

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

LISTE DES ACRONYMES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES ORGANIGRAMMES

LISTES DES ANNEXES

INTRODUCTION

Chapitre 1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Chapitre 2. METALLOGENIE DE L'OR

Chapitre 3. METHODOLOGIE

Chapitre 4. TRAITEMENTS ET INTERPRETATIONS

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

RESUME

LISTE DES ACRONYMES

ΔV : différence de potentiel

°C : Celsius

2-D : deux dimensions

ACP: Analyse en Composantes Principales

BAN : Bouclier Arabo-Nubien

CMNM : Ceinture métamorphique Néoprotérozoïque Mozambicaine

CO₂ : dioxyde de carbone

CRV : Ceinture des Roches Vertes

DI : distance inter-électrodes

ENVI: Environment for Visualizing Images

ESE : Est-Sud-Est

ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus

g/t : gramme par tonne

GIS: Geographical Information System

GPS: Global Positioning System

IP : Induced Polarization

IR: infra-rouge

IRM: infra-rouge moyen

MA : Millions d'Années

MNT : Modèle Numérique de Terrain

Na Cl : chlorure de Sodium

Niv : Niveau

NNE: Nord-Nord-Est

N-S: Nord-Sud

PE : position des électrodes

PP: Polarisation Provoquée

ppb : partie par milliard

PRD : Plan Régional de Développement

RES2DInv: Rapid 2-D Resistivity & IP inversion

RGB: Red, Green, Blue

SE : Sud-Est

SRTM: Shuttle Radar Topographic Mission

SSE : Sud-Sud-Est

SSW : Sud-Sud-Ouest

TM: Thematic Mapper

U-Pb : Uranium-Plomb

WNW : Ouest-Nord-Ouest

$\Omega\cdot m$: ohm-mètre

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les caractères des bandes Landsat 7 ETM+	19
Tableau 2 : Comparaison entre les trois méthodes de traitements utilisées	23
Tableau 3: Comparaison des principales caractéristiques des dispositifs électriques Wenner et Wenner-Schlumberger (modifié d'après Loke, 2011).	30
Tableau 4 : Rapport des directions des foliations.....	38
Tableau 5: Rapport des directions des linéaments	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la zone d'étude (BD 500 FTM).....	2
Figure 2: Carte topographique de la zone d'étude	3
Figure 3: Carte géologique de la région de Maevatanana entre l'Ikopa et les fleuves de Betsiboka	6
Figure 4: L'or à l'état naturel	8
Figure 5 : Environnement crustal de formation des gisements d'or épigénétiques (modifiée de Groves al., 1998).....	10
Figure 6: Différents styles de conduits minéralisés selon la profondeur de mise en place des minéralisations (modifiée de Groves et al., 1995).....	11
Figure 7: Modèle des différents types de gisements aurifères en Guyane (modifiée de Glengar, 2005).....	13
Figure 8 : Quelques potentiels redox standards à 25°C	16
Figure 9: Scène en couleur naturelle de la zone d'étude (321 RGB).....	20
Figure 10: Les trois traitements des images satellitales : CC, ACP et filtre directionnel	22
Figure 11: Principe de l'IP dans le domaine du temps (modifiée de Glaser, 2007).....	29
Figure 12: Modèle numérique de la zone d'étude obtenu à partir de l'image SRTM.....	35
Figure 13: scène en fausse couleur (742) de la zone d'étude.....	36
Figure 14: scène en fausse couleur (741) de la zone d'étude.....	37
Figure 15: Superposition du MNT avec la scène 742	37
Figure 16: Carte des directions des foliations	38
Figure 17: Rosace directionnelle des foliations	39
Figure 18: Scène de la composante principale CP1	40
Figure 19: Scène de la composante principale CP2	40
Figure 20: Scène de la composante principale CP3	41
Figure 21: Analyse des composantes principales CP1, CP2, CP3 en mode RGB de la zone d'étude.....	41
Figure 22: filtre directionnel de CP1 à 0°	42
Figure 23: Filtre directionnel de CP1 à 90°	43
Figure 24: Carte linéamentaire de la zone d'étude.....	43
Figure 25: Rosaces directionnelles des linéaments.....	44

Figure 26: Le supercontinent Gondwana et les différents épisodes orogéniques associés (modifiée d'après Gray et al. 2007).....	46
Figure 27: Rosace directionnelles de linéaments (A) et de foliations (B).....	47
Figure 28: Carte géologique de la zone d'étude.....	49
Figure 29: Carte de délimitation du secteur Est-Ambatomainty à partir de la scène 742.....	51
Figure 30: Carte géologique du secteur Est-Ambatomainty	52
Figure 31: Image montrant les trois types de modèles en 2D	55
Figure 32: Carte de positionnement des profils géophysiques.....	56
Figure 33: Profil P1 montrant la résistivité et la chargeabilité.....	57
Figure 34: Profil P2 montrant la résistivité et la chargeabilité.....	59
Figure 35: Profil P3 montrant la résistivité et la chargeabilité.....	61
Figure 36: Profil P4 montrant la résistivité et la chargeabilité.....	63
Figure 37: Zone favorable à la minéralisation aurifère dans la région de Maevatanàna	69

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Installation du résistivimètre WDJW-4	31
Photo 2 : Installation des électrodes	31

LISTE DES ORGANIGRAMMES

Organigramme 1: Etapes de la méthode d'analyses par télédétection	24
Organigramme 2: Etapes de la conception d'une carte géologique détaillée.....	26
Organigramme 3: Déroulement de la méthode géophysique	34
Organigramme 4: Assemblage des trois techniques appliquées : télédétection, cartographie et géophysique.....	65
Organigramme 5: Modèle de minéralisation en or.....	68

LISTES DES ANNEXES

ANNEXE 1: Classification géochimique des éléments ou classification Goldschmidt

ANNEXE 2: Le Précambrien malgache et les différents évènements géologiques
(Razafinimparany, 1978)

ANNEXE 3 : Arrangement des points de repères dans les pseudosections

ANNEXE 4: Mise en format des valeurs topographiques pour être lisible par RES2DINV

ANNEXE 5: Valeur de la résistivité et de la chargeabilité de chaque profil géophysique

ANNEXE 6 : Résistivité des roches et des minéraux

INTRODUCTION

La première découverte de l'or à Madagascar aurait été faite par J. LABORDE en 1845, mais c'est seulement à partir de 1883 que commencent les premières exploitations. Depuis cette date jusqu'à nos jours, l'orpaillage artisanal a fourni la grande partie de la production de la région de Maevatanàna. Mais, l'évolution actuelle du cours de l'or incite les grandes sociétés minières à effectuer des recherches de grands gisements aurifères.

Depuis toujours, le District de Maevatanàna, Chef-lieu de la Région Betsiboka, est très connu grâce à ses ressources aurifères, vu le nombre élevé d'artisans orpailleurs et le volume de transactions marchandes en rapport avec ce métal précieux. Face à cette situation, des projets de développement ont entrepris des actions visant à déterminer un gisement exploitable industriellement pour rétablir l'économie et la réputation de Madagascar.

La société KRAOMA, seule société minière appartenant à l'Etat Malagasy, a l'ambition de faire une exploration dans la région de Maevatanàna avec son permis de recherche N°31911. Pour atteindre ce but, divers travaux de recherche ont été effectués depuis l'année 2008 jusqu'à nos jours.

Dans le cadre de **l'apport de la télédétection et de la géophysique Polarisation Provoquée dans l'étude des prospectes aurifères de Beanana – Maevatanàna, Région Betsiboka**, la société KRAOMA nous a donné l'opportunité de réaliser les collectes de différentes données sur terrain telles que les formations géologiques existantes, les structures géologiques et quelques données géophysiques. La collection des données sur terrain a été effectuée pendant la campagne 2013 dans le périmètre minier appartenant à cette société minière. En effet, les données utilisées proviennent surtout des images spatiales (télédétection et MNT) et de la géologie de terrain (cartographie et géophysique électrique de polarisation provoquée) et elles nous amènent à établir un modèle concernant la minéralisation en or de la région.

Le présent mémoire se subdivise donc en quatre chapitres:

- ✓ la description de la zone d'intervention en développant la localisation de la zone d'étude, la géographie de la région et la géologie régionale ;
- ✓ la métallogénie de l'or;
- ✓ la méthode de travail sur les plans géologique, cartographique et géophysique;
- ✓ les résultats et l'interprétation des données afin de délimiter les zones favorables à la minéralisation aurifère.

Chapitre 1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Situation géographique de la zone d'étude

1.1.1. Localisation

La zone d'étude est située à 300 Km de la capitale de Madagascar en longeant la route nationale N°4. Cette zone d'intervention appartient à la Région Betsiboka dont le chef-lieu de région est le district de Maevatanàna. La commune urbaine de Maevatanàna est composée de 17 communes rurales et est entourée par quatre districts: au Nord-Ouest par le district d'Ambatoboina, au Sud le district d'Ankazobe, à l'Est le district de Tsaratanàna et à l'Ouest le district de Kandreho.

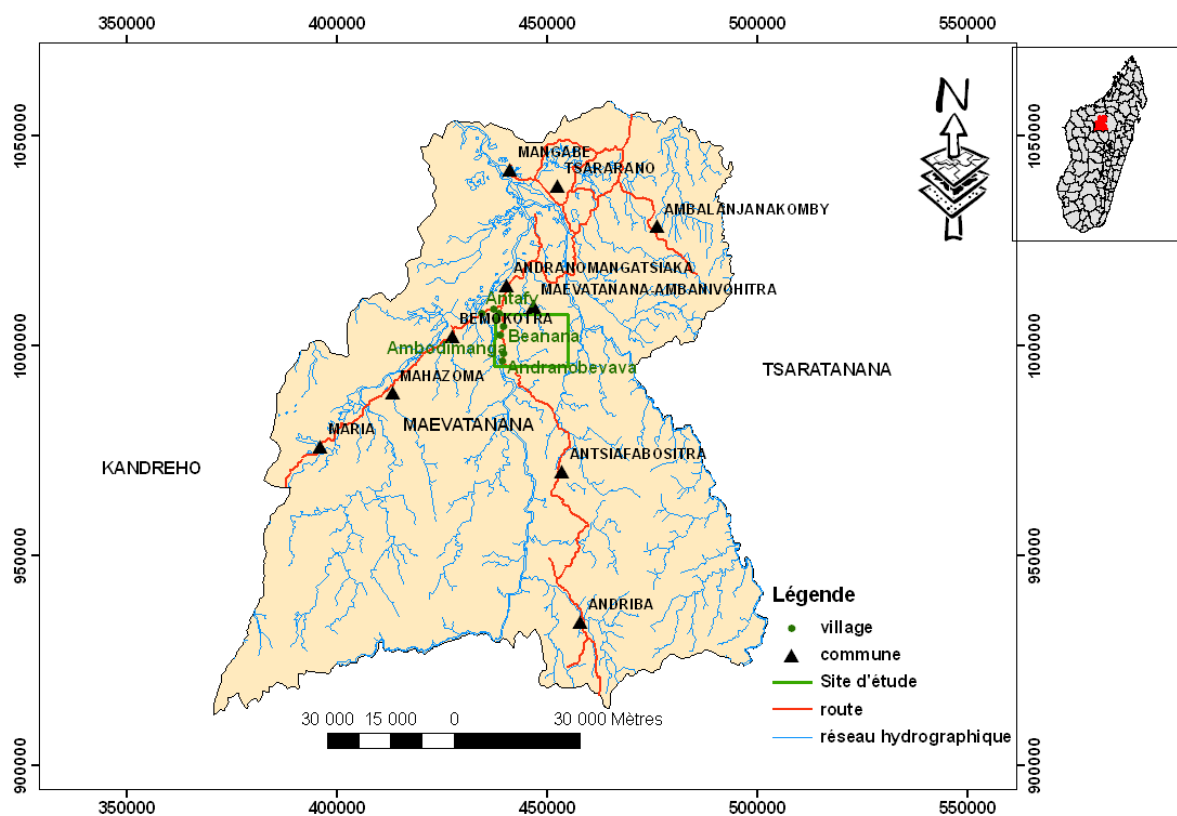


Figure 1: Localisation de la zone d'étude (BD 500 FTM)

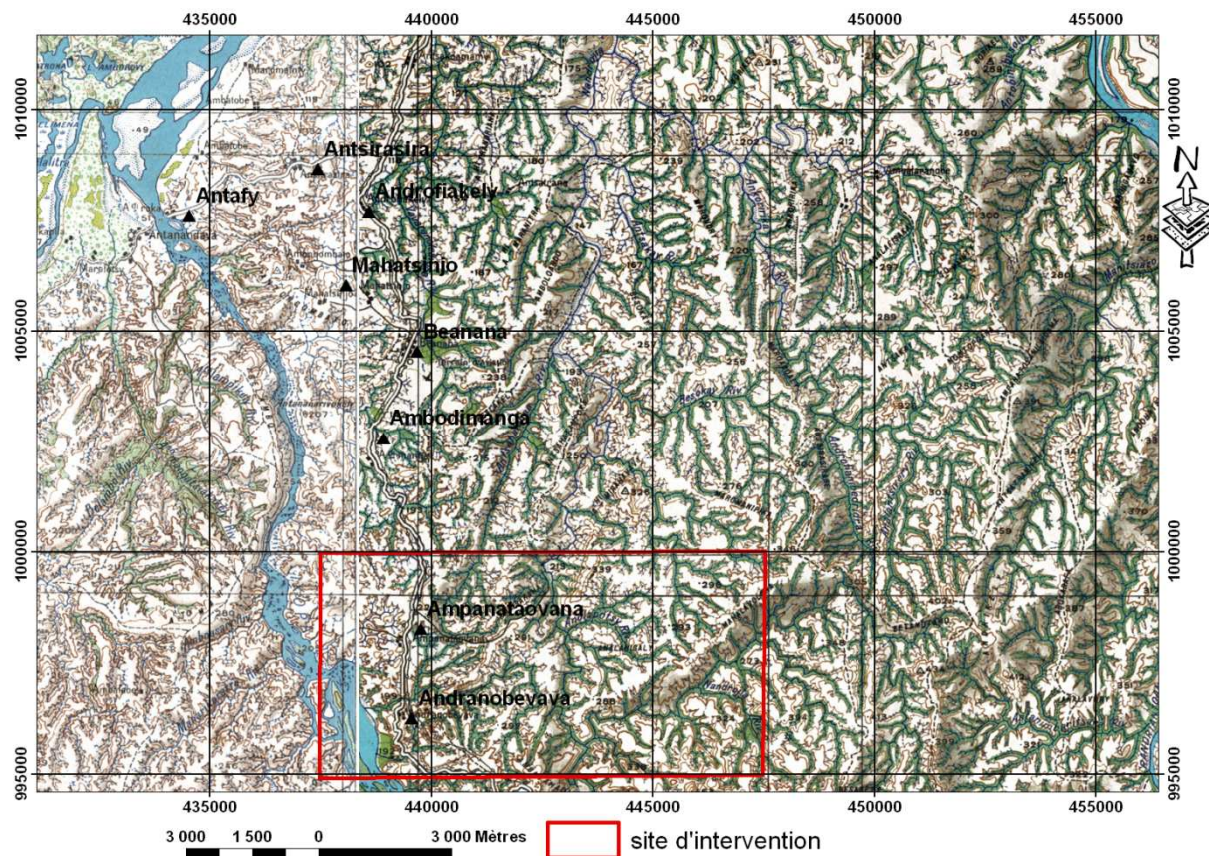


Figure 2: Carte topographique de la zone d'étude [14]

1.1.2. Hydrographie et climat

Les principaux fleuves à écoulement permanent traversant le district de Maevatanàna sont : l'Ikopa et la Betsiboka. La rivière de Nandronjia qui fait partie de l'affluent de l'Ikopa est la principale rivière traversant la zone d'étude. Les bassins versants s'étendent jusqu'à une superficie de 627 200 ha.

Le climat de la Région est de type tropical marqué par deux saisons bien distinctes : une saison chaude et pluvieuse d'octobre à avril (7 mois) avec une température maximum de 42°C dans les zones de basse altitude et une saison sèche de mai à septembre (5 mois), avec une température minimale de 15° à 18°C dans les zones d'altitude. La température moyenne annuelle est de 28°C, une température relativement élevée par rapport à celle des autres régions, avec une amplitude de 12°C. Classée comme la Région la plus chaude de Madagascar, la température maximale peut atteindre 40 à 42°C. (Service météorologique Ampandrianomby).

1.1.3. Population

La région de Maevatanàna est composée d'une population cosmopolite avec une densité moyenne de 12,3 habitants/km² en 2005. 75% de la population de la région sont

rurales, et tirent une partie de ses revenus de l'agriculture et de l'orpaillage (exploitation de gisements alluvionnaires, issus du dépôt de particules d'or dans le lit des cours d'eau). Les habitants sont issus de différents courants migratoires, dont certains sont assez anciens, et d'origines variées (Merina, Betsileo, Antaisaka, Tsimihety et Sihanaka pour les principaux groupes ethniques). La majorité de la population sont des Merina (45%), des Sakalava (21%), des Betsileo (16%) et des Antaisaka (12%). [24]

1.1.4. Agriculture et élevage

Les gens de la région cultivent des cultures vivrières comme le riz, le manioc, le maïs et la patate douce; des cultures maraîchères (oignons, arachides...) ; des cultures de rentes et industrielle (tabac). Mais, les rizières souffrent d'une insuffisante maîtrise de l'eau et des effets de la dégradation des bassins versants (accélérée par les déboisements, et les feux de brousse). Le rendement rizicole est en conséquent très faible. Les pâturages couvrent approximativement le quart de la superficie de la région où l'élevage prend une importance considérable.

Les cultures accessoires portent sur les patates, le manioc, le maïs, la canne à sucre et les bananiers. Les manguiers poussent presque dans toutes les vallées et les zones habitables et constituent une ressource notable.

L'élevage de bovins tiens la première activité des gens. Outre leur utilité comme viande de boucherie, les bœufs sont employés aux charrois et peuvent rapporter ainsi à leurs propriétaires d'appréciables bénéfices. L'élevage du mouton, de la chèvre et du porc se généralise dans tous les villages.

La pêche est pratiquée dans les cours d'eau et dans de nombreux lacs du réseau hydrographique dense de la Région, mais les produits sont principalement destinés à l'autoconsommation.

Les cours d'eau sont les principaux points de concentration humaine. Les communautés organisent autour de celui-ci la plupart de leurs activités, qu'elles soient liées à l'agriculture, à l'élevage, à la pêche et à l'orpaillage. Mais, pour une grande majorité des ménages, l'agriculture apparaît davantage comme une activité en forte concurrence avec le métier d'orpailleur. [24]

1.1.5. Pédologie

Le sol de la Région est composé par 3 grands types différents d'origine ferrugineux tropicaux:

- ✓ Le sol de tanety latéritiques rouges avec une texture argileuse et une structure polyédrique.
- ✓ Le sol de colluvions sur le bas de la pente.
- ✓ Les baibofo se situant sur les bourrelets du fleuve de l'Ikopa, plus précisément, dans les zones cultivables.

Le sous-sol est riche en divers minerais et la zone aurifère couvre 45% du territoire, de Maevatanàna jusqu'à Kandrehô. [24]

2.1. Cadre géologique

Madagascar fait partie de la ceinture de la Mozambique, résultant de la collision continentale entre Gondwana oriental et occidental. Les structures liées à cet événement sont conformées à un rapetissement horizontal Est-Ouest (Martelat et al. 2000). Les roches précambriennes couvrent environ le deux-tiers de Madagascar. En effet, la série de Maevatanana fait partie de ces roches précambriennes. Elle s'affleure en position synclinale à l'Ouest de l'ensemble granitisé de Tampoketsa et réapparaît au milieu de terrain sédimentaire dans le dôme de Bekodoka.

2.1.1. Pétrographie et pétrologie de la zone d'étude

Du point de vue pétrographique, la série de Maevatanana est composée par des migmatites, des gneiss, des amphibolites (daté à $2,502 \pm 2$ MA, Tucker et al. 1999), des quartzites riches en magnétite, des roches metabasiques et ultrabasiques (soap stones), des intrusions de grands batholithes granitoïdes (par exemple la granodiorite de Beanana datée à 779 ± 2 MA, Tucker et al. 1999).

Ces séquences ont été pliées et métamorphosées dans des conditions faciès schiste vert à faciès amphibolite supérieur, probablement pendant un événement igné répandu (800-770 MA) ou pendant l'événement panafricain du Néo protérozoïque (580-520 MA), qui a été identifié dans tout le précambrien Malagasy.

Brièvement, dans le cas de la gîtologie, la série de Maevatanana est très aurifère. La minéralisation est liée aux veines de quartz interstratifiées dans les gneiss et les quartzites à magnétite. Les veines de quartz aurifères sont trouvées dans une grande zone de haute contrainte interprétée comme zone de cisaillement fragile, une formation tardive dans l'évolution structurale de la ceinture. [1]

2.1.3. Historique de la zone aurifère de Maevatanana

Le gisement d'or de Maevatanana a été découvert vers la fin du 19^{ème} siècle, une douzaine de petites mines étaient opérationnelles en 1891. Au début, l'exploitation a été effectuée par l'extraction au fond à ciel ouvert. Cependant, dans les années 1900, l'exploitation alluvionnaire fournissait la plus grande partie de la production d'or. La production d'or a connu une diminution rapide, en particulier après la première guerre mondiale. Les évaluations récentes indiquent une teneur moyenne d'or alluvial d'environ 0,1 g/tonne (Nawaratne et Dissanayake., 2001).

