.

Partie III : Résultats et Interprétations

CHAPITRE I : Résultats et interprétations du traitement des données géochimiques

D'après le calcul des paramètres statistiques, le tableau 3 a donné le résultat comme suit :

- → Quatre éléments tels que le vanadium (V), le molybdène (Mo), le zinc (Zn) et le Fer (Fe) suivent la distribution normale ;
- → Et les dix autres éléments à savoir l'yttrium (Y), le thorium (Th), l'uranium (U), le lanthanide (La), le niobium (Nb), l'or (Au), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu), le baryum (Ba) et le plomb (Pb) suivent la distribution lognormale.

Quant à l'analyse factorielle (tableau 7), elle donne les valeurs propres qui expriment la variance de chacun des facteurs.

Le facteur 1 exprime 44.92% de la variance, le facteur 2 : 31.33%, le facteur 3 : 15.64% et le facteur 4 8.07%. Ces résultats montrent que le facteur 1 est très important par rapport aux autres.

- → Le facteur 1 met en évidence une association géochimique représentée par les éléments Y, Mo et Nb.
- \rightarrow Le facteur 2 représente l'association du Fe et V.
- \rightarrow Le facteur 3 fait ressortir le Th et l'U.

I.1 La cartographie géochimique (courbe d'isoteneur)

Le but principal de l'établissement des cartes géochimiques d'isoteneurs est de mettre en évidence les anomalies géochimiques, de les localiser géographiquement et de les corréler avec l'environnement géologique.

D'après les distributions des éléments ainsi que les études des corrélations et les digrammes de dispersion faites, sept éléments chimiques entre autres le Fer, le Vanadium, le Molybdène, le Niobium, l'Yttrium, le Thorium et l'Uranium ont plus de corrélations. Ainsi, nous allons voir leurs courbes d'isoteneurs de ces éléments pour mieux décerner leurs localisations dans la zone d'études.

I.1.1. Le fer

Le fer est l'élément chimique de symbole Fe et de numéro atomique 26.

D'après cette image (figure 24), obtenue à partir des données recueillies lors de la prospection géochimique, la teneur de fer dans la région varie en fonction des zones géographiques. Elle est faible dans les zones colorées notamment du violacé au bleu, correspondant à une teneur comprise entre 3000 à 9000 ppm. La nuance de couleur verte au jaune est la teneur moyenne. La variation de couleur rouge marque la teneur élevée en Fe qui est approximativement la moitié de celle de Clarke en Fer et localisée dans presque tout le secteur de la zone.



Figure 25 : Carte d'isoteneur du Fer.

I.1.2. Le Molybdène

Le Molybdène est l'élément chimique de symbole Mo et de numéro atomique 42. C'est un métal de transition, pur et d'aspect blanc métallique.

La concentration minimale du Mo domine presque la totalité de la zone. Exprimée par la variation de couleur violacé au bleu. Quant à la teneur maximale, représentée par la nuance de la couleur rouge, se manifeste dans la partie Sud-Ouest du secteur avec une valeur de 5.3 ppm qui est cinq fois supérieure au Clarke du Mo (figure 25).



Figure 26 : Carte d'isoteneur do Molybdène.

I.1.3. Le Niobium

Le niobium est un métal de transition de couleur grise, rare, mou est ductile. C'est un élément chimique de symbole Nb et de numéro atomique 41.

La teneur minime de l'élément occupe la majeure partie de la zone variant de 1.38 à 40 ppm. La concentration maximale du Nb se situe à l'extrémité du profil plus précisément au Sud-Ouest, de petite extension et de valeur 117.91 ppm (figure 26).

Carte d'isoteneur en Niobium



Figure 27 : Carte d'isoteneur du Niobium.

I.1.4. Le Vanadium

Le Vanadium est un métal blanc, brillant, mou et ductile, de symbole V et de numéro atomique 23.

La proportion moyenne du Vanadium est de 237.02 ppm, présentée par la nuance de la couleur verte dans la carte. Sa teneur minimale est de 37.55 ppm. Tandis que la teneur maximale en V se situe sur une infime partie de la zone, qui est 747.45 ppm (figure



Figure 28 : Carte d'isoteneur du Vanadium.

I.1.5. L'Yttrium

L'Yttrium de symbole chimique Y et de numéro atomique 39 est un élément de transition d'apparence métallique et classé parmi les terres rares, avec le scandium et les lanthanides.

La teneur minimale est comprise entre 10 et 60 ppm. Elle est repartie presque dans toute la partie de la zone. Mais la teneur maximale en Y variant de 140 à 190 ppm se trouve dans la partie Sud-Ouest de la carte. Elle est très supérieure au Clarke de l'élément (figure 28).

Carte d'isoteneur en Yttrium



Figure 29 : Carte d'isoteneur de l'Yttrium.
I.1.6. Le Thorium

Le Thorium est un élément chimique, de symbole Th et de numéro atomique 90. C'est un métal radioactif et de la famille des actinides.

La teneur minimale comprise entre 0 et 10 ppm est répartie au centre de la zone. Tandis que la teneur moyenne se situe dans les périphéries de la carte, avec des valeurs variant de 11 ppm à 21 ppm. Quant à la teneur maximale, elle n'est pas représentée nettement sur la carte avec une valeur de 31.37 ppm qui est trois fois supérieure au Clarke du Th (figure 29).



Figure 30 : Carte d'isoteneur du Thorium.

I.1.7. L'Uranium

L'Uranium, de symbole chimique U et de numéro atomique 92, est un métal lourd radioactif et se trouvant partout à l'état de trace, même dans l'eau de mer.

Prédominance de la teneur minimale de 0 à 0.9 ppm dans presque toute la zone, coloriée dans les tons du violacé. De teneur moyenne variant de 1 ppm à 1.5 ppm dans les tons en vert. Et de teneur maximale 2.7 ppm de couleur rouge située au Nord-Ouest de la zone. Cette valeur est approximativement égale à la teneur moyenne du Clarke de l'U au niveau de l'écorce terrestre (figure 30).



Figure 31 : Carte d'isoteneur de l'Uranium.

I.2 Discussion

Les anomalies d'Y, Mo et Nb se correspondent globalement et se localisent presque dans le même secteur. Elles se situent principalement dans la partie Sud-Ouest du Dôme de Bekodoka. Cela confirme bien la bonne corrélation qui existe entre ces trois éléments. Elles apparaissent au niveau des couches de l'Isalo II.

Quant à l'élément V, la teneur minimale prédomine dans la zone. La teneur moyenne se situe dans une petite zone du Nord sur le dôme de Bekodoka et la partie Ouest sur le dôme de Berevo composé de gabbro, du microgranite alcalin et du phonolite. L'anomalie maximale de l'élément n'est pas bien distincte dans cette zone.

L'anomalie du Fe est dominée par la teneur moyenne de l'élément. Elle se situe presque dans toute la zone sauf au niveau de la partie sud-ouest. Les teneurs élevées se situent dans la partie gabbroïque du dôme de Berevo et dans quelques parties du dôme de Bekodoka.

L'U et le Th sont deux éléments étroitement liés. Les importantes anomalies sont localisées sur la zone Nord-Nord-Ouest associées aux couches des carapaces sableuses et au niveau de l'Isalo II.

La figure 31 montre la localisation des indices des éléments dans la zone d'Andrafialava d'après les données géochimiques.



Figure 32 : Carte des indices.

CHAPITRE II : Les traits structuraux

L'interprétation de l'image satellite et les supports documentaires nous permettent d'observer et de vérifier les éléments structuraux de la zone.



Figure 33 : Cartes des linéaments.

Dans la zone d'Andrafialava, les traits structuraux suivent une direction NNW-SSE suivant l'anticlinal constitué par les deux dômes (dôme de Bekodoka et d'Ambohipaky) qui sépare le bassin de Mahajanga du bassin de Morondava.

Mais il existe des directions secondaires telles que NE-SW ; ENE-WSW.

Représentation en rosace directionnelle (figure 33)

Elle permet de rassembler les orientations des éléments structuraux de la zone d'étude. Nous avons choisi un intervalle de 10° pour traiter les données.

| Intervalle de direction | Effectif | Pourcentage |
|-------------------------|----------|-------------|
| [21 - 30] | 1 | 3.12 |
| [31 - 40] | 2 | 6.25 |
| [41 - 50] | 1 | 3.12 |
| [51 - 60] | 3 | 9.37 |
| [71 - 80] | 2 | 6.25 |
| [81 - 90] | 1 | 3.12 |
| [91 - 100] | 3 | 9.37 |
| [101 - 110] | 3 | 9.37 |
| [111 - 120] | 1 | 3.12 |
| [121 - 130] | 1 | 3.12 |
| [131 - 140] | 1 | 3.12 |
| [141 - 150] | 4 | 12.50 |
| [151 – 160] | 9 | 28.15 |
| Total | 32 | 100 |

Tableau 18 : Classification des traits structuraux suivant leur direction.