La zone la plus productive a été délimitée par le polygone entre l'Ikopa, le Menavava et les fleuves de Betsiboka, couvrant une aire d'environ 7.500 km² (**figure 3**). Dans cette zone, au moins 44 anomalies en or ont été enregistrées [6] et l'or est exploité principalement dans des alluvions" de sable noir " mais également en écrasant les veines de quartz en contact avec la latérite. [5]

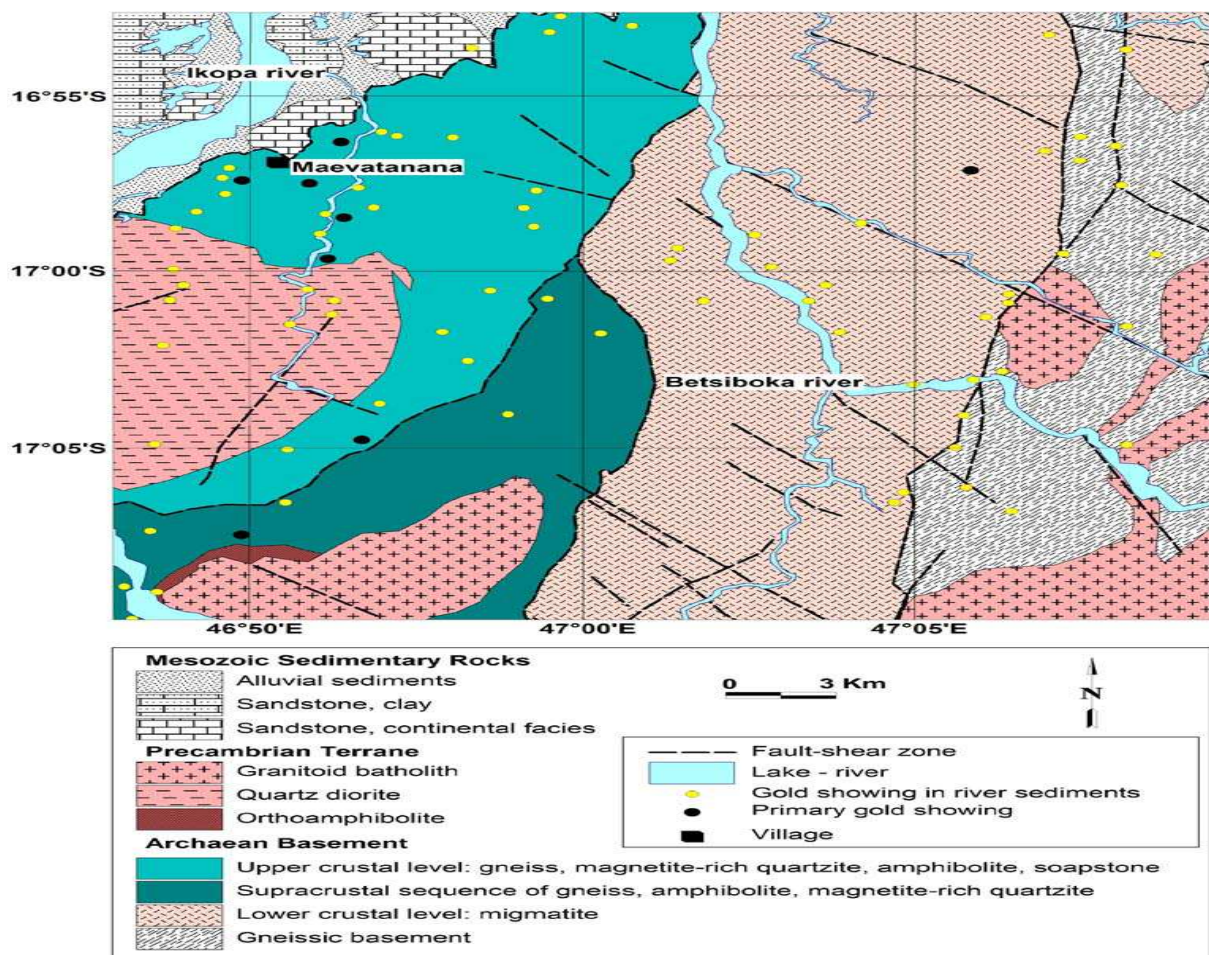


Figure 3: Carte géologique de la région de Maevatanana entre l'Ikopa et les fleuves de Betsiboka [1]

Chapitre 2. METALLOGENIE DE L'OR

La métallogénie est une discipline géologique qui étudie les mécanismes de formation des gisements métallifères (Or, Fer, Cuivre,...) et se propose de définir des outils méthodologiques et des guides de prospection utilisables par les explorateurs et prospecteurs miniers.

2.1- Généralités

L'or est un élément chimique de symbole Au (du latin aurum), de numéro atomique 79, de densité $d=19.3$ et de résistance à l'électricité de $22.10^{-9} \Omega \cdot m$. L'or est un métal rare avec une teneur moyenne dans l'écorce terrestre (Clarke) de 0.005 g/t Au (5ppb). C'est un métal précieux très recherché et apprécié sous forme de parures ou de pièces de monnaie depuis l'aube des temps historiques.

L'or pur est un métal noble, le plus malléable et ductile des métaux connus, à la fois dense et tendre. C'est un métal jaune brillant qui ne s'oxyde ni à l'air ni dans l'eau : le fait qu'il préserve son éclat.

Dans la nature, l'or se présente sous forme de pépites, qui peuvent être réduites en poudre ou en paillettes, par érosion mécanique des roches mères. Les diverses formes de sa répartition à l'état natif sont le filon, l'inclusion dans les roches ultrabasiques, et les dépôts alluvionnaires résultant de l'érosion fluviale des roches mères.

Quelques définitions selon la dimension de l'or à l'état naturel:

- **Pépites:** fragment en trois dimensions dépassant 2 mm.
- **Grain:** fragment en trois dimensions au dessous de 2 mm. Les petits grains présentent une taille au-dessous de 1 mm.
- **Paillettes:** fragments ayant une surface mais sans épaisseur apparente, laminés par le roulage. Les fines paillettes sont particules aplaties, au-dessous de 1 mm.
- **Points:** particules ayant l'aspect d'un point à l'œil nu ; à la binoculaire il s'agit de micro-grains ou de micro-paillettes de 100 à 200 microns (0,1 à 0,2 mm).
- **Couleurs:** particules si fines qu'elles ne sont reconnaissables qu'à la loupe binoculaire ou par leur teinte si elles sont nombreuses et groupées. A la binoculaire, on observe de minuscules débris d'une taille inférieure à 100 microns.

- **Or microscopique:** particules microscopiques de quelques microns, observables uniquement au microscope.
- **poussière d'or, poudre d'or, farine d'or :** termes employées par les orpailleurs pour désigner un lot de particules de très faible taille.
- **"ailes de mouche" :** désigne des paillettes allongées, de quelques millimètres.

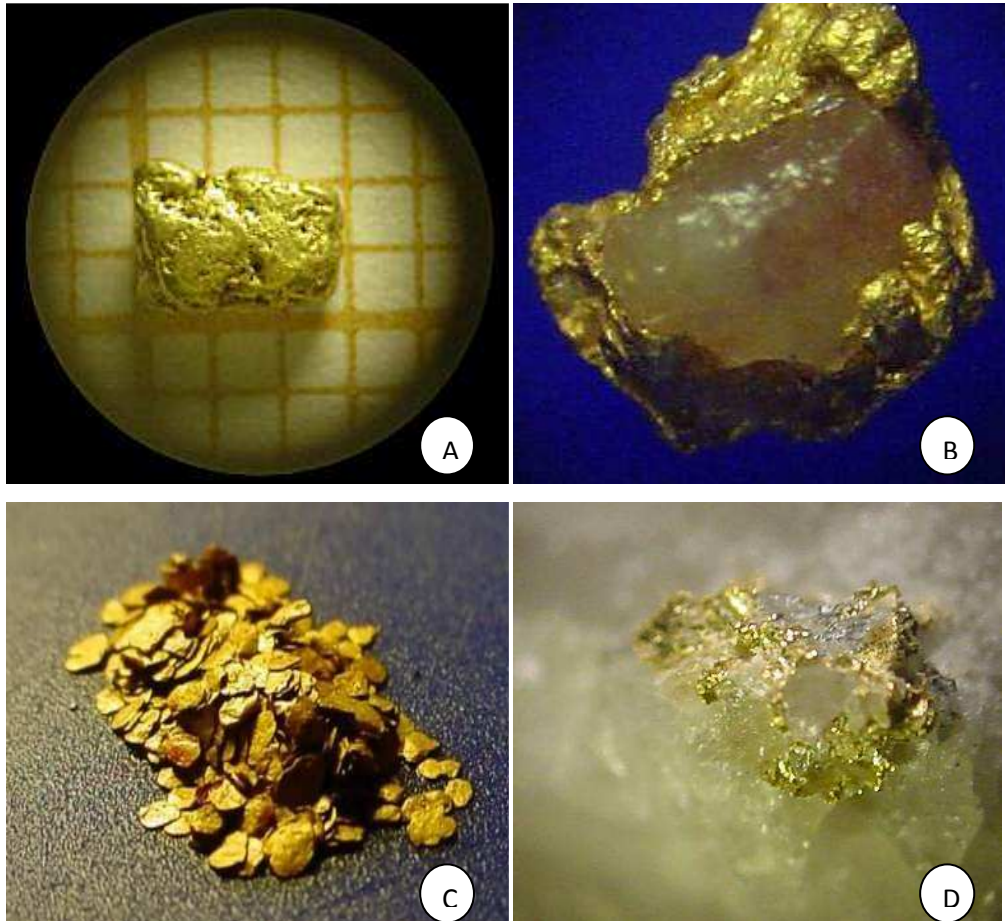


Figure 4: L'or à l'état naturel

A : Petite pépite éluviale roulées de 3 à 4 mm (Suède)

B : Grain d'or alluvial avec quartz (Rivière de Passa)

C : Paillettes d'or du Rhône (vue macroscopique)

D : Mouches d'or natif sur quartz (Mines de Laurières)

- **L'or natif invisible** est formé de particules de quelques microns cachées dans les microfissures des minerais aurifères.
- **L'or invisible** concerne les atomes d'or masqués, inclus dans les molécules des minerais aurifères.
- **L'or dissout** n'est que les atomes d'or invisibles en solution aqueuse naturelle.

2.2. Formations des gîtes aurifères

2.2.1. Gîtes primaires

Les phénomènes géologiques peuvent donc créer d'importantes concentrations de minerais aurifères. Ce type de gisement dit « primaire » se présente sous la forme de roches à l'intérieur desquelles se trouve emprisonné l'or. Deux zones distinctes sont à repérer dans le primaire :

- Les « roches dures », roche mère du filon, où l'or se retrouve emprisonné sous forme complexe et difficile à exploiter (traitement réalisé par bio-oxydation bactérienne),
- Le « chapeau », en surface des roches dures, couches de roches altérées où réside de l'or libre à l'exploitation plus aisée, mais son exploitation reste jusqu'à aujourd'hui exceptionnelle (traitement souvent réalisé par cyanuration).

La classification géologique des gîtes d'or primaire est problématique en raison de la diversité des roches dans lesquelles ils sont encaissés. 3 aspects se sont avérés importants afin de parvenir à une classification cohérente :

- **Le concept de température-profondeur :**

Les gîtes hydrothermaux sont classés en fonction de la profondeur. Ils sont subdivisés en gîtes d'or épithermaux (formation à une faible profondeur dans l'écorce terrestre, moins de 1 ou 2 km) ; gîtes d'or mésothermaux (formation à une profondeur de 1 à 3 km) et gîtes d'or hypothermaux (formation à une profondeur de 3 à 5 km ou plus). Les intervalles de profondeur ne sont pas rigides mais ils constituent des guides approximatifs qui sont le reflet de la variation de la pression lithostatique, de la pression des fluides, de la température, des limites de faciès métamorphiques à l'intérieur de la croûte terrestre, de la disponibilité des fluides météoritiques, de l'étendue verticale des champs de déformation fragile/ductile et de la sismicité. [25]

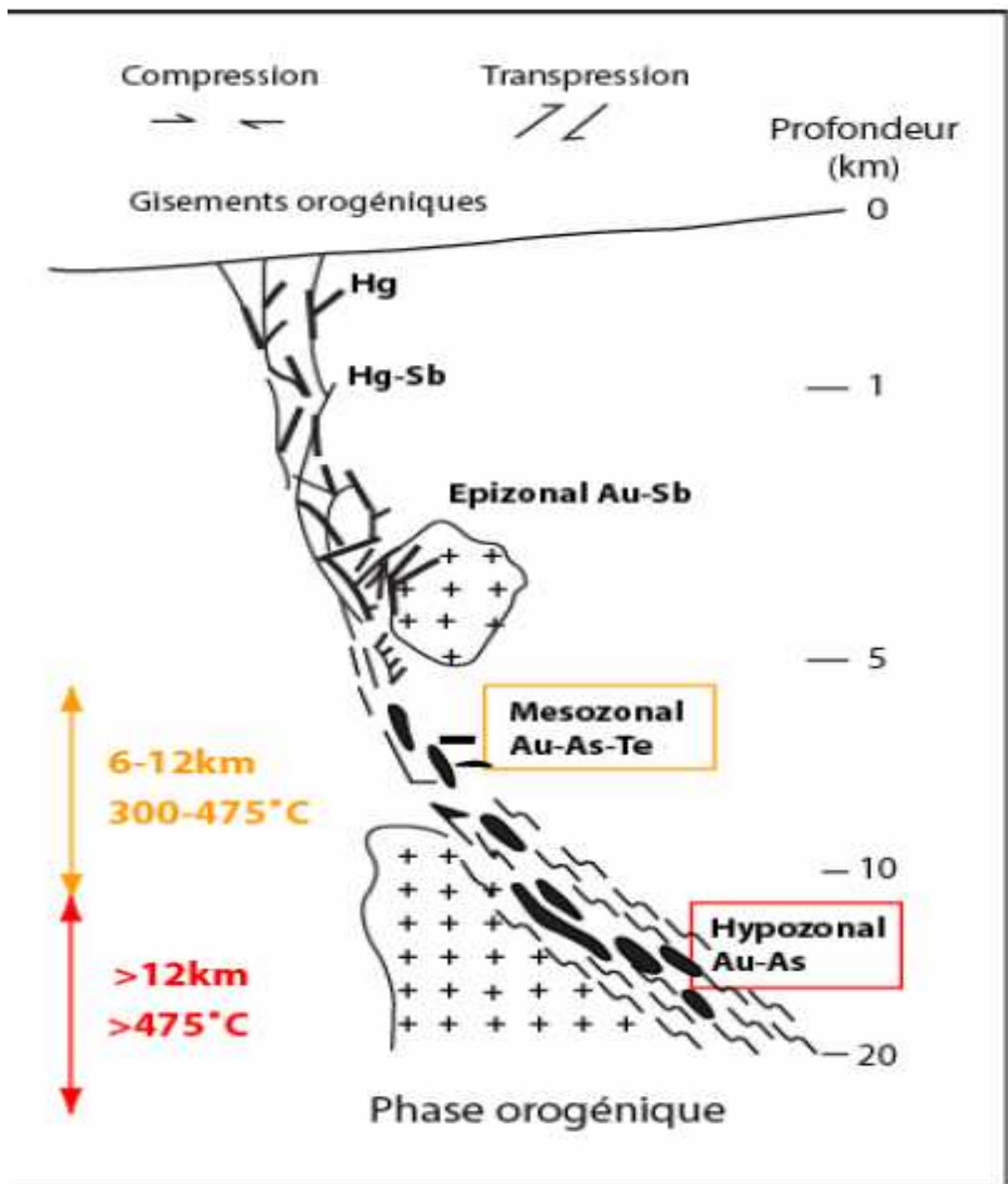


Figure 5 : Environnement crustal de formation des gisements d'or ¹épigénétiques (modifiée de Groves al., 1998)

¹ Gisement métallifère formé secondairement dans une roche, les apports étant liés, par exemple, à des solutions hydrothermales.


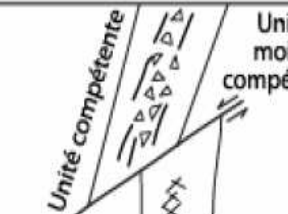






Niveau de la croûte	Failles / zones de cisaillement contrôlant le passage des fluides	Styles de veine dominante	Perméabilité de fracture contrôlant le passage des fluides	Styles de veine dominante
Sous faciès schiste vert		Brèches et veines de quartz en extension (Wiluna, Golden Kilomètre)		Brèches et veines de quartz en extension (Racetrack, Mt Pleasant)
Faciès schiste vert		Réseau de veines de quartz (Mile Golden / Kambalda)		Réseaux de veines de quartz en extension (Mt Charlotte)
Faciès amphibolite inférieur à moyen		Filons de quartz laminé/ Remplacements dans les zones de cisaillement (Norseman / Coolgardie)		Réseaux de veines de quartz en extension (Lindsays, Three Mile Hill, Coolgardie)
Faciès amphibolite moyen à faciès granulite		Larges zones de cisaillement déformées (Southern Cross)		Veines de quartz en extension (Nevoria, Southern Cross)

Figure 6: Différents styles de conduits minéralisés selon la profondeur de mise en place des minéralisations (modifiée de Groves et al., 1995).

- **Distinction entre concordance et discordance :**

L'accent est mis sur les liens géométriques entre les corps minéralisés aurifères et leurs roches hôtes. Un grand nombre de gîtes d'or est stratoïde à grande échelle, et de corps minéralisés discordants peuvent être observés.

- **La composition :**

Au cours de l'étude des gîtes d'or épithermaux, la différence entre leurs teneurs relatives en or et en argent est importante et le rapport entre ces deux éléments pourrait varier en fonction de la profondeur. De même, certains gîtes d'or renferment des quantités importantes de métaux communs alors qu'un grand nombre de gîtes de métaux communs renferme de quantités importantes d'or qui peuvent être récupérées comme sous-produit. [23]

2.2.2. Gîtes secondaires

Les gisements secondaires sont formés dans des placers. Les placers sont des accumulations de minéraux lourds ou précieux (or, platine, diamant, gemmes,...) dont les éléments ont été détachés par érosion des sources primaires de minéralisation et concentrés par des processus de sédimentation. Ces processus font intervenir divers agents comme la gravité, l'eau, le vent et la glace. L'érosion ou l'altération d'un paléoplacer peut donner un placer.

L'or et les minéraux lourds charriés par le courant se déposent et se concentrent sur certains endroits spécifiques appelés placers alluviaux grâce à leur densité élevée. Les dépôts sont donc classés selon leur densité. En effet, la nature prépare le travail de l'orpailleur en concentrant naturellement les minéraux lourds dans les placers alluviaux. Ainsi, la formation des placers est le résultat de processus mécaniques et chimiques: libération, transport, concentration, altération, dissolution et précipitation. Leur taille varie de quelques dizaines de centimètres à plusieurs centaines de kilomètres. Il y a deux types de placers :

- ***Les Placers éluviaux:***

Les filons de quartz aurifère et les minéraux aurifères sont détruits par l'érosion, les débris sont déplacés par les éléments et la gravité. Ils constituent les placers éluviaux d'or détritique. Ces placers se trouvent près de gîtes aurifères, souvent loin de l'eau et recouverts par la végétation. L'absence d'eau et les concentrations plus aléatoires qu'en placer alluvial rendent la difficulté de l'exploitation par batée. Pourtant, les plus grosses pépites se trouvent dans ce type de placers.

- ***Les Placers alluviaux:***

Les placers éluviaux sont drainés par ruissellement et se retrouvent au fond des vallées ou dans les cours d'eau. Là où ils sont à nouveau déplacés et déposés en concentrations appelées placers alluviaux. Ce type de placers peut être enrichi par l'érosion de filons aurifères situés dans le lit même du cours d'eau. Il est enrichi par le ruissellement sur des paléo placers dans les terrains proches et par une reformation de l'or dissout enrichissant les grains existants.

Origine des concentrations secondaires :

La concentration en or dans les placers provient des diverses sources:

- ✓ La destruction de filons de quartz à or libre. L'or natif filonien est généralement prisonnier dans une gangue de quartz ;
- ✓ L'érosion de roches contenant des minerais et amas métalliques aurifères où l'or peut être visible ou invisible s'il est associé chimiquement à d'autres éléments (pyrites et mispickel aurifères) et donc inclus dans leurs molécules,
- ✓ La décomposition de roches et de terrains sédimentaires de type conglomérats, argiles des terrains adjacents contenant des paléoplacers ;
- ✓ Le ruissellement sur des placers anciens ou lits fossiles ;
- ✓ Le remaniement de placers.

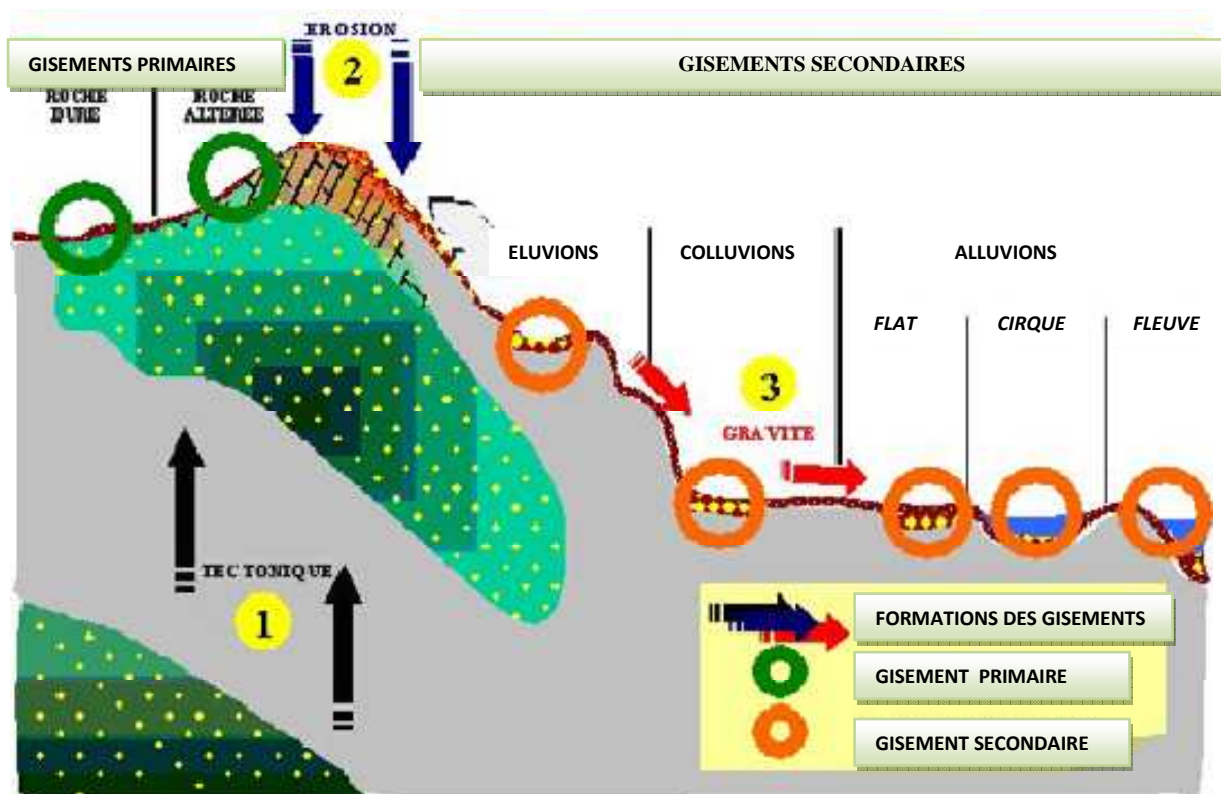


Figure 7: Modèle des différents types de gisements aurifères en Guyane (modifiée de Glengar, 2005).

2.3. Propriétés géochimiques des éléments

2.3.1 Affinité chimique des éléments

L'analyse comparée de la composition élémentaire de chaque phase minéralogique, d'une part des météorites, et d'autre part de fusion des minerais sulfurés, a conduit Goldschmidt à distinguer quatre classes des éléments :

- ❖ Les éléments **lithophiles** : éléments ayant une affinité dominante pour l'oxygène et se trouvent par conséquent avec les aluminates et les silicates. Donc, ce sont des éléments qui sont localisés préférentiellement dans les roches silicatés et qui n'ont aucune affinité pour le fer et les alliages. Ils sont localisés dans la lithosphère ;
- ❖ Les éléments **chalcophiles** : ont une affinité dominante pour le soufre. Ce sont des éléments qui ont un comportement comme le soufre. Ils sont très volatiles et se trouvent au niveau de l'asthénosphère;
- ❖ Les éléments **sidérophiles** : regroupent tous les éléments chimiques ayant une affinité dominante pour le fer. Ce sont des éléments ayant une affinité avec la phase métallique et sont localisés préférentiellement dans le noyau ;
- ❖ Et enfin, les éléments **atmosphériques** : ayant une affinité dominante pour les phases fluides. Ce sont des éléments très volatiles. Ils se retrouvent préférentiellement dans l'atmosphère et dans l'hydrosphère. (cf. **annexe 1 : classification géochimique des éléments ou classification Goldschmidt**).

2.3.2. Potentiel redox des éléments

Le potentiel Redox est la quantité d'électricité émise par la masse des électrons libres, additionnés de ceux contenus dans les atomes ou éléments ionisés. Elle se mesure en millivolts (mV).

▪ Potentiel redox d'un couple d'oxydo-réduction

A 25°C, chaque couple oxydant-réducteur possède un potentiel redox standard E^0 exprimé en volt (**figure 8**). Par convention, la valeur du potentiel standard du couple (H⁺/H₂(g)) est égal zéro à toute température. Les termes « oxydant » et « réducteur » liés au potentiel d'oxydo-réduction signifient que :

- Un « réducteur » est un corps qui joue le rôle de réducteur dans de nombreuses réactions,
- Un « oxydant » désigne un corps jouant le rôle d'oxydant dans de nombreuses réactions.

Mais un « oxydant » peut parfois être un réducteur s'il est face à un « oxydant » plus fort et qu'il peut encore s'oxyder. Les « oxydants » les plus forts ne peuvent pas s'oxyder eux-mêmes, donc ils restent toujours des oxydants. Les « réducteurs » les plus forts ne peuvent pas se réduire eux-mêmes et ils demeurent toujours des réducteurs. Mais, certains corps

peuvent être alternativement oxydants et réducteurs (exemple l'eau et le monoxyde de carbone).

- **Classement des oxydants et des réducteurs :**

Plus l'oxydant d'un couple est puissant, plus son potentiel redox est élevé. Par contre, la force d'un réducteur augmente quand son potentiel diminue. Donc, les oxydants les plus forts sont les halogènes (F_2 , Cl_2 ...), l'ion permanganate (MnO_4^-) en milieu acide, l'ion hypochlorite (ClO^-), le dioxygène (O_2) et le soufre (S) tandis que les réducteurs classiques sont les métaux, le carbone et l'hydrogène solide.

Plus le potentiel d'oxydoréduction du couple oxyde/métal est élevé, plus le métal est noble. En effet, le métal le moins noble se corrode facilement alors que le métal le plus noble est protégé. Cependant, certains métaux qui ne sont pas nobles, comme l'aluminium et le titane, sont protégés par une couche d'oxyde compacte adhérente et surtout étanche à l'oxydant. Les métaux du plus noble au moins noble sont classés comme suit :

$Au > Ag > Pb > Sn > Ni > Cd > Fe > Cr > Zn > Al > Ti > Mg > Na > Li$

	Oxydant	Réducteur	E° (V)	
	F ₂	F ⁻	2,87	
	S ₂ O ₈ ²⁻	SO ₄ ²⁻	2,01	
	H ₂ O ₂	H ₂ O	1,77	
	MnO ₄ ⁻	MnO ₂	1,69	
	MnO ₄ ⁻	Mn ²⁺	1,51	
	Au ³⁺	Au	1,50	
	PbO ₂	Pb ²⁺	1,45	
	Cl ₂ (g)	Cl ⁻	1,36	
	Cr ₂ O ₇ ²⁻	Cr ³⁺	1,33	
	MnO ₂	Mn ²⁺	1,23	
	O ₂ (g)	H ₂ O	1,23	
	Br ₂ (aq)	Br ⁻	1,08	
	NO ₃ ⁻	NO(g)	0,96	
	Hg ²⁺	Hg	0,85	
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	0,84	
	Ag ⁺	Ag	0,80	
	Fe ³⁺	Fe ²⁺	0,77	
	O ₂ (g)	H ₂ O ₂	0,68	
	I ₂ (aq)	I ⁻	0,62	
	Cu ²⁺	Cu	0,34	
	CH ₃ CHO	C ₂ H ₅ OH	0,19	
	SO ₄ ²⁻	SO ₂ (aq)	0,17	
	S ₄ O ₆ ²⁻	S ₂ O ₃ ²⁻	0,09	
	H ⁺	H ₂ (g)	0,00	
	CH ₃ COOH	CH ₃ CHO	-0,12	
	Pb ²⁺	Pb	-0,13	
	Sn ²⁺	Sn	-0,14	
	Ni ²⁺	Ni	-0,23	
	Co ²⁺	Co	-0,29	
	Cd ²⁺	Cd	-0,40	
	Fe ²⁺	Fe	-0,44	
	Zn ²⁺	Zn	-0,76	
	Al ³⁺	Al	-1,66	
	Mg ²⁺	Mg	-2,37	
	Na ⁺	Na	-2,71	
	K ⁺	K	-2,92	

Figure 8 : Quelques potentiels redox standards à 25°C

2.3.3. Potentiel ionique des éléments

L'eau est le principal agent qui gère le comportement des principaux éléments chimiques dans le milieu supergène. Ce comportement dépend étroitement de la valeur du potentiel ionique (Goldschmidt). Le potentiel ionique (Q) est le rapport entre la charge électronique (e) et le rayon ionique (r).

Selon Goldschmidt, il y a 3 groupes d'ions en fonction de leur comportement dans l'eau :

- les cations solubles (Q<3), ils sont très mobiles lors de l'altération, ce sont: Na⁺, K⁺, Ca⁺, Mg²⁺ et Fe²⁺ ;

- les cations précipitants (Q entre 3 et 10) qui ont une tendance à se précipiter sur place au cours de l'altération (Al^{3+} , Fe^{3+} , Ti^{4+}) ;
- les oxyanions solubles ($Q > 10$), ce sont: C^{4+} , P^{5+} et S^{6+} , ils sont très solubles et vont accompagner en solution les cations solubles du premier groupe avec lesquels ils vont se combiner pour former les carbonates.

2.3.4. Affinité chimique de l'or

Du point de vue géochimique, l'or est nettement sidérophile comme les métaux du groupe du platine (**Goldschmidt**), il se concentre dans le noyau de la Terre et demeure très rare dans l'écorce terrestre. L'accumulation au niveau de l'écorce terrestre est due aux fluides chauds issus du manteau pendant ou après une phase de tectonique.

Le potentiel d'oxydoréduction du couple Au^{3+}/Au est élevé. C'est pourquoi, l'or ne s'oxyde ni à l'air ni dans l'eau.

Chapitre 3. METHODOLOGIE

Les méthodes de travail ont été réparties en quatre étapes bien distinctes: la MNT, la télédétection, l'analyse des cartes géologiques et la géophysique électrique de polarisation provoquée.

3.1. La MNT

Pour mieux présenter la topographie de la zone d'étude, il faut faire construire un modèle numérique de terrain ou MNT. Cette méthode correspond donc à représenter le relief afin de déterminer les accidents tectoniques présents dans une région donnée. En effet, la méthode adoptée reliée avec les images radars peut apporter une nouvelle vision sur la morphologie de la région. Les données de bases pour cette technique est l'image SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ayant comme référence f03-s018e046-2000.

3.2. La télédétection

La télédétection est : « Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. » (Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988).

La télédétection est utilisée dans différents domaines ; des dizaines de satellites d'observation de la Terre sont en orbite et fournissent en permanence des milliers d'images pour des applications militaires et pour des applications civiles telles que la gestion des ressources naturelles, la climatologie, l'océanographie, la cartographie géologique...etc. L'utilisation de ces techniques permet donc d'améliorer la géométrie des formations géologiques, l'hydrographie, la lithologie et les traits tectoniques d'une région donnée. [7]

3.2. 1. Application de la télédétection sur la géologie

La cartographie géologique présente une grande importance pour la recherche d'un gisement. Il est donc indispensable d'utiliser les techniques modernes afin de concevoir une carte géologique récente de la région. Actuellement, la cartographie assistée par ordinateur, notamment la télédétection et le traitement d'images satellitales sont les plus utilisés comme outils de cartographie géologique les plus rapides, les plus précis et les plus fiables. Cette technique donne beaucoup d'avantage pour les géologues, lorsqu'il s'agit de cartographie en zones arides et désertiques, où les affleurements sont souvent inaccessibles et rend le travail cartographique classique compliqué.

3.2.2. Les matériels et les données utilisées

La présente étude se pose sur le traitement et l'interprétation et d'une scène Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) multispectrale et panchromatique. La bande panchromatique TM 8 à 15 m de résolution spatiale, les 6 bandes multispectrales (TM 1, 2, 3, 4, 5, 7) à 30 m et une bande TM 6 à 60 m, nous permettent de faire une étude approfondie sur la géologie de la zone d'étude. Les images Landsat 7 ETM+ n° 159072/2004/03/20 de projection Hotine Oblique Mercator (équivalent Laborde) sont les données de base. Pour la réalisation de ce travail, nous nous sommes servis des logiciels :

- ✓ ENVI version 4.5. (The Environment For Visualizing Images, élaboré par la société « ITTVIS »). C'est un logiciel commercial complet qui permet de traiter l'image issue de la télédétection. Il présente une interface logique et intuitive pour lire, visualiser et analyser différents formats d'images.
- ✓ ArcGIS version 10.0: un des meilleurs logiciels les plus utilisés aux Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Ce logiciel permet de faire la digitalisation des images obtenues à partir de la télédétection.
- ✓ GEORient version 9.5.0: un logiciel qui sert à tracer un diagramme des rosaces directionnelles des linéaments.

3.2.3. Les caractéristiques de l'image satellitale Landsat 7 ETM+ :

L'image satellitale Landsat 7 ETM+ dispose 8 bandes de fréquences avec différentes résolutions spatiales. [18]

Tableau 1: Les caractères des bandes Landsat 7 ETM+

Bandes de fréquence de l'instrument ETM+	Bandes spectrales	Résolution spatiale	Longueur d'onde (en micromètre)
Bande 1	Bleu (visible)	30m	0,45-0,5
Bande 2	Vert (visible)	30m	0,52-0,6
Bande 3	Rouge (visible)	30m	0,63-0,69
Bande 4	IR proche	30m	0,75-0,9
Bande 5	IR moyen	30m	1,5-1,7
Bande 6/1	IR Thermique/ lointain	60m	10,4-12,5
Bande 6/2			
Bande 7	IR moyen	30m	2,08-2,35
Bande 8	Panchromatique (vert-rouge-IR)	15m	0,52-0,9

3.2.4. Méthode de traitement des images satellitaires

Une scène Landsat 7 ETM+ couvre une très large région (185 km x 185 km) d'où la nécessité de faire un découpage pour la région d'étude. Le découpage de l'image se fait bande par bande. Puis, l'assemblage de trois bandes dans les canaux RGB donne une scène de composition colorée.

3.2.4.1. Composition colorée

La composition colorée concerne la combinaison des trois bandes. En attribuant le rouge au canal rouge(TM3), le vert au canal vert (TM2) et le bleu au canal bleu (TM1), la composition colorée est dite en couleur naturelle ou en vraie couleur (321 RGB). [21]

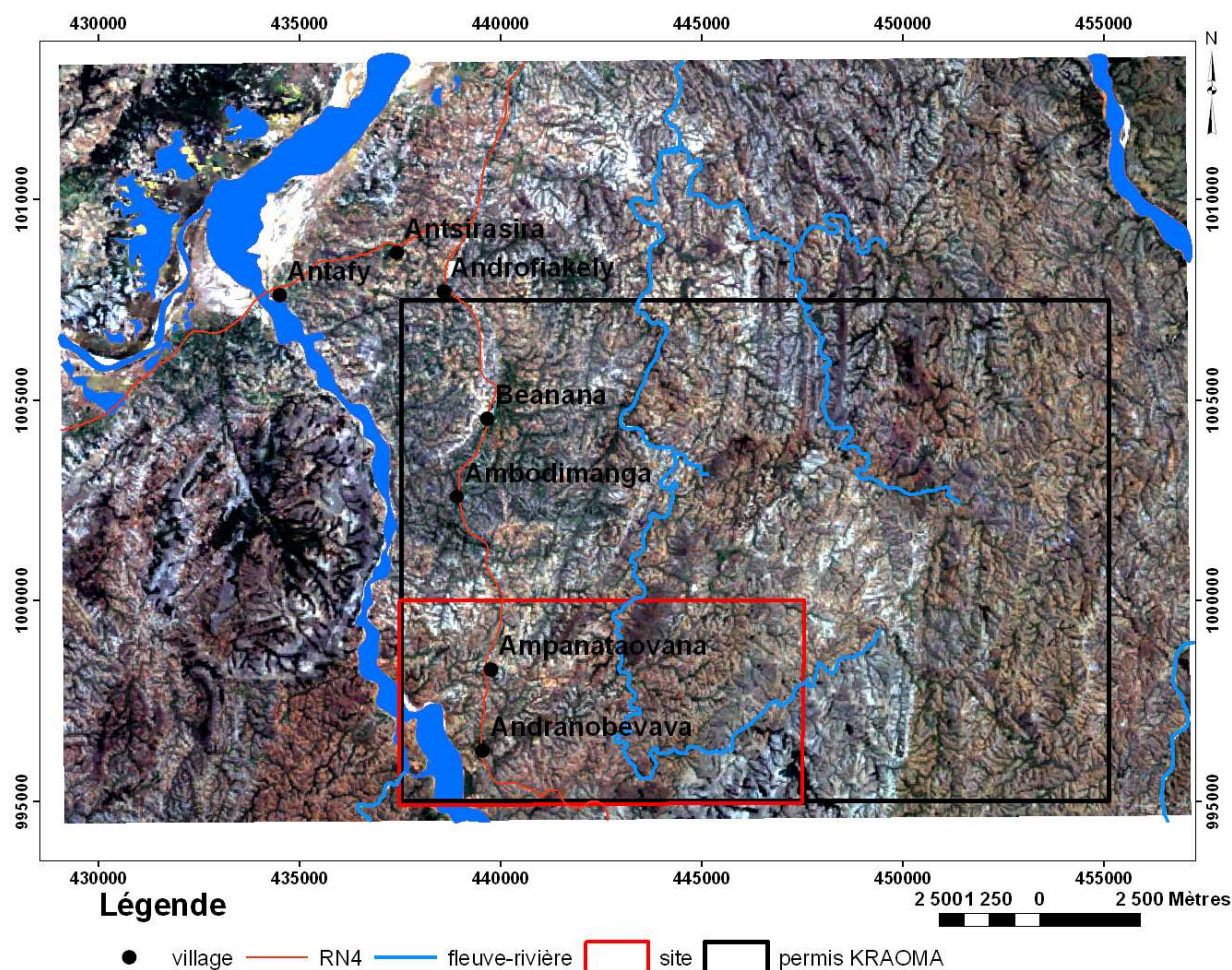


Figure 9: Scène en couleur naturelle de la zone d'étude (321 RGB).