Ce tableau 18 montre que la majorité des traits structuraux sont de direction N150°E à N160°E avec un effectif de 9. Ces traits structuraux seront représentés sur la rosace directionnelle suivante :



Figure 34 : Rosace directionnelle des traits structuraux.

La distribution des traits structuraux sur la rosace directionnelle (figure 33) nous montre que les fréquences des familles de fracture ont des valeurs comprises entre 0% et 28.12%.

La rosace directionnelle montre que la plupart des fractures se situent entre N90 et N180 avec une fréquence de 68.72% dont 40.62% de direction NNW-SSE ; 21.86% de direction WNW-ESE et 6.24 de direction NW-SE.

CHAPITRE III : La méthode magnétique

L'interprétation de la prospection magnétique se base sur des approches :

L'approche qualitative : concernant la reconnaissance des formes, des tendances et des motifs dans les données magnétiques et leur rapport avec la géologie. Par exemple, les anomalies étroites s'étendant sur des grandes distances sont associées à des dykes. Des anomalies elliptiques avec des valeurs positives et négatives avoisinantes correspondent plutôt à des cheminées intrusives.

L'approche quantitative : permet l'interprétation des deux phénomènes suivants :

- La différenciation des entités géologiques c'est-à-dire la détermination des différentes déformations géologiques structurales à partir des cartes obtenues par le traitement magnétique;
- La localisation des sources d'anomalies.

Le résultat d'un levé magnétique est présenté sur une carte d'anomalie (Figure 34).



Figure 35 : Carte Champ magnétique total et teneur en Fe de la zone.

Les anomalies magnétiques résultent de la fossilisation du champ magnétique par les basaltes de la croûte océanique. Lorsque les roches riches en corps ferromagnésiens se mettent en place, elles fossilisent le champ magnétique existant. Les anomalies correspondent à des variations locales du champ magnétique par rapport au champ moyen de la région, avec des valeurs soit légèrement plus forte (anomalie positive), soit légèrement plus faible (anomalie négative).

Ainsi, l'anomalie du champ magnétique total dans cette zone est caractérisée par les fortes intensités magnétiques d'intensité 34012 à 38434 nT. Elle est de couleur rose violacée, et apparaît sous une forme circulaire. Cette forte intensité magnétique se localise au niveau du gabbro et dans la partie Sud de l'Isalo II. Donc le grès de l'Isalo serait du grès à ciment ferrugineux. Ces formations contiennent en générale des éléments magnétiques. Ainsi cette zone peut contenir des minerais de Fe ou du Mo.

III.2 Carte radiométrique U-Th

D'aprés la carte magnétique, les fortes teneurs en U et Th se trouvent dans les tons roses et la faible teneur dans les couleurs bleus.

Il y a une corrélation négative entre le champ magnétique total et la teneur en U et Th. Vu que les anomalies magnatiques résultent de la fossilisation du champ magnétique par les basaltes de la croûte océanique, on pourrait penser que l'U et le Th ne dépandent pas de la présence des roches intrusives tels que le gabbro. L'abondance de gneiss, qui est une roche de la croûte inférieure de la Terre, justifie cette hypothèse.

La superposition de la carte radiométrique et de la carte lithologique de la zone (figure 35), nous permet de visualiser les zones favorables aux minerais d'uranium et de thorium. La minéralisation se trouve disséminée dans des zones de failles et dans du grès présenté comme roche encaissante des minerais.

Les minerais se présentent sous formes d'oxyde : l'uraninite ou pechblende (UO_2) et le thorianite (ThO_2) . Mais il pourrait y avoir une possibilité de substitution isomorphique entre U et Th : l'uranothorianite (U>Th) et le thorouraninite (Th>U).



Figure 36 : Carte radiométrique.

Synthèse des résultats géologiques, géochimiques et géophysiques

Du point de vue géochimique :

Dans la zone d'Andrafialava, on observe que les anomalies des éléments U, Th, V, Nb, Mo, Fe et Y se regroupent au Nord-Est, au Sud du dôme de Bekodoka, entre les deux dômes et au niveau Est du dôme de Berevo.

L'U et le Th se répartissent dans différentes formations de la zone. Cela se présente comme suit : au Sud du dôme de Berevo, à la périphérie du dôme de Berevo, au niveau des carapaces sableuses, dans Isalo I et Isalo II.

Des anomalies de Nb, de l'U, du Mo et du Th se trouvent au Nord-Est du dôme de Bekodoka.

Quant au point de vue de la méthode magnétique :

Le Fe se trouve au niveau du dôme de Berevo et sur une partie de l'Isalo II.

Tandis que l'U et le Th se trouvent dans toute la partie de l'Isalo I et de l'Isalo II.

Ainsi :

- ✓ Le gabbro du dôme de Berevo contient des minerais de Fer ;
- ✓ Les grès de l'Isalo I et de l'Isalo II renferment les éléments radioactifs U et Th ainsi que du Fe dans la partie de l'Isalo II ;
- ✓ Les minerais de Nb, de Mo, de V, d'Y peuvent-être contenus dans des pegmatites au niveau du dôme de Bekodoka ;
- ✓ Les zones structurales renferment les éléments radioactifs U et Th ainsi des minerais de terres rares tels le Nb.

La forte teneur de ces éléments présente d'avantage au niveau de ces zones indiquées cidessus. Ces zones sont alors intéressantes à exploiter car on y trouve les anomalies en Th, U, Mo, Nb qui sont supérieures au Clarke de ces éléments.

La figure 36 ci-après montre la synthèse des résultats géochimiques, géophysiques et structuraux.



Figure 37 : Carte de synthèse.

CONCLUSION GENERALE

Bien que située dans une partie reculée de la Grande Ile, des études comparatives des données géologiques à jour, de la région d'Andrafialava, fournies par la Direction de la Géologie du Ministère des Mines ont pu permettre de dégager l'existence de minerais d'intérêts dans la zone.

L'étude géochimique, de son point de vue applicatif qu'englobaient l'identification et la caractérisation du processus chimique, mécanique, minéralogique qui modifient les compositions des géomatériaux provoquant ainsi leur différenciation, servait pour l'identification des bonnes corrélations entre les divers éléments.

L'étude géophysique qui concerne l'étude des caractéristiques physiques de la Terre, et grâce à la prospection magnétique, a fortifié l'existence d'éléments radioactifs tels l'uranium et le thorium, ainsi que des minerais de fer dans ladite zone.

Ces études, que ce soient structurales, géochimiques ou géophysiques ont permis d'accomplir une quasi-ségrégation de ces minerais d'intérêts, que cette ségrégation permet entre autre leur partition en tant qu'éléments de trace ou d'abondance.

Ainsi, au terme de ce travail, l'analyse de toutes les données a permis de déterminer des prédicateurs de minéralisation de différents minerais à partir desquels il a été possible de générer une carte prospective qui soulignera les cibles potentiels d'exploration.

Les recommandations disposées dans cet ouvrage sont destinées aux étudiants, à des chercheurs scientifiques, des opérateurs miniers. Cette zone présente un atout majeur pour le district par sa potentialité en éléments intéressants plus précisément en terme minier, qui sera par la suite une source d'entrée de devises au développement économique de cette zone et pour le pays.Il est important de renouveler régulièrement les informations géologiques afin de savoir toutes les évolutions se passant sur cette zone.

Références Bibliographiques et Webographiques

Bibliographie

[1] Bésairie H., Collignon M., 1972. Géologie de Madagascar : Les terrains sédimentaires. Tananarive Imprimerie nationale.

[2] Bésairie H., 1966. Gîtes minéraux de Madagascar. Annales géologiques de Madagascar. XXXIV, premier volume. Service géologique, Tananarive.

[3] Bésairie H, 1973. Précis de la Géologie Malgache. Service géologique. Antananarivo.

[4] Collins A et Al, 2002. Structure of the Eastern margin of the East African Orogen in Central Madagascar.PrecambrienResearch. Elsevier.

[5] **FTM** (FoibeTaotsaritan'iMadagasikara), 1997. Base de données (BD500 et BD100). Antananarivo.

[6] Instat, 2005. Monographie de la Région de Melaky. Antananarivo.

[7] Koenig R.L, Tortochaux F, 1947. Notice explicative sur la feuille de Bekodoka au 1/200000.