Pour les autres combinaisons, les compositions colorées sont dites compositions en fausses couleurs. Les compositions intéressantes sont :

- La composition colorée des canaux 742 (le rouge, le vert et le bleu sont affectés respectivement aux bandes 7, 4, 2). Cette combinaison est souvent utilisée en géologie ;

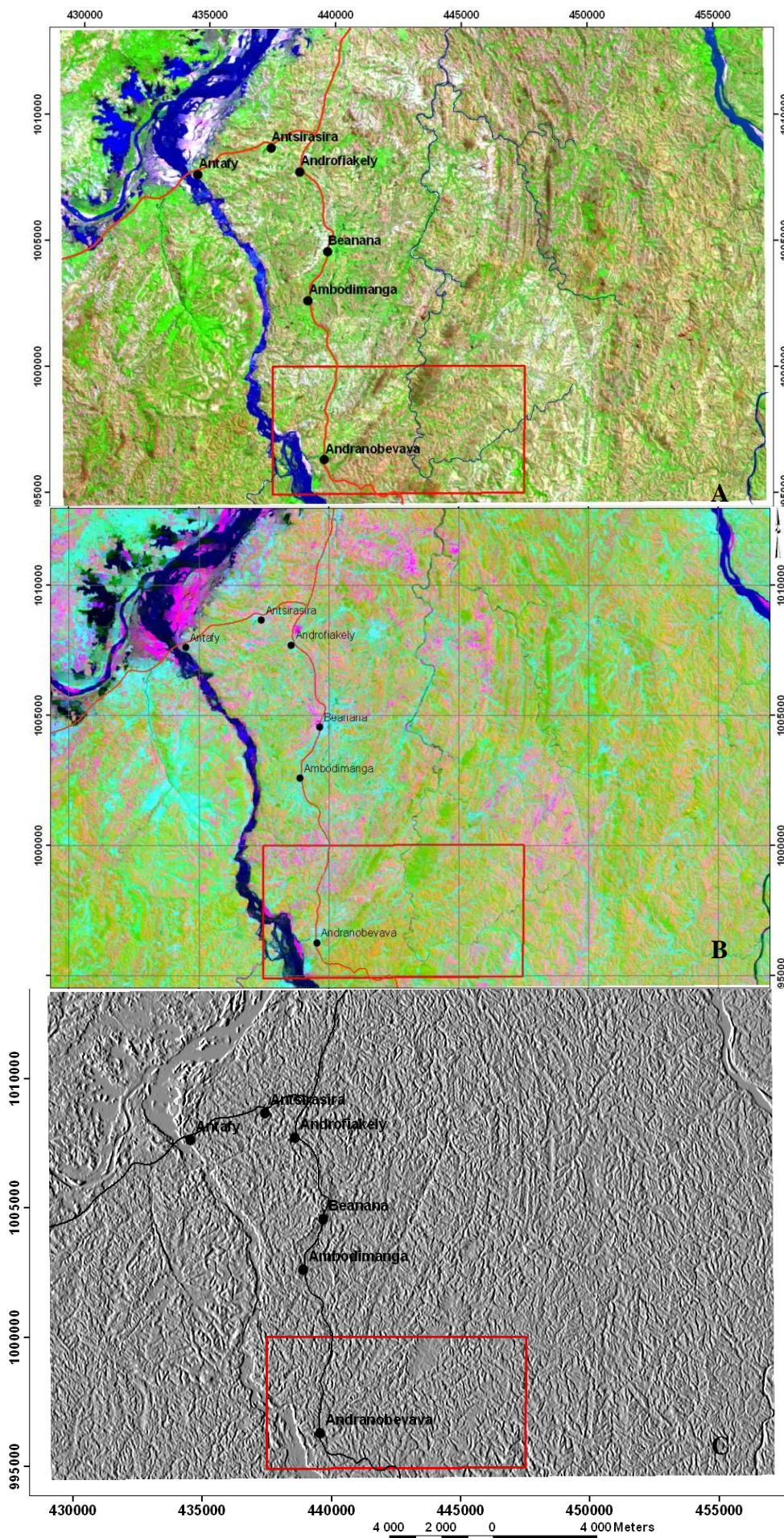
- La composition colorée des canaux 731 est aussi indispensable parce que le canal 7 (IRM) est intéressant pour la reconnaissance des milieux rocheux, le canal 3 (Rouge) est déterminant pour repérer les zones d'altération ferrugineuse: le canal 1 (Bleu) donne une bonne indication sur la réponse dans le domaine visible, notamment pour les formations géologiques très claires. [21]

3.2.3.2. Analyse en composantes principales

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une opération effectuée sur plusieurs canaux (**figure 10**), dans le but d'améliorer la qualité des images, de supprimer les redondances d'informations et de compiler les données. Le résultat prend la forme de plusieurs nouveaux canaux présentant un intérêt explicatif décroissant. Cette étude a été réalisée avec les bandes ETM+ de Landsat 7 en tenant compte les 6 bandes (bandes 1, 2, 3, 4, 5 et 7).

3.2.3.3. Les techniques de filtrage spatial

Dans la présente étude, les filtres directionnels de Sobel (de types 3×3) (**figure 10**) ont été utilisés pour identifier les linéaments afin de cartographier l'essentiel des linéaments de la région de Maevatanàna parce qu'ils nous ont permis de mieux les discriminer. Les filtres directionnels de Sobel sont conçus de façon à faire ressortir ou à masquer les caractéristiques spécifiques d'une image en se basant sur sa fréquence liée à sa texture. [11], [12], [15]



A : composition colorée 742 (CC)

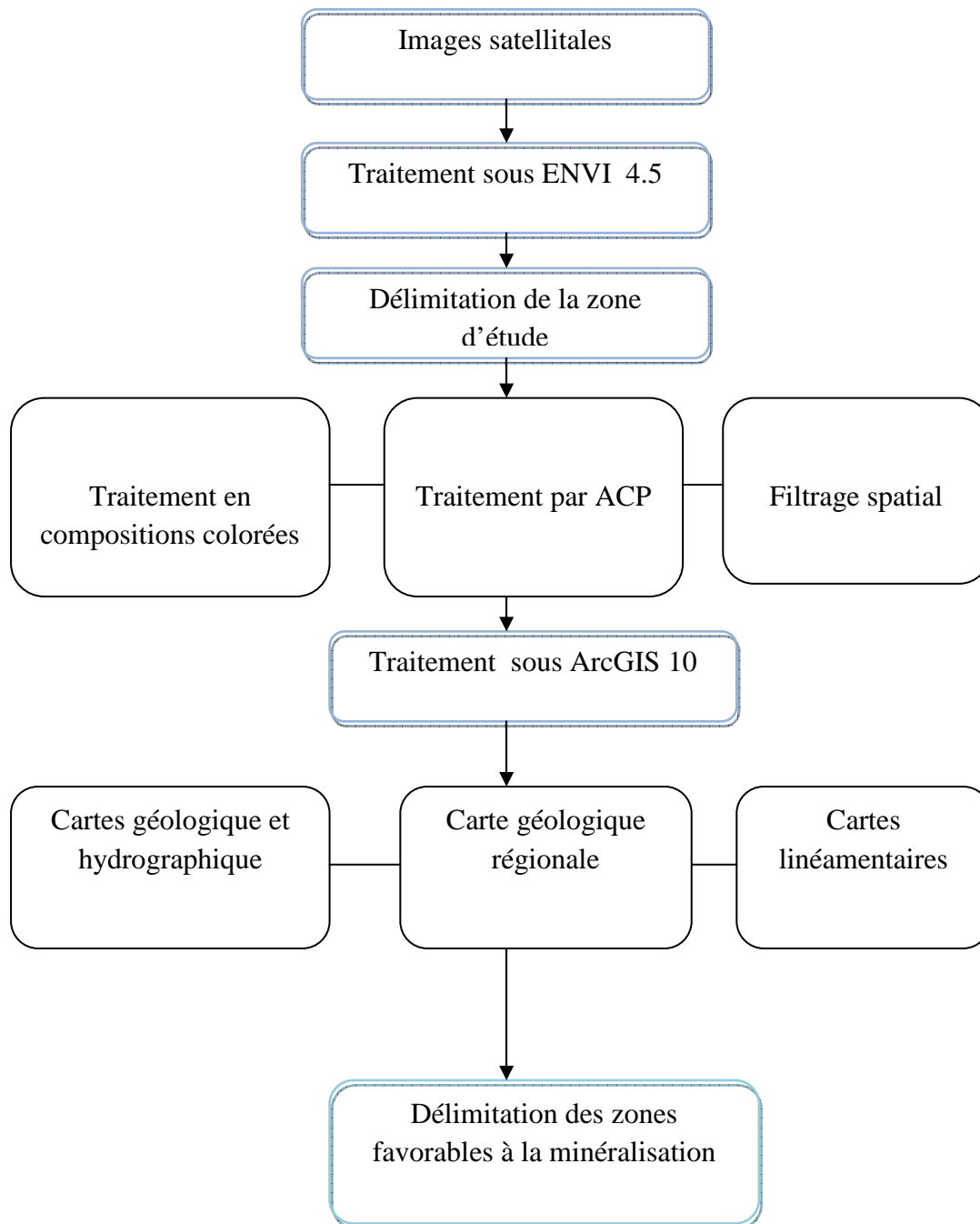
B : Analyse en composantes principales en mode RGB

C : Filtre directionnel à 0°

Figure 10: Les trois traitements des images satellitaires : CC, ACP et filtre directionnel

Tableau 2 : Comparaison entre les trois méthodes de traitements utilisées

Méthode de traitement des images satellitales	Avantages	Inconvénients
Compositions colorées	Discriminations de la lithologie Mise à évidence de la direction des foliations Mise en évidence de l'hydrographie	Présence de quelques redondances de données entre les différents canaux
ACP	Réduction de redondance de données Distinction de l'intrusion magmatique par rapport aux formations métamorphiques	Confusion entre la végétation et quelques formations géologiques en mode RGB (ex : quartzite à magnétite)
Filtrage spatial	Détection des linéaments en variant les angles de filtrage	Confusion de la lithologie



Organigramme 1: Etapes de la méthode d’analyses par télédétection

3.3. La cartographie détaillée

L’établissement d’une carte géologique détaillée de certaines zones intéressantes est plus important. La carte géologique est construite à partir de levés de terrains peu denses. Elle est obtenue par mise en relation de points, par extrapolation raisonnée du non-vu. La cartographie se résume donc comme la transformation de plusieurs nuages de points de répartition hétérogène, en une surface continue. [28]

Il faut noter que la réalisation d'une carte détaillée nécessite une descente sur terrain. Quelques démarches ont été réalisées pour cartographier une zone :

➤ **Recherche de type d'affleurement**

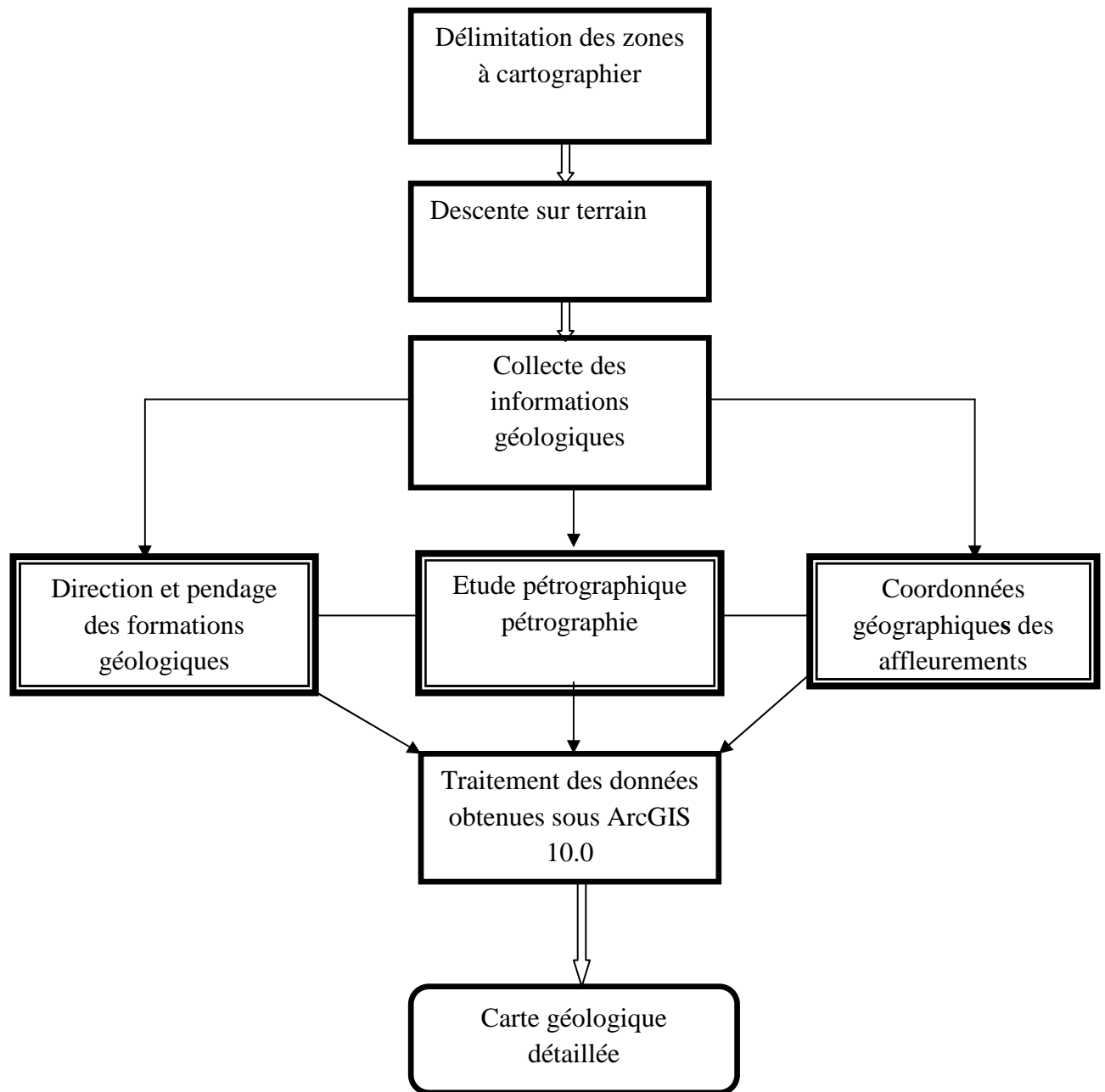
Elle consiste à repérer les lieux où l'on peut trouver des affleurements pour les collectes de toutes les informations récentes (pétrographie, direction et pendage, altération..) nécessaires pour la cartographie détaillée de la zone cible. Après avoir cassé les roches à l'aide d'un marteau de géologue, la description pétrographique peut se faire à la loupe ou à l'œil nu.

➤ **Mesure**

Après l'étude pétrographique, les directions et les pendages des formations ont été mesurés à l'aide d'une boussole.

➤ **Mise en position**

Pour avoir la position géographique d'un affleurement, il faut porter un GPS (global positioning system). L'apport d'une carte géologique globale est nécessaire pour vérifier les formations trouvées sur terrain.



Organigramme 2: Etapes de la conception d'une carte géologique détaillée

3.4. La méthode géophysique

3.4.1. Généralités

La reconnaissance géophysique ou prospection géophysique (geophysical survey en anglais) met en œuvre un ensemble de méthodes indirectes où l'on cherche, à partir d'une ou plusieurs propriétés physiques, à déterminer la structure du milieu souterrain de manière non destructive. Le degré de finesse de la description du sous-sol est en effet variable selon la propriété choisie et la méthode utilisée.

En général, les méthodes géophysiques les plus appliquées pendant une exploration sont : le magnétisme, l'électromagnétisme, la sismique, la gravimétrie et la méthode électrique. Cette méthode intervient lors de la phase de reconnaissance ou la première phase d'exploration tactique. En effet, les détenteurs de permis réalisent des levés géophysiques en les combinant avec la géochimie et la cartographie. Parmi ces différentes méthodes, la méthode électrique de polarisation provoquée est le procédé appliqué pendant notre campagne du 2013. Il s'agit donc d'une méthode de recherche indirecte pour détecter les cibles minéralisées. [2]

3.4.2 La méthode électrique de polarisation provoquée (PP)

En utilisant la méthode électrique de polarisation provoquée (PP), le dispositif utilisé est le Wenner-Schlumberger, recommandé pour un terrain bruité et sans aucune connaissance préalable de la géométrie du corps à explorer. Ce dispositif est utilisé en recherche géologique à grande échelle. Cette méthode consiste à mesurer la résistivité et la chargeabilité des formations géologiques traversées par le profil afin de définir la présence d'une anomalie géophysique. La méthode électrique de polarisation induite est largement répandue dans l'exploration des minerais, principalement des sulfures disséminés. [22]

Concernant cette méthode, lorsqu'on injecte un courant électrique dans le sous-sol, le passage d'un courant électrique dans un sol s'accompagne de processus électrochimiques dont le caractère et l'intensité dépendent directement des propriétés chimiques et physiques du sol. Donc, le passage du courant peut se faire par deux façons :

- par conductibilité électrique : déplacement d'électrons libres dans les particules métalliques (pyrite, chalcopirite, magnétite, or...);
- par conductibilité ionique : déplacement d'ions dans les solutions contenues dans les pores et les fractures des roches. [8]

3.4.2.1. La résistivité électrique et la polarisation induite

▪ Résistivité électrique

Le principe est d'injecter un courant d'une intensité connue dans le sol au moyen de deux électrodes puis de mesurer la différence de potentiel induite par les caractéristiques du sous-sol à l'aide de deux autres électrodes.

La résistivité électrique (ρ) peut être traduite par la facilité de faire passer un courant électrique dans la roche. La valeur de la résistivité des formations géologiques dépend de la structure des roches, de leurs compositions minéralogiques ainsi que de la teneur en eau (cf. annexe 6). Les variations de résistivité pour un minéral particulier sont énormes, et peuvent dépendre des impuretés et des cristaux.

En général, dans les roches ignées, la résistivité est élevée. Les roches saines, peu fracturées et non poreuses sont résistantes. Les fractures diminuent donc la résistivité.

Dans les sédiments et les roches sédimentaires, la résistivité est généralement plus faible. Plus ces roches sont vieilles, tassées et profondes, plus la porosité diminue et la résistivité est élevée. En fait, la teneur en eau est l'un des facteurs déterminant la résistivité d'un sol. L'inverse de la résistivité électrique est appelée conductivité électrique. [3]

La résistivité apparente, ρ_a , est le rapport entre le potentiel mesuré sur le terrain, et celui calculé théoriquement pour un terrain homogène dans les mêmes conditions, c'est-à-dire que le dispositif utilisé et intensité du courant injectée doivent être identiques.

Selon le dispositif de mesure utilisé, la résistivité apparente est égale à :

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

k : facteur géométrique dépendant de la géométrie du dispositif utilisé

▪ La polarisation induite :

Le principe est d'injecter un courant continu dans le sol. Les roches accumulent de l'énergie par le biais de processus chimiques. Si le courant injecté est coupé brusquement, les roches libèrent cette énergie pour revenir à un état énergétique initial. La décroissance progressive de la différence de potentiel avec le temps, exprimée en terme de chargeabilité, traduit les propriétés du sol qui s'est chargé comme un accumulateur de faible capacité pour ensuite se décharger. Chaque roche, en fonction de sa nature minéralogique et chimique, se comporte comme un condensateur électrique en emmagasinant du courant puis en le restituant

au bout d'un certain laps de temps. Dans ce domaine du temps, Seigel (1959) a défini la « chargeabilité » (en millisecondes) comme le rapport entre le secteur sous la courbe d'affaiblissement (en millivolt-secondes, mV-s) et la différence de potentielle (en mV) mesurée avant de couper le courant.

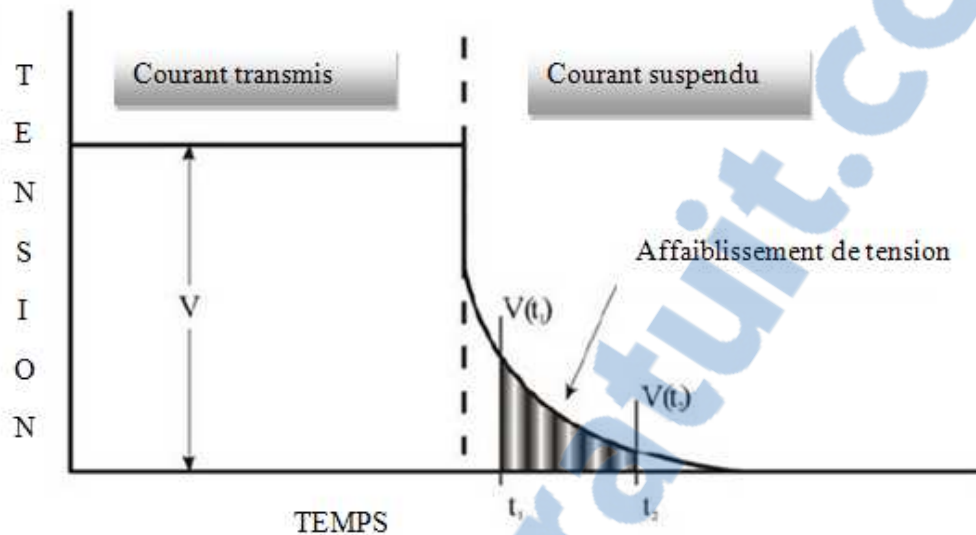


Figure 11: Principe de l'IP dans le domaine du temps (modifiée de Glaser, 2007)

$$M_{t_1, t_2} = \frac{1}{V} \int_{t_1}^{t_2} \Delta V dt$$

M : chargeabilité (ms)

La chargeabilité est donc la mesure de la relaxation électrique du sol après injection d'un courant électrique de propriétés connues.

3.4.2.2. Intérêt de la méthode PP dans la prospection aurifère

Comme toute prospection minière, la géophysique est un outil incontournable pour explorer aux moyennes et en grandes profondeurs du sous sol car l'extension d'un gisement en profondeur est difficile à découvrir. Le contraste entre les propriétés physiques spécifiques des gisements métallifères et l'encaissant crée des « anomalies » qui peuvent être détectées à la surface du sol. Comme l'or présente une conductivité importante, la géophysique faisant appel à la méthode électrique à polarisation provoquée expose un grand intérêt pour cibler les anomalies minérales en étalant des images 2-D du sous-sol.

3.4.2.3. Dispositif utilisé

- Dispositif WENNER

La configuration WENNER présente un recouvrement moins important et une moindre profondeur d'investigation. En effet, lorsqu'on veut augmenter la profondeur d'investigation par exemple de deux fois, l'espacement inter-électrode passe de a à $2a$ et la longueur totale du dispositif passe de $3a$ à $6a$. Parallèlement, la largeur de la pseudosection est réduite de $3a$ à chaque nouveau niveau de mesure, en profondeur alors qu'elle n'est que de $2a$ pour la configuration SCHLUMBERGER.

▪ **Dispositif SCHLUMBERGER**

La configuration SCHLUMBERGER possède une meilleure résolution, compte tenu du nombre de points de mesure plus important. Cependant, le rapport signal par bruit est moins bon car MN est petit, ce qui implique de faibles différences de potentiels ΔV . Or, le travail en polarisation provoquée mesure les $\Delta V/V$. Donc, les résultats obtenus seront moins précis.

▪ **Dispositif WENNER-SCHLUMBERGER**

Pour avoir un meilleur résultat, il faut donc combiner les deux dispositifs précités. Le dispositif WENNER-SCHLUMBERGER (cf. **annexe 3**) est un dispositif hybride combinant un dispositif Wenner (sensibilité horizontale) et un dispositif Schlumberger (sensibilité horizontale et verticale) (Marescot, 2008 et Loke, 2011). Ce type de dispositif est très pratique pour la prospection géophysique dans un terrain bruité. [10]

Tableau 3: Comparaison des principales caractéristiques des dispositifs électriques Wenner et Wenner-Schlumberger (modifié d'après Loke, 2011).

	Wenner	Wenner -Schlumberger
Disposition de ABMN	<p style="text-align: center;">$k = 2\pi a$</p>	<p style="text-align: center;">$k = \pi n(n+1)a$</p>
Pseudo-section	<p style="text-align: center;">Dispositif Wenner</p>	<p style="text-align: center;">Dispositif Wenner-Schlumberger</p>
Profondeur d'investigation	$0.173 \times L$	$0.191 \times L$
Sensibilité	verticale	Horizontale et verticale

3.4.2.4. Installation de l'appareil géophysique

L'appareil géophysique WDJ-4 comprend 60 électrodes installées perpendiculairement à la foliation des gneiss avec une distance inter-électrode de 10m. Pour avoir le meilleur contact entre l'électrode et le sol, il faut utiliser une solution de Na Cl.



Photo 1 : Installation du résistivimètre WDJW-4



Photo 2 : Installation des électrodes

3.4.2.5. Mesures

Un courant de 144 Volts a été injecté et 60 électrodes ont été installées, puis les mesures géophysiques par méthode PP ont été lancées. Le résistivimètre WDJW-4 est programmé pour faire le sondage électrique. La position géographique de chaque électrode et le centre de mesure doivent être répertoriées pour chaque profil.

3.4.2.6. Méthode de traitement des données géophysiques

▪ Logiciels de traitement

Le traitement des données se fait à l'aide d'un fameux logiciel appelé RES2DINV (Rapid 2-D Resistivity & IP inversion) de Loke & Barker (1996). RES2DINV est un programme machine qui détermine automatiquement un modèle en deux dimensions (2-D) de la résistivité du sous-sol.

Ce programme permet de lire des fichiers de mesures, structurés selon le format RES2DINV. Par la suite, le logiciel procède à l'inversion de ces données et propose des modèles de pseudosections en résistivité et en polarisation provoquée du sous-sol. Ces pseudosections pourront alors être interprétées par l'utilisateur.

Une valeur de résistivité apparente est associée à chaque bloc. De façon itérative, en ajustant la résistivité vraie de chaque bloc du modèle, le logiciel d'inversion tente de minimiser une fonction coût basée sur l'écart entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées de la résistivité apparente.

▪ Etapes de traitement des données

La méthode de traitement comprend plusieurs étapes :

❖ **Transfert** : après les mesures, les données doivent être transférées vers l'ordinateur (PC). Les données mesurées sur terrain sont en format *.WDA. Ce format n'est pas directement lisible par le logiciel de traitement. Une clef de genre USB appelée « dongle » est fournie avec la version enregistrée du programme. La version de démonstration n'exige pas une « dongle ». Par contre, quelques dispositifs importants du programme ne peuvent pas être employés.

❖ **Conversion** : pour que les fichiers soient lisibles par le logiciel de traitement, il faut les convertir à l'aide d'un logiciel appelé WDAFC (WDA Format conversion). En effet, deux fichiers seront obtenus :

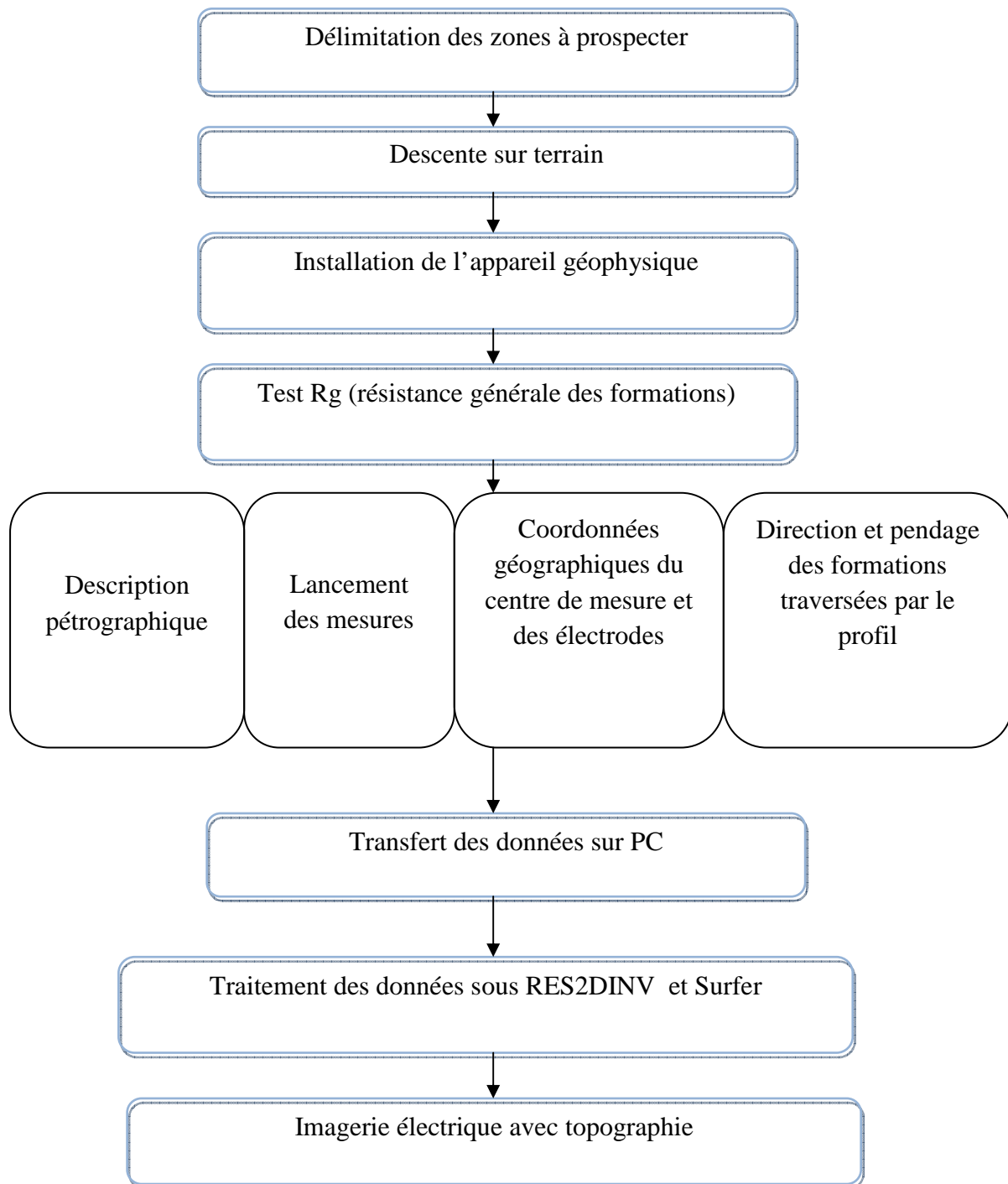
- Un fichier de format *.RES2D qui s'ouvre avec les logiciels RES2DInv et Surfer

- Un fichier de format*.dat, exécutable seulement avec Surfer

❖ **Traitements des données à l'aide de RES2DInv** : les données sont donc prêtes à traiter après les étapes ci-dessus. Les démarches sont comme suites : File/ Read data file puis Inversion/ Least square inversion et enfin Display/ Inversion Model.

❖ **Traitements des données à l'aide du Surfer** : afin d'importer les données topographiques dans le fichier RES2D, il faut ouvrir ce fichier à partir du Surfer. Pendant le saisi des données, il faut :

- Identifier le profil
- Préciser la distance inter-électrodes
- Indiquer les nombres des points obtenus lors de la mesure
- Annoncer les variables ou les données existantes
- Ouvrir la boucle
- Saisir ou copier les données de la résistivimètre et topographique
- Fermer la boucle



Organigramme 3: Déroulement de la méthode géophysique

Chapitre 4. TRAITEMENTS ET INTERPRETATIONS

La compilation des données spatiales et des données sur terrain telles que la géophysique et la cartographie a donné différents résultats. La cartographie et l'analyse des données spatiales montrent la géologie générale et détaillée de la région tandis que la géophysique dévoile la présence ou pas d'une anomalie minérale.

4.1. Traitement par MNT

La MNT montre la morphologie générale de la région de Maevatanàna. Elle révèle aussi la présence des accidents tectoniques du secteur d'étude.

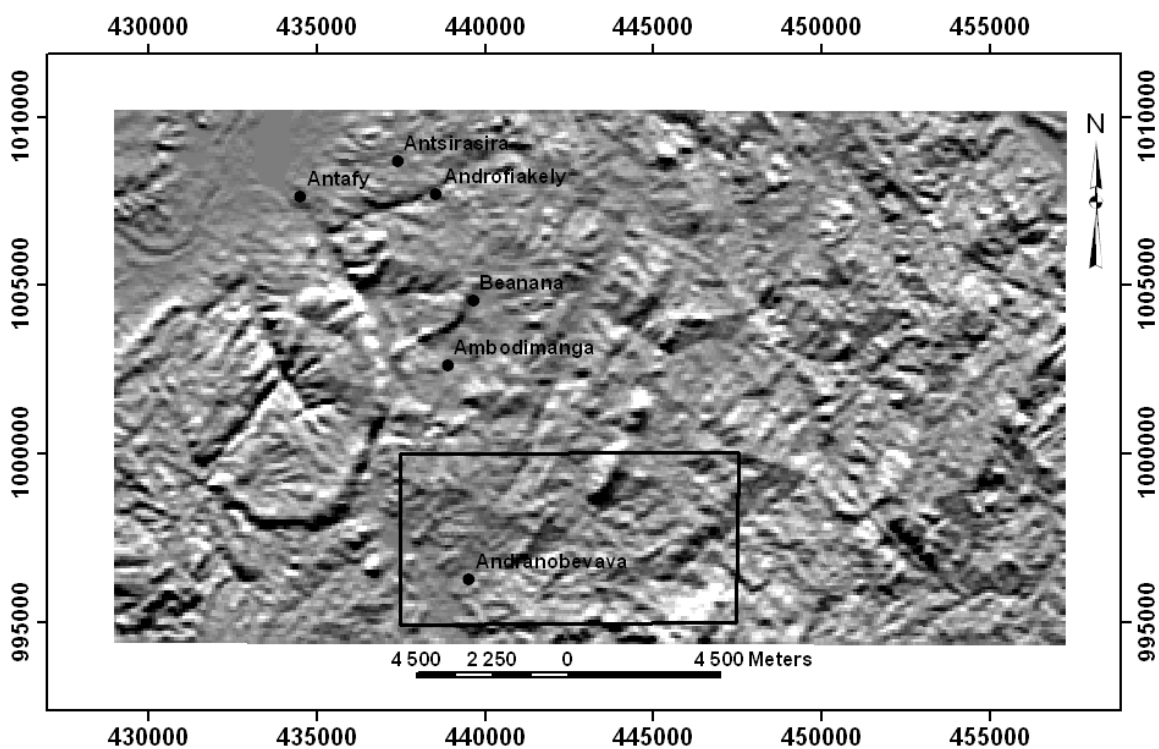


Figure 12: Modèle numérique de la zone d'étude obtenu à partir de l'image SRTM

La carte issue de la MNT montre en effet que la région d'étude renferme plusieurs accidents tectoniques. Mais il faut la combinée avec la télédétection afin d'avoir des meilleurs résultats.

4.2. Traitements des images satellitaires

L'analyse des images traitées ETM+ de Landsat 7 a permis de mettre en évidence les linéaments, les nombreux accidents géologiques et la lithologie régionaux.

4.2.1. Effets des composantes colorées

Pour la discrimination de la lithologie, l'utilisation des scènes 742 (**figure 5**) et 741(**figure 6**) est indispensable. Après traitement sous ENVI 4.5, deux images ont été obtenues :

- L'image en fausse couleur 742,
- L'image en fausse couleur 741

Ces deux images n'ont pas beaucoup de différence mais elles présentent beaucoup d'informations pour l'hydrologie notamment pour la géologie.

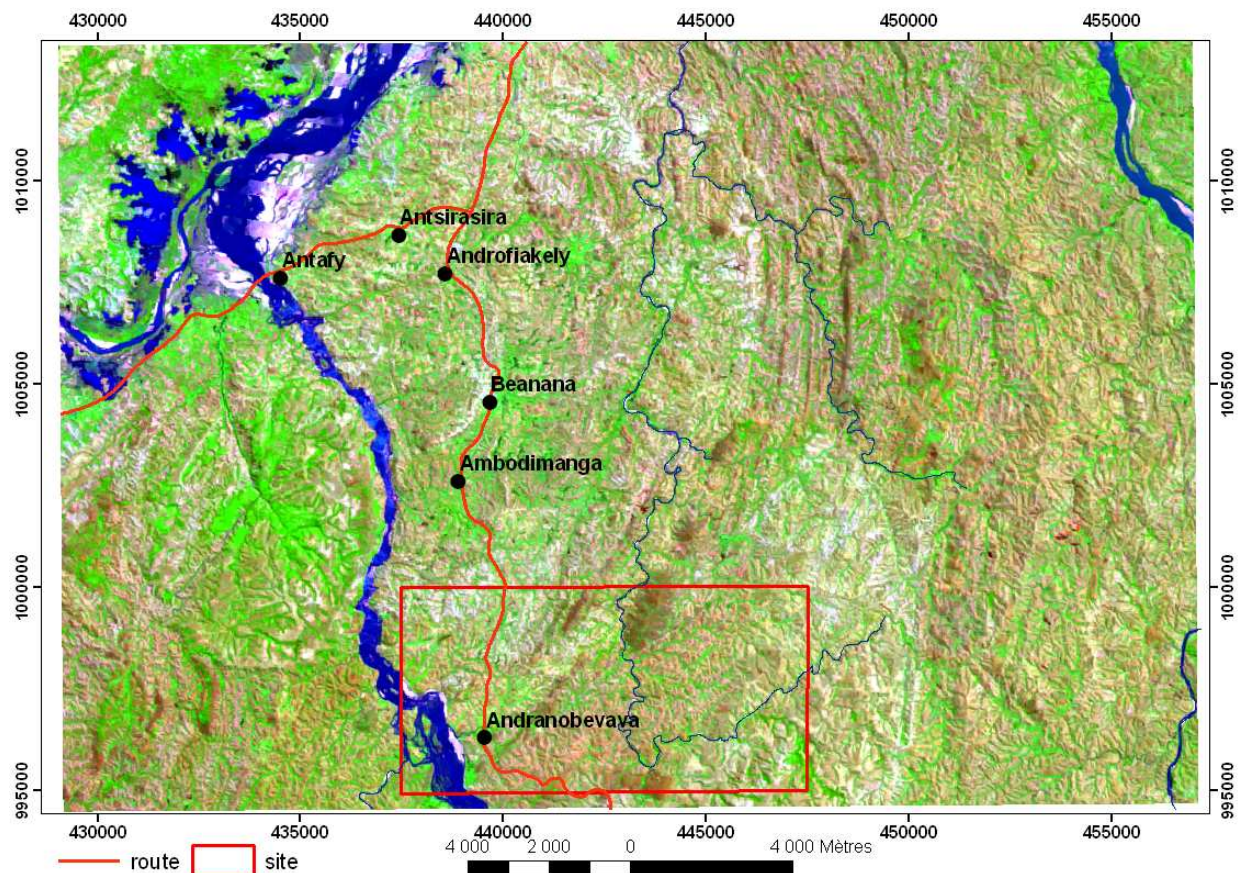


Figure 13: scène en fausse couleur (742) de la zone d'étude.

Les quartzites en magnétite présentent une couleur marron en composantes colorées 742 et 741 (**figure 14**) tandis que les granodiorites ont une couleur plus ou moins blanche. Les autres formations sont des formations gneissiques.

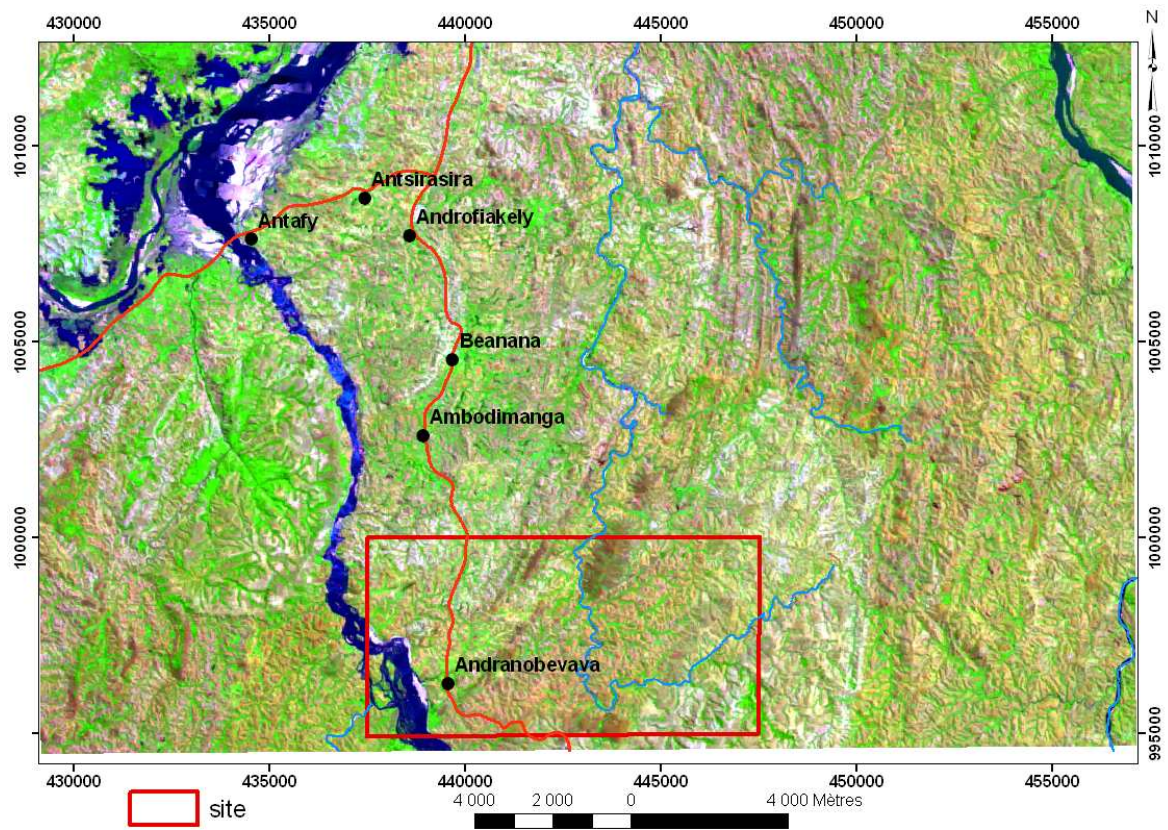


Figure 14: scène en fausse couleur (741) de la zone d'étude.