[8] Ministère de l'Energie et des Mines, 1985. Plan Directeur d'action pour la mise en valeur des ressources du sol et du sous-sol de Madagascar 1^{ère} phase et 2^{ème} partie.

[9] Rasoamahenina J.A., 1970.Travaux du Bureau Géologique (TBG 133) : Géologie et prospection des Bassins de Sambao, de la Maningoza et de la Ranobe. Service géologique.

[10] Service géologique, 1959. Carte géologique au 1/100 000, feuille GH43 (Ankavitra-Andrafialava). Antananarivo.

[11] Travaux du Bureau géologique (TBG 4), 1949.Etude géologique des feuilles de Bekodoka, Bebao et Tambohorano. Tananarive.

[12] Travaux du Bureau Géologique (TBG 110), 1958. Etude géologique au Sud du Cap Saint André.

[13] Windley F, Razafinimparany A, Razakamanana T, Ackermand D, 1994.Tectonic framework of the Precambrian of Madagascar and its Gondwana connections.A review and reappraisal.GeolRundsch, Vol 83.

Webographie

- [14]www.cartographie.ird.fr
- [15]www.elementscgimiques.fr
- [16]www.ggl.ulaval.ca
- [17]www.gossans.com
- [18]www.mineralinfo.fr
- [19]www.rncan.gc.ca
- [20]www.rsgis.ait.ac.th
- [21]www.wikipedia.com

Annexes

Annexe 1 : Clarke ou teneur moyenne selon CLARKE, WASHINGTON et GOLDSCHMIDT

| Symbole de l'élément | Teneurs moyennes (ppm) |
|----------------------|------------------------|
| Fe | 50 000 |
| Mn | 1 000 |
| Ва | 400 |
| V | 110 |
| Zn | 65 |
| Cu | 45 |
| Υ | 40 |
| La | 18 |
| Pb | 15 |
| Th | 10 |
| U | 2 |
| Мо | 1 |



Annexe 2 : Feuille GH43 ANKAVITRA-ANDRAFIALAVA (Service Géologique – 1958)

Table des matières

| ABRÉVIATION | IS ET SIGNES CONVENTIONNELS | III |
|-----------------|----------------------------------|-----|
| LISTE DES TAI | BLEAUX | V |
| LISTE DES FIG | JURES | VI |
| LISTE DES ANI | NEXES | VII |
| INTRODUCTIO |)N | 1 |
| Partie I : Géné | éralités | 3 |
| CHAPITRE I | I: Madagascar | 4 |
| I.1 Situ | ation géographique | 4 |
| I.2 Géo | ographie physique | 4 |
| I.3 Géo | ologie de Madagascar | 5 |
| I.3.1. | La partie sédimentaire | 5 |
| I.3.2. | Le socle cristallin | 8 |
| CHAPITRE I | II : La Région de Melaky | 14 |
| ll.1 Situ | ation géographique | 14 |
| ll.2 Mili | ieu physique | 15 |
| II.2.1. | Relief et paysage | 15 |
| II.2.2. | Le climat | 16 |
| II.2.3. | Les réseaux hydrographiques | 16 |
| II.2.4. | Sols et végétations | 18 |
| II.3 Géo | ologie | 18 |
| CHAPITRE I | III : Zone d'étude :Andrafialava | 19 |
| III.1 Situ | ation géographique | 19 |
| III.1.1. | Localisation | 19 |
| III.1.2. | Géographie humaine | 19 |
| III.2 Géo | ographie physique | 19 |
| III.2.1. | Climat | 19 |
| III.2.2. | Végétation | 19 |
| III.2.3. | Réseaux hydrographiques | 19 |
| III.3 Cad | lre physique | 20 |
| III.3.1. | Géomorphologie | 20 |
| III.3.2. | Géologie | 20 |
| III.3.3. | Tectonique | 24 |