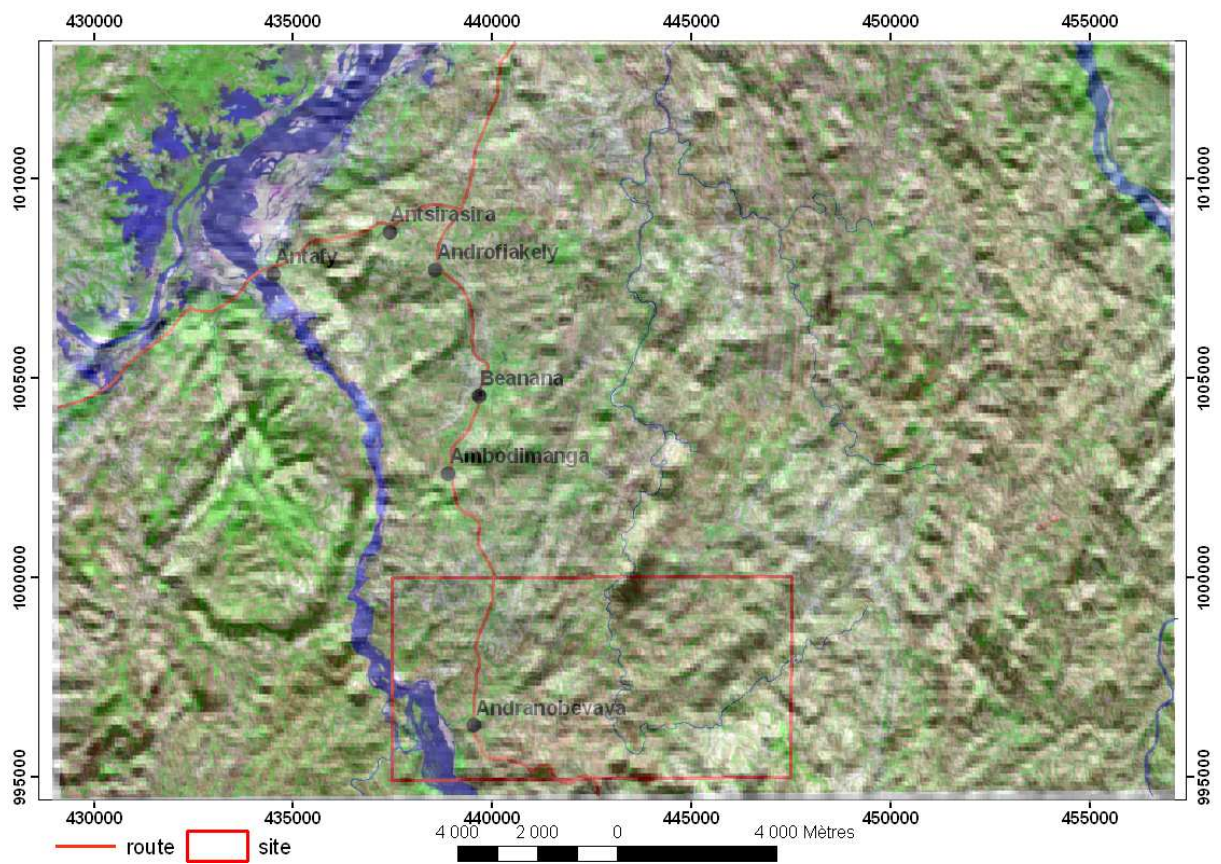


Figure 15: Superposition du MNT avec la scène 742

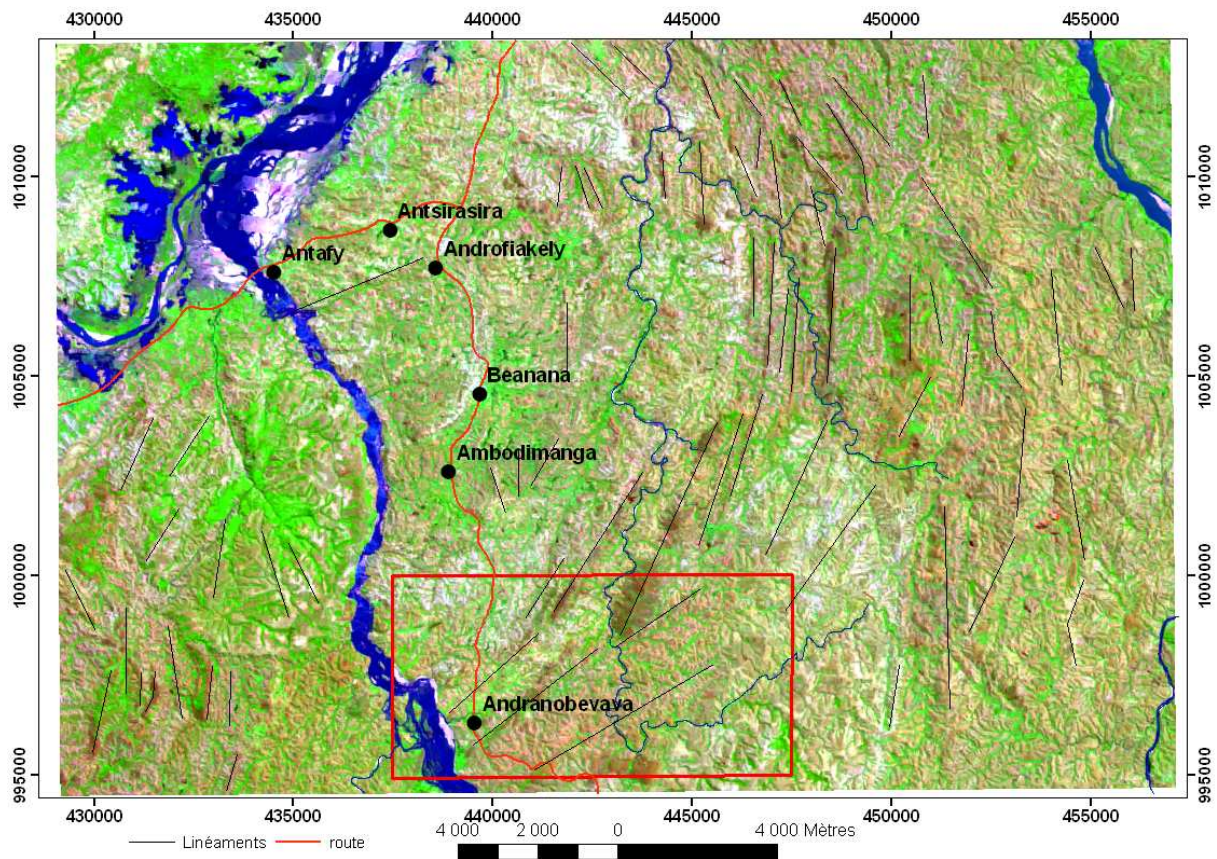


Figure 16: Carte des directions des foliations

Tableau 4 : Rapport des directions des foliations

Gamme de direction des foliations	Pourcentage
N000-030	27.42%
N030-060	6.45%
N090-120	4.84%
N120-150	12.90%
N150-170	32.26%
N170-180	16.13%

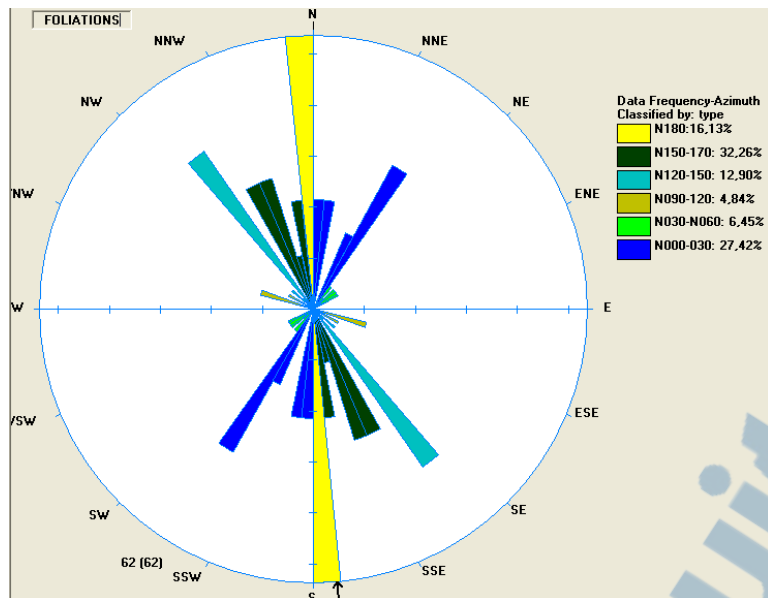


Figure 17: Rosace directionnelle des foliations

La rosace directionnelle montre les directions des foliations. La plupart des foliations des gneiss ont une direction comprise entre N000 et N030. L'intrusion granodioritique a entraîné un phénomène de virgation matérialisé par les différentes directions de foliations des gneiss au sein de la zone d'étude.

4.2.2. Effets de l'analyse en composantes principales (ACP)

L'état de corrélation entre les différentes bandes est représenté dans le tableau 2. L'analyse de ce tableau permet de retenir les néo-canaux ACP1, ACP2 et ACP3 qui contiennent respectivement 81.13 %; 15.25% et 2.32% d'informations. Il en résulte donc que 98 % d'information sur l'image de la zone d'étude est contenue dans ces trois néo-canaux.

Tableau 2: Valeurs des composantes principales

ACP	VALEURS	POURCENTAGE
1	2187,9805	81,1342258
2	411,2749	15,25080804
3	62,742	2,326585449
4	23,7024	0,878927337
5	8,9308	0,331170019
6	2,1111	0,07828336
SOMME	2696,7417	100

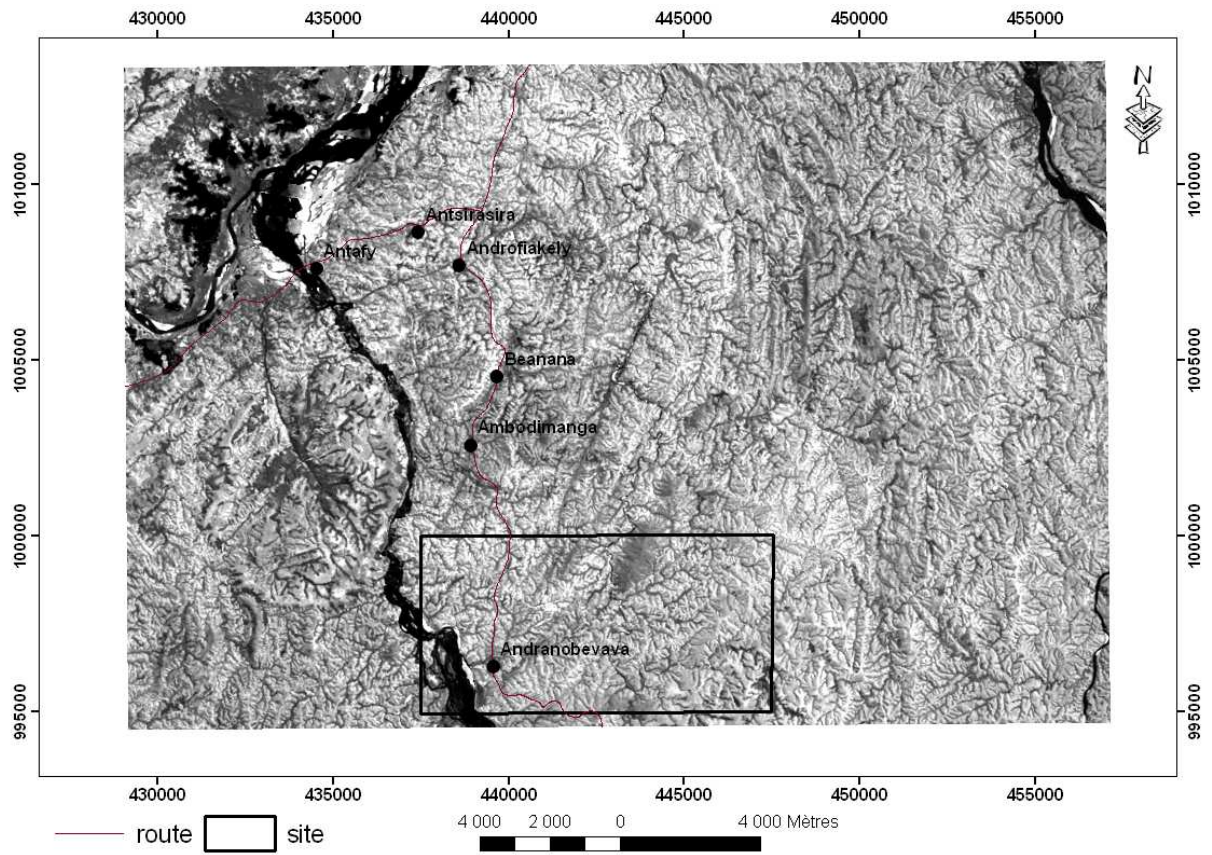


Figure 18: Scène de la composante principale CP1

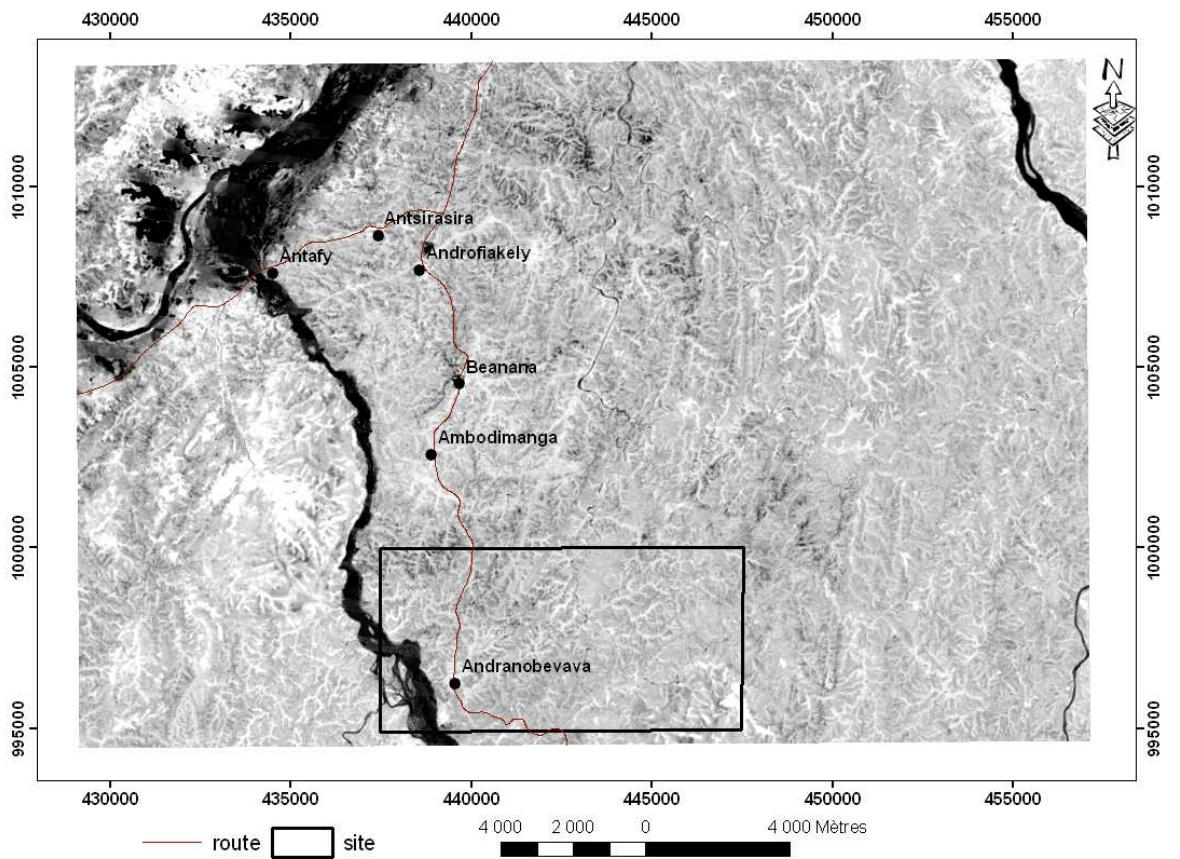


Figure 19: Scène de la composante principale CP2

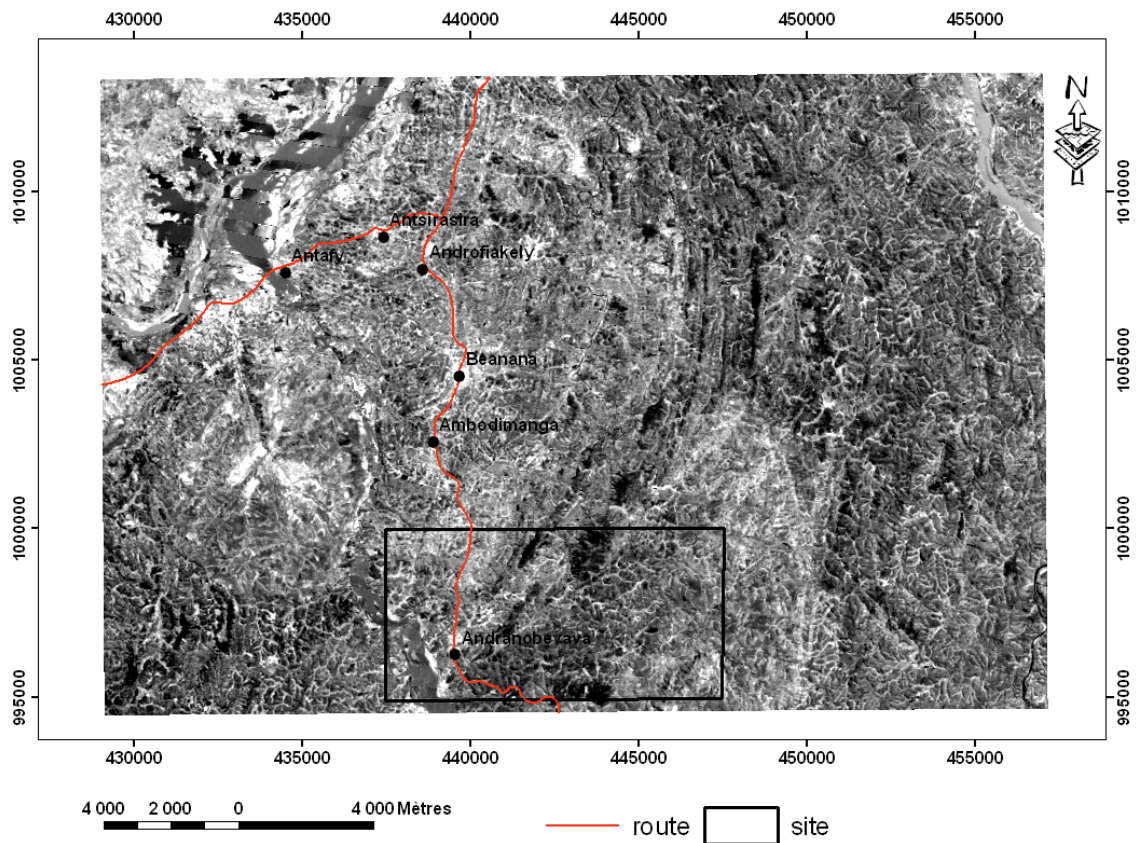


Figure 20: Scène de la composante principale CP3

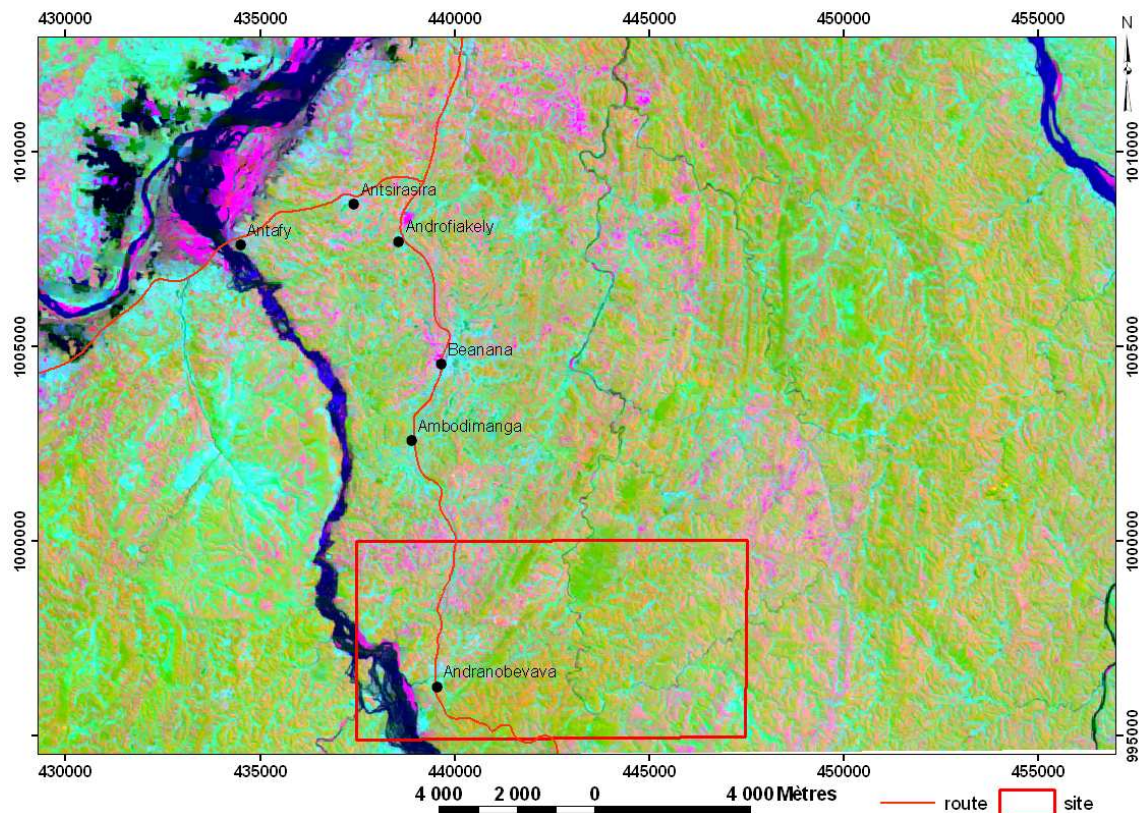


Figure 21: Analyse des composantes principales CP1, CP2, CP3 en mode RGB de la zone d'étude.

La combinaison des trois composantes principales CP1, CP2 et CP3 montre trois couleurs bien distinctes et pendant la descente sur terrain, ces couleurs représentent :

- L'intrusion magmatique en violet: granodiorite
- Les formations métamorphiques en vert : les différents gneiss
- Les réseaux hydrographiques en bleu-foncée

En effet, l'ACP permet de distinguer les formations gneissiques et les granodiorites présents dans la zone d'étude.

4.2.3. Effets des techniques de filtrage spatial

La technique des filtres directionnels de types 3×3 montre les failles et/ou fractures existantes dans la zone d'étude. Les angles de filtrages retenus sont 0 et 90°.

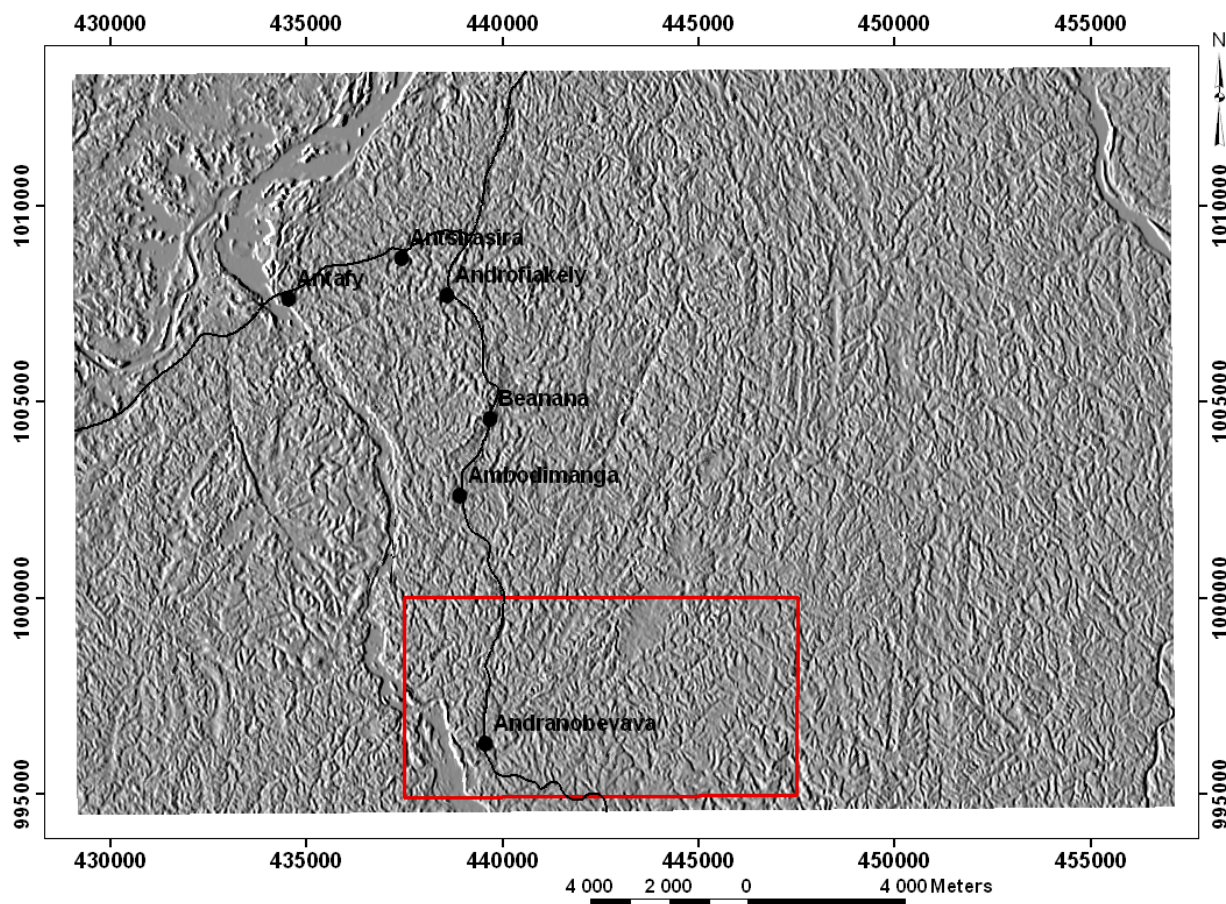


Figure 22: filtre directionnel de CP1 à 0°

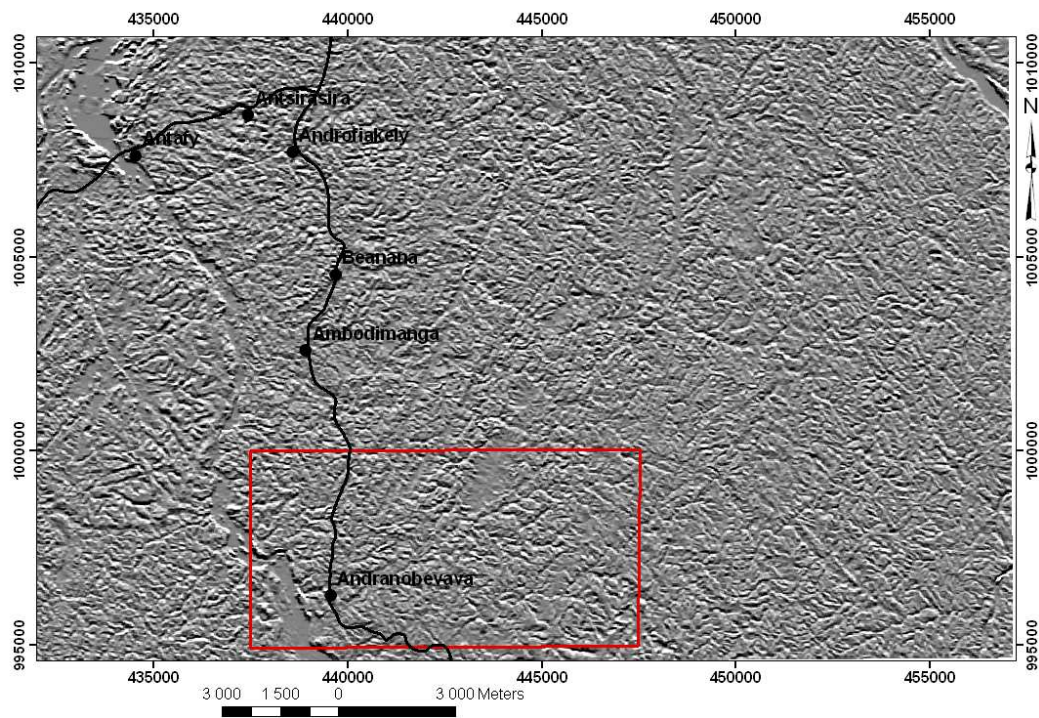


Figure 23: Filtre directionnel de CP1 à 90°

La différence entre l'angle de filtrage utilisée a montré que :

- Quand l'angle de filtrage est égal à 0°, les failles et/ou fractures sont en relief ;
- Quand l'angle de filtrage est égal à 90°, les failles et/ou fractures sont en creux.

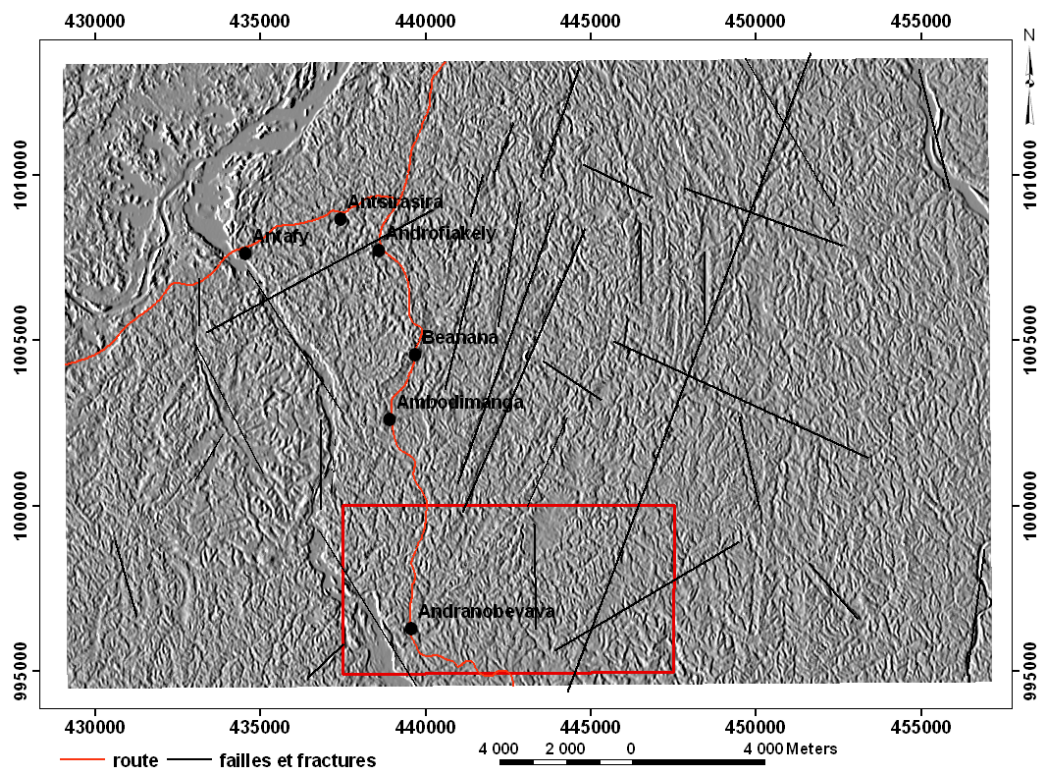


Figure 24: Carte linéaire de la zone d'étude.

Les linéaments sont des alignements structuraux de plusieurs dizaines ou de centaines de kilomètres correspondant à un accident tectonique dont l'influence apparaît pendant une très longue période de temps, au cours de phases tectoniques successives (HOBBS W. H., 1904). Un linéament pourrait être matérialisé par des failles, des fractures, et parfois par des lignes des crêtes. [19]

La zone d'étude renferme des failles et/ou des fractures de directions différentes. La majorité des fractures ont une direction entre N000 à N030 et elles sont plus ou moins concordantes à la foliation des gneiss. Les autres fractures sont discordantes à la foliation. En effet, l'origine des fractures pourrait être distincte.

Tableau 5: Rapport des directions des linéaments

Gamme de direction des fractures et/ou failles	Pourcentage
N000-030	33,33%
N030-060	6,67%
N090-120	10,00%
N120-150	16,67%
N150-170	16,67%
N170-180	16,67%

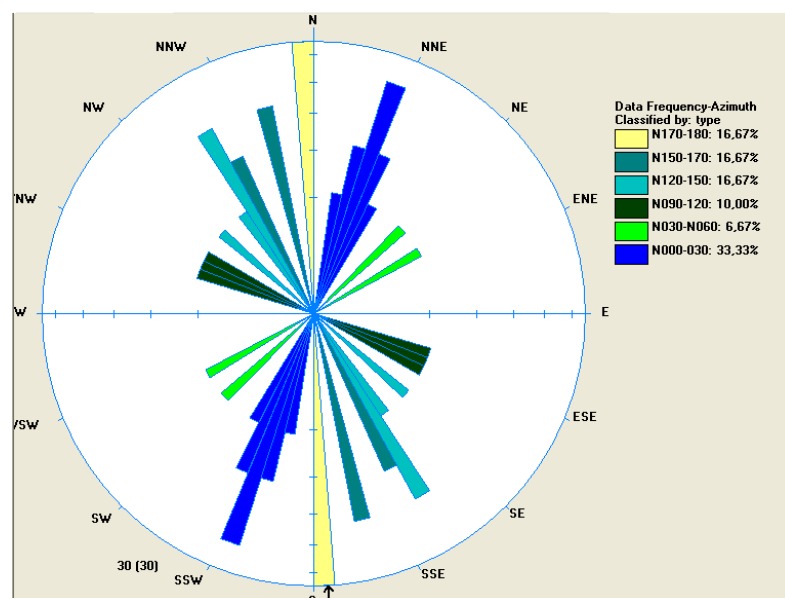


Figure 25: Rosaces directionnelles des linéaments.

4.2.4. Interprétations tectono-structurales

- **Evénement historique**

- **3-2,6GA** : orogénèse Shamvaïenne entraînant le plissement et le métamorphisme des séries de Beforona, Alaotra, Andriamena, Maevatanàna, Manampontsy et Ambatomampy (Razafinimparany, 1978). Donc, cet événement a mis en place les dépôts des séries silico-alumineuses et calco-ferromagnésiennes et leurs équivalents migmatitiques (Mangoro, Vondrozo, Anjafy, Famoizankova). Au cours de l'Archéen, la mer s'est avancée progressivement avec des formations des roches détritiques très grossières. Cet ensemble quand il sera métamorphisé donne des éléments riches en quartz et des éléments détritiques. La mer est devenue plus profonde avec des sédiments plus fins constitués essentiellement par des marnes qui vont donner des gneiss à amphibole. [13]

- **800-620MA** : formation de la ceinture métamorphique néoprotérozoïque mozambicaine. La CMNM est une zone de collision oblique entre le Gondwana de l'Est et le Gondwana de l'Ouest. Elle s'étend sur le continent Est-africain depuis le bouclier arabo-nubien (BAN) jusqu'au Mozambique et Madagascar (Stern, 1994; Muhongo, 1999a), aux Seychelles (Tucker et al. 2001; Ashwal et al., 2002), dans le sud de l'Inde (Santosh et al., 2009), au Sri Lanka (Kriegsman, 1995) et en Antarctique de l'Est (Jacobs et al, 1998). Cet événement aurait entraîné la fermeture de l'océan de Mozambique. Cette collision serait la naissance de l'Orogénèse Est Africaine (Meert et al. 1995) donnant naissance à des événements magmatique et métamorphique. La région d'étude, l'événement magmatique est matérialisé par l'intrusion granodioritique tandis que l'événement métamorphique est marqué par le métamorphisme des roches vertes (chloritoschistes, orthoamphibolites) et des gneiss. Du point de vue tectonique, la collision pendant cette période aurait provoqué un mouvement de compression NNE-SSW suivi par des fracturations de direction NNW-SSE, NW-SE et WNW-ESE. [17]

- **660 - 620 MA** : le BAN est entré en collision avec les cratons est-africains (Loizenbaur et al. 2001). Le Kenya, la Tanzanie et Madagascar ont enregistré des signes de collision oblique continent-continent (Stern, 1994; Meert, 2003) vers 650-640 MA. L'une des sutures entre les deux ensembles cratoniques a eu lieu entre Madagascar et le craton du Congo, dont les vestiges sont encore observables de nos jours en Tanzanie et au Kenya. Il est même probable que Madagascar était aggloméré dans un bloc unique avec l'Inde, le Sri Lanka et une partie de l'Antarctique (Meert, 2003). [20]

- **640-530MA** : la collision entre l'Est et l'Ouest du Gondwana provoque un raccourcissement crustal du BAN et l'apparition de zones de cisaillement sénestre et de failles

normales indique une extension NW-SE. Celle-ci provoque la formation des complexes métamorphiques représentés par des dômes gneissiques. L'unité inférieure de ces complexes comprend des tonalites, des diorites et des granodiorites déformées, associées à des schistes d'origines métasédimentaire, métavolcanique et métaophiolitique. L'unité supérieure est composée de roches volcaniques et de sédiments d'arc océanique, ainsi que d'ophiolites. Ces roches ont été affectées par un métamorphisme de faible degré de type schiste vert.

- **550-500MA** : événement tectonométamorphique, le bloc d'Australie-Antarctique aurait fait une collision avec le reste du Gondwana (Meert et Van der Voo, 1997). Cet événement était marqué par l'orogénèse Kuunga. L'évènement magmatique pendant cette période a marqué la fin de la consolidation du Gondwana (Kröner et al. 2000; Meert et al. 2001). En 540 MA, le super continent Gondwana s'est disloqué.

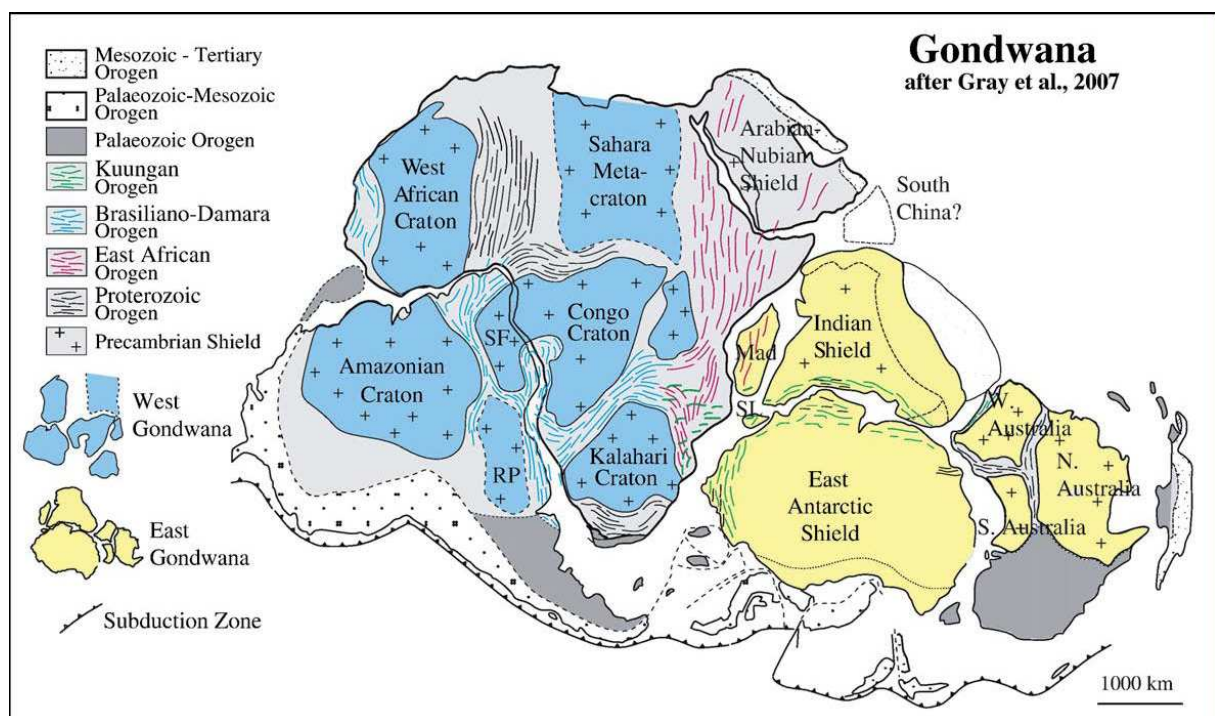


Figure 26: Le supercontinent Gondwana et les différents épisodes orogéniques associés (modifiée d'après Gray et al. 2007)

■ Interprétations des rosaces directionnelles

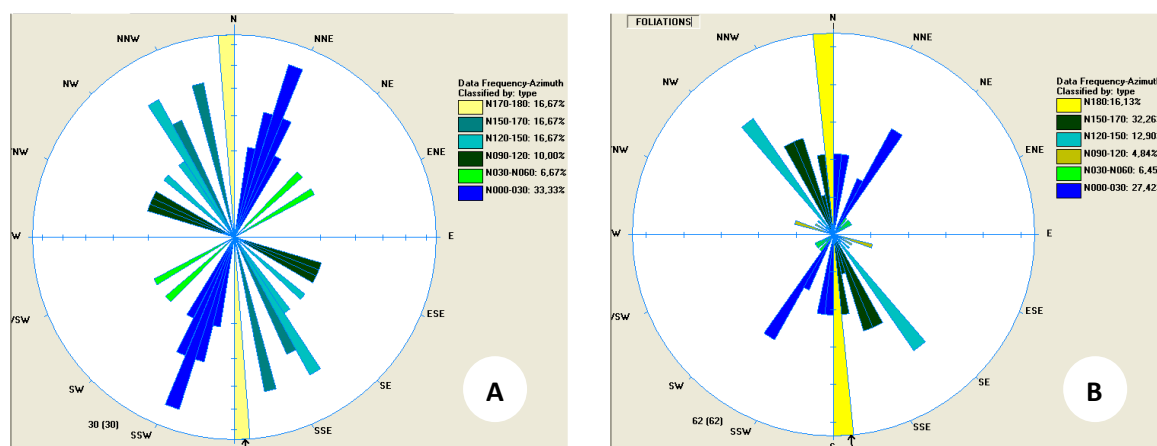


Figure 27: Rosace directionnelles de linéaments (A) et de foliations (B)

La première rosace directionnelle (A) montre que les fractures majeures ont une direction NNE-SSW (33,33%), suivies par des fractures dominantes suivant les directions NNW-SSE (16,67%) et N-S (16,67%). Les fractures NNW-SSE sont matérialisées par l'allure générale du fleuve d'Ikopa et celle de la rivière de Nandronjia. Les trois groupes de fractures sont sécantes à la foliation des gneiss, elles sont donc plus récente par rapport au métamorphisme régionale affectant la région pendant l'Archéen. En effet, comme hypothèse, les fractures et les failles pourraient être les résultats de l'intrusion de la granodiorite de Beanana (779MA).

En général, les fractures de direction NNE-SSW sont dominantes dans les régions granodioritiques. En effet, ces fractures sont donc postérieures à l'évènement intrusif du 779MA.

Puisque Madagascar est situé dans la zone de collision entre Est- et Ouest-Gondwana, les fractures portant la direction NNW-SSE pourraient être les résultats de la collision entre l'Est et l'Ouest du Gondwana entraînant l'apparition de zones de cisaillement sénestre et de failles normales indiquant une extension NW-SE. Les autres factures pourraient être le résultat de la dislocation du Gondwana en 540 MA ou pendant la période d'extension post-collision du 600-520MA.