| CHAPIT | RE IV : LE SIG | 25 |
|------------|--|------|
| IV.1 | Définition | . 25 |
| IV.2 | Objectifs et fonctionnalités du SIG | . 25 |
| IV.3 | Domaines d'applications du SIG | . 27 |
| CHAPIT | RE V : La télédétection | . 28 |
| V.1 | Définition | . 28 |
| V.2 | Principes de la télédétection | . 28 |
| V.3 | Fonctionnalités de la télédétection | . 28 |
| V.4 | Domaine d'applications | . 29 |
| Partie II | : Matériels et méthodes | 32 |
| CHAPIT | RE I : Matériels | . 33 |
| I.1 | Les logiciels | . 33 |
| I.2 | Les données utilisées | . 33 |
| I.2.1 | 1. Données images | . 33 |
| I.2.2 | 2. Données cartographiques | . 34 |
| I.2.3 | 3. Données géochimiques | . 34 |
| CHAPIT | RE II : Méthodes | 36 |
| II.1 | Données géochimiques | . 37 |
| II.1. | 1. Analyse univariable | . 38 |
| II.1. | 2. Analyse à variable multiple | . 52 |
| II.1. | 3. Diagramme de dispersion | 55 |
| II.1. | 4. Analyse factorielle | . 57 |
| II.2 | Image satellite | 57 |
| II.2. | 1. Découpage | . 57 |
| II.2. | 2. Composition colorée | . 58 |
| II.3 | La méthode magnétique | . 58 |
| Partie III | : Résultats et Interprétations | 60 |
| CHAPIT | RE I : Résultats et interprétations du traitement des données géochimiques | 61 |
| l.1 | La cartographie géochimique (courbe d'isoteneur) | 61 |
| I.1.1 | Le fer | 62 |
| I.1.2 | 2. Le Molybdène | 63 |
| I.1.3 | 3. Le Niobium | 64 |
| I.1.4 | 4. Le Vanadium | 65 |
| I.1.5 | 5. L'Yttrium | . 66 |

| I.1. | 6. Le Thorium | |
|----------|---|----|
| I.1.′ | 7. L'Uranium | |
| l.2 | Discussion | |
| CHAPIT | TRE II : Les traits structuraux | 71 |
| CHAPIT | TRE III : La méthode magnétique | 74 |
| III.1 | Le champ magnétique total | 75 |
| III.2 | Carte radiométrique U-Th | |
| Synthèse | e des résultats géologiques, géochimiques et géophysiques | |
| CONCLU | JSION GÉNÉRALE | |
| Référenc | ces Bibliographiques et Webographiques | |
| Annexesi | | |

| Auteur Contact e-mail | : ANDRIANAIVORAVELONA Herimampionona H. Tatiana : (0) 261 33 12 99 441 : pounatati@yahoo.fr | | | |
|-----------------------------|--|---|----|--|
| Titre | : ANALYSES ET TRAITEMENTS DES DONNEES GEOLOGIQUES EN VUE D'ELABORATION D'UNE CARTE DES INDICES. CAS DE LA ZONE D'ANDRAFIALAVANORD-OUEST DE MADAGASCAR | | | |
| Nombre de pa | ges | : | 84 | |
| Nombre de tableaux | | : | 18 | |
| Nombre de figures | | : | 36 | |
| Nombre d'annexes | | : | 2 | |

RESUME

Dans ce travail, après études des dernières données géologiques de la région d'Andrafialava, nous avons pu établir que la zone abrite divers minerais encore inexploités.

D'un point de vue géochimique, de ces analyses de données à partir d'applications et de logiciels spécifiques en découlent l'hypothèse de présence de minerais contenant du fer, ou encore du molybdène, dans des proportions considérables ; mais aussi l'existence d'autres éléments d'intérêts économiques.

La méthode magnétique, quant à elle a su mettre en relief la présence à taux élevé des autres éléments radioactifs, comme l'uranium et le thorium dans divers endroit de la zone d'étude.

Ceci conduit à dire que la section H43 est une zone riche en minerais d'intérêts économiques, et se trouve être un réservoir exploitable à forte potentialité économique, au niveau exploitation minière.

Mots-clés : Andrafialava, géochimie, minerais, SIG, télédétection.

SUMMARY

For this work, we studied on the latest geological data from Andrafialava. We have established that the area features various untapped minerals.

From geochemical study fields, the analyses of data from specific applications and software derived some hypothesis such as the presence of minerals containing iron, or molybdenum, in considerable quantities, but also the existence other elements.

The magnetic method has highlighted high rates of radioactive elements such as uranium and thorium in various parts of the study area.

All those results show that the H43 section is an area rich in minerals of economic interest. It also seems to be a strong economic potential exploitable reservoir for mining level.

Key words : Andrafialava, geochemistry, ores, SIG, remote-sensing.