La deuxième rosace directionnelle (B) représente trois groupes de foliations:

- ✓ direction N000-030 : matérialisée par les foliations des gneiss à l'Est de l'intrusion des granodiorites ;
- ✓ directions N150-170 : représentant par les foliations des enclaves gneissiques ainsi que les gneiss au nord cette intrusion ;

✓ direction N180 : représentant les foliations des gneiss au nord et au sud de l'intrusion.

La divergence des directions des foliations est due au phénomène de virgation entraîné par l'intrusion du 800MA. Dans la zone d'étude, les directions des foliations sont les suivantes:

- Au Nord les foliations sont presque Nord-Sud,
- Au centre, elles varient de Nord 030 à Nord 060,
- Au sud de la zone, elles prennent sa direction initiale (N-S).

Donc, les foliations de direction N-S pourraient être l'effet de la phase tectonique ductile qui a affecté la région pendant le métamorphisme régional de l'Archéen tandis que les autres schistosités sont entraînées par le magmatisme granodioritique.

4.2.5. Application du SIG

Le modèle MNT, les résultats des composantes colorées et de ceux de l'analyse des composantes principales ont permis de cartographier la région de Maevatanàna à l'aide du logiciel ArcGIS. L'extrapolation des résultats est possible grâce à la descente sur terrain et aussi aux apports bibliographiques concernant la région d'étude. En général, la région d'étude est composée par des formations à structure foliée (gneiss, quartzite à magnétite...) et des formations magmatiques (granodiorite de Beanana).

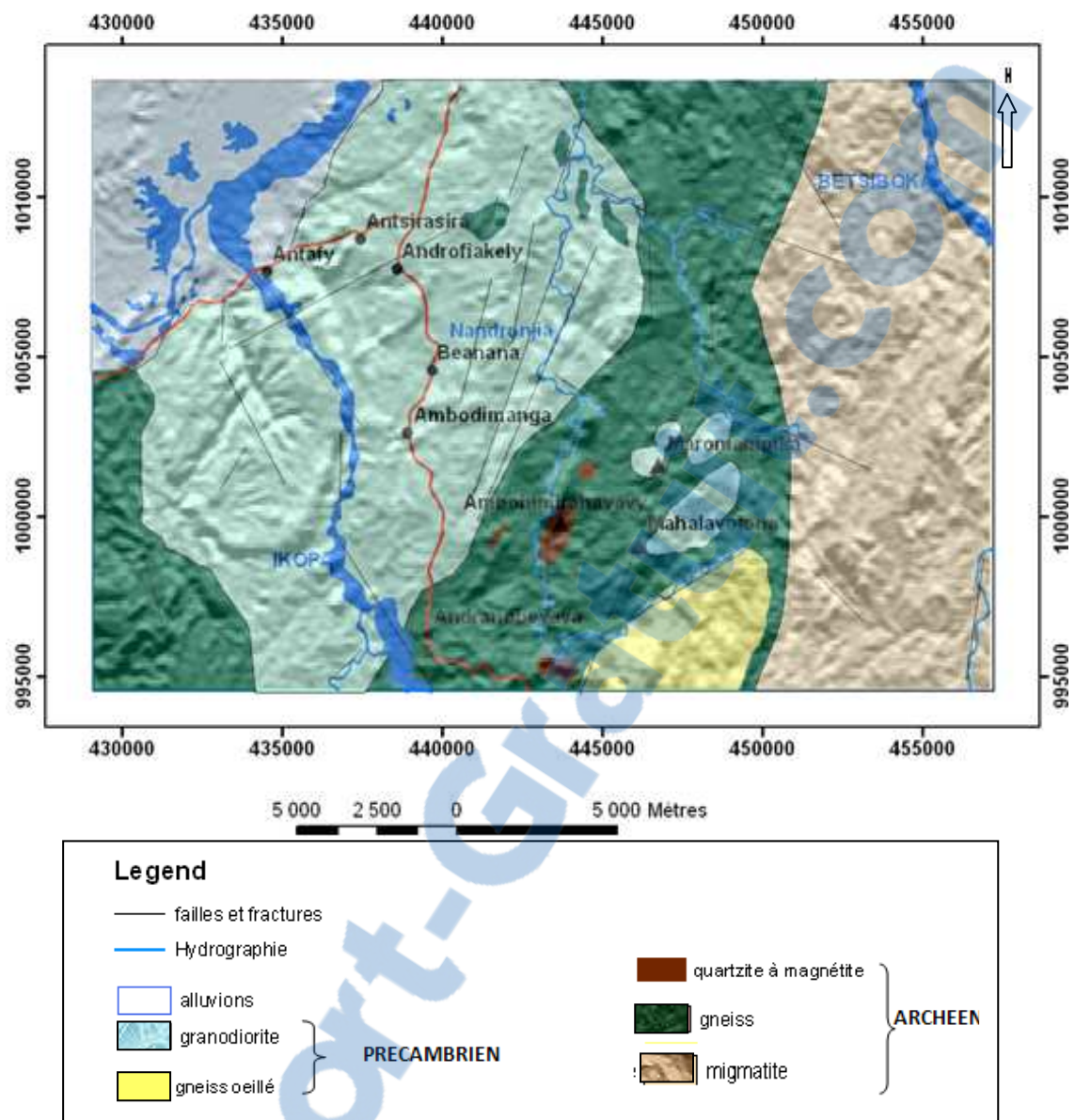


Figure 28: Carte géologique de la zone d'étude

4.2.6. Interprétations de la carte

Les résultats obtenus lors de la digitalisation de la carte à l'aide du logiciel ArcGIS présentent deux grands groupes de formations géologiques dans la région selon leurs âges de formations. Le premier groupe appartient aux formations géologiques d'âge archéen tandis que le second est une intrusion récente qui pourrait être entraînée par l'orogénèse panafricaine. Lors de la mesure sur terrain, nous constatons que les foliations varient de N30 à N090, mais elles sont toujours inclinées entre 25 à 45° vers l'Ouest ou vers le Nord Ouest. Cette structure monoclinale est due à la grande structure synclinorium de la ceinture de Maevatanàna.

4.2.6.1. Les formations archéennes

Les formations anciennes au sein de la région d'étude appartiennent à la série calco-ferromagnésienne à faciès schiste vert. Cette série se caractérise par des roches riches en minéraux ferromagnésiens : l'amphibole, le pyroxène, les micas et le chlorite. L'intensité de métamorphisme dans cette région est faible (400° à 500°C) justifié par la présence des talcschistes ou soap stones. Par contre, la présence des schistes verts et des variétés de gneiss telles que les gneiss à biotite et muscovite et les gneiss à amphibole, nous permet d'évoquer un métamorphisme à faciès amphibolique supérieur (500° à 550°C).

L'analyse de la carte, observée par la descente sur terrain, a pu montrer que les roches ultrabasiqes telles que le talcschiste et l'amphibolite se présentent souvent sous forme de filon concordant. En plus, les gneiss à biotite et amphibole se trouvent toujours sur les points la plus basse altitude et les gneiss à deux micas qui s'affleurent aux points ont une altitude moyenne. En effet, l'intensité de métamorphisme s'évolue de la profondeur vers le haut. Les formations plus profondes sont donc plus métamorphosées que les formations en dessus. Cette différence d'intensité de métamorphisme pourrait être causée par la différence de température et de pression selon la profondeur pendant le métamorphisme régional.

Dans cette série calco-ferromagnésienne, des quartzites aussi ont été révélés avec des stries sombres riches en fer. Il s'agit donc, des quartzites à magnétite qui font partie de BIF (Banded Iron Formation ou formations ferrifères rubanées). Ces BIF datent de l'Archéen supérieur lors de la phase de cratonisation (assemblage de noyaux). Notons que les quartzites à magnétite et les différents gneiss ont la même direction (N50 à N70).

Il faut aussi noter que la majorité des bandes d'amphibolite s'intercalent dans les gneiss. Elles sont donc concordantes à la foliation.

4.2.6.2. Les formations précambriennes

Le granodiorite de Beanana (779±2 MA, Tucker et al. 1999) s'intruse dans les formations gneissiques. En plus, beaucoup de filons de pegmatites ont des différentes directions par rapport à la schistosité des gneiss archéens. Lors de la descente sur terrain, la plupart des pegmatites dans la région sont composées par des minéraux de quartz, de microcline et de muscovite à grande paillette. La granodiorite qui est une roche grenue riche en feldspath potassique et alcalin et en plagioclase, avait arraché les socles gneissiques pendant les phénomènes intrusifs. C'est pourquoi, des enclaves gneissiques sont abondantes au sein de la granodiorite de Beanana. Ces enclaves sont des gneiss à biotite et amphibole et

elles sont minéralisées en or (cas d'Antanimena : zone située à 3Km à l'Ouest d'Andranobevava).

4.3. Traitements des données de terrain

Les données cartographiques collectées sur terrain ont été traitées sous SIG afin d'avoir la géologie détaillée du secteur étudié. En plus, les données géophysiques ont été traitées sous RES2DInv et surfer pour cibler les anomalies IP du secteur.

4.3.1. La cartographie sur terrain du secteur d'étude

Le secteur d'étude a été cartographié dans une échelle de 1/5000e. Par conséquent, différentes formations géologiques ont été trouvées. Il s'agit des gneiss, des quartzites à magnétite, des amphibolites, des schistes verts et des talcschistes ou soapstones. Donc, les formations métamorphiques sont dominantes dans le secteur. L'intrusion de granodiorite et beaucoup de filons métriques de pegmatite y sont aussi présents. Ces filons pegmatitiques sont discordants à la foliation des gneiss ; mais dans certains cas, ils recoupent la foliation.

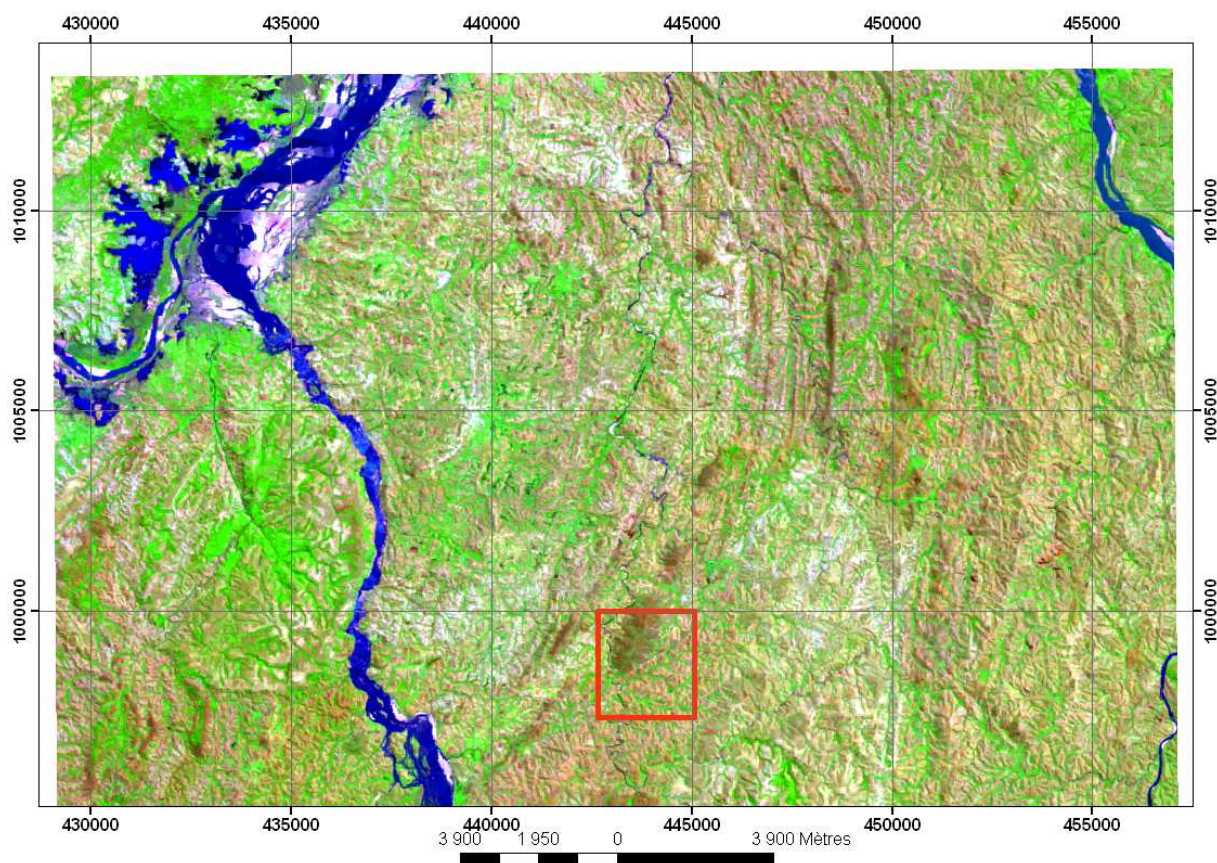


Figure 29: Carte de délimitation du secteur Est-Ambatomainty à partir de la scène 742

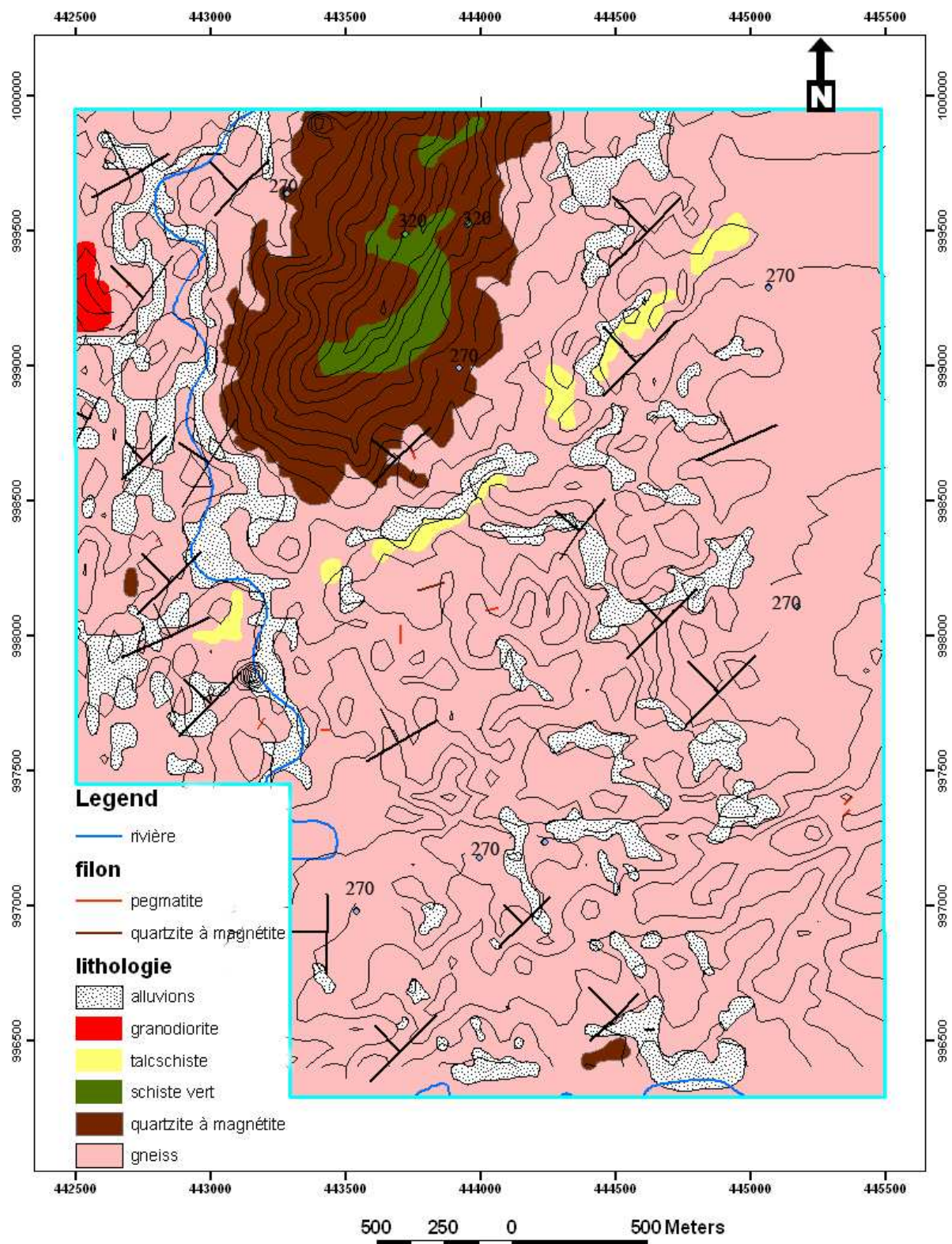


Figure 30: Carte géologique du secteur Est-Ambatomainy

D'après la carte détaillée, différentes formations géologiques ont été rencontrées :

❖ **Les gneiss :**

Ce sont des roches métamorphiques issues du métamorphisme général des pélites ou des roches magmatiques. Elles sont des roches très commune, de faciès mésozone à catazone, à grain moyen ou grossier, à foliation souvent nette caractérisée par des lits généralement de teinte sombre, riches en minéraux ferromagnésiens (micas et amphiboles) alternant avec des lits clairs (blancs, gris, rosés) de quartz et de feldspaths. Les minéraux autres que quartz et feldspath peuvent être très variés, et on les mentionne dans la dénomination des gneiss (exemple : gneiss à amphibole). Pendant la cartographie, le socle gneissique du secteur a été très compliqué face aux différentes compositions minéralogiques des gneiss. En effet, différents types de gneiss ont été répertoriés, ce sont : le gneiss à biotite, le gneiss à amphibole, le gneiss à biotite et amphibole et le gneiss à biotite et muscovite.

❖ **Le quartzite à magnétite :**

Le quartzite est une roche siliceuse, compacte, à cassure conchoïdale lisse ou finement esquilleuse, en général claire et d'aspect gras. Un quartzite est constitué de cristaux de quartz intimement soudés, souvent dentelés et engrenés. Le quartzite provient de la recristallisation des grés, parfois des radiolarites ou encore d'un filon de quartz. Lorsqu'il est constitué par des minéraux de magnétite, on parle des quartzites à magnétite. Ces minéraux ferrugineux se présentent sous forme rubanée et donnent aux roches une couleur sombre.

❖ **Le schiste vert:**

Il s'agit des schistes chloriteux (ou chloritoschistes), verdâtres, riches en fines aiguilles et lamelles de chlorite avec fréquemment des amphiboles vert pâle (trémolite, actinote). Dans la zone d'étude, les schistes verts et les quartzites à magnétite s'intercalent, leur aspect reste pratiquement constant malgré l'augmentation du degré de métamorphisme.

❖ **Le talcschiste :**

Le talcschiste est une roche métamorphique riche en minéraux de talc. Sa couleur est blanchâtre. Il présente un aspect physique à toucher savonneux. Les talcschistes dérivent de pélites carbonatées riches en magnésium.

Ainsi, ces formations géologiques appartiennent à la série supérieure de Maevatanàna. Ses caractéristiques principales sont :

- ✓ abondance des gneiss à biotite, muscovite et amphibole
- ✓ présence des micaschistes.
- ✓ l'abondance de talcschistes ou soap stones, de chloritoschistes et d'amphiboloschistes à trémolite ou actinote
- ✓ présence de quelques bancs de quartzite à magnétite.

❖ **Le granodiorite :**

La granodiorite est une roche magmatique plutonique à structure grenue, voisine des granites, contenant du quartz (> 10 %), des feldspaths avec moins d'orthose que de plagioclases, des ferromagnésiens : biotite, amphibole (hornblende verte), parfois pyroxène. Les minéraux noirs sont peu abondants dans les granodiorites associées aux granites ou aux monzonites. Par contre, ils sont assez abondants, jusqu'à 40 % de la roche, dans les granodiorites associées aux diorites ou gabbros. Les granodiorites sont très riches en biotite dans la zone d'étude. Par conséquent, elles pourraient être dérivées des diorites ou des gabbros.

En somme, ces différentes formations géologiques précitées montrent la géologie détaillée du secteur d'étude.

4.3.2. Traitements et interprétations des résultats de la géophysique électrique de PP

Pendant la campagne 2013, 29 mesures ont été effectuées dans une maille de 50 mètres. Les résultats obtenus ont été traités à partir du logiciel RES2DINV (Loke, 1993) en utilisant les modèles de la résistivité et de la polarisation induite afin d'obtenir des imageries électriques. Parmi les 29 mesures, quelques profils géophysiques seront interprétés dans cette étude (**figure 32**) avec ses différentes valeurs de la résistivité apparente et de l'IP (**cf. annexe 5**). Ces résultats permettent de tirer les relations entre la minéralisation aurifère et l'encaissant. Les imageries électriques, modèle 2D, ont montrées trois pseudo-sections: le modèle de résistivité apparente mesurée (sur terrain), le modèle de résistivité apparente calculée (par le logiciel Res2Dinv) et le modèle d'inversion de la résistivité. Mais, les interprétations sont basées seulement sur ce dernier modèle. [27]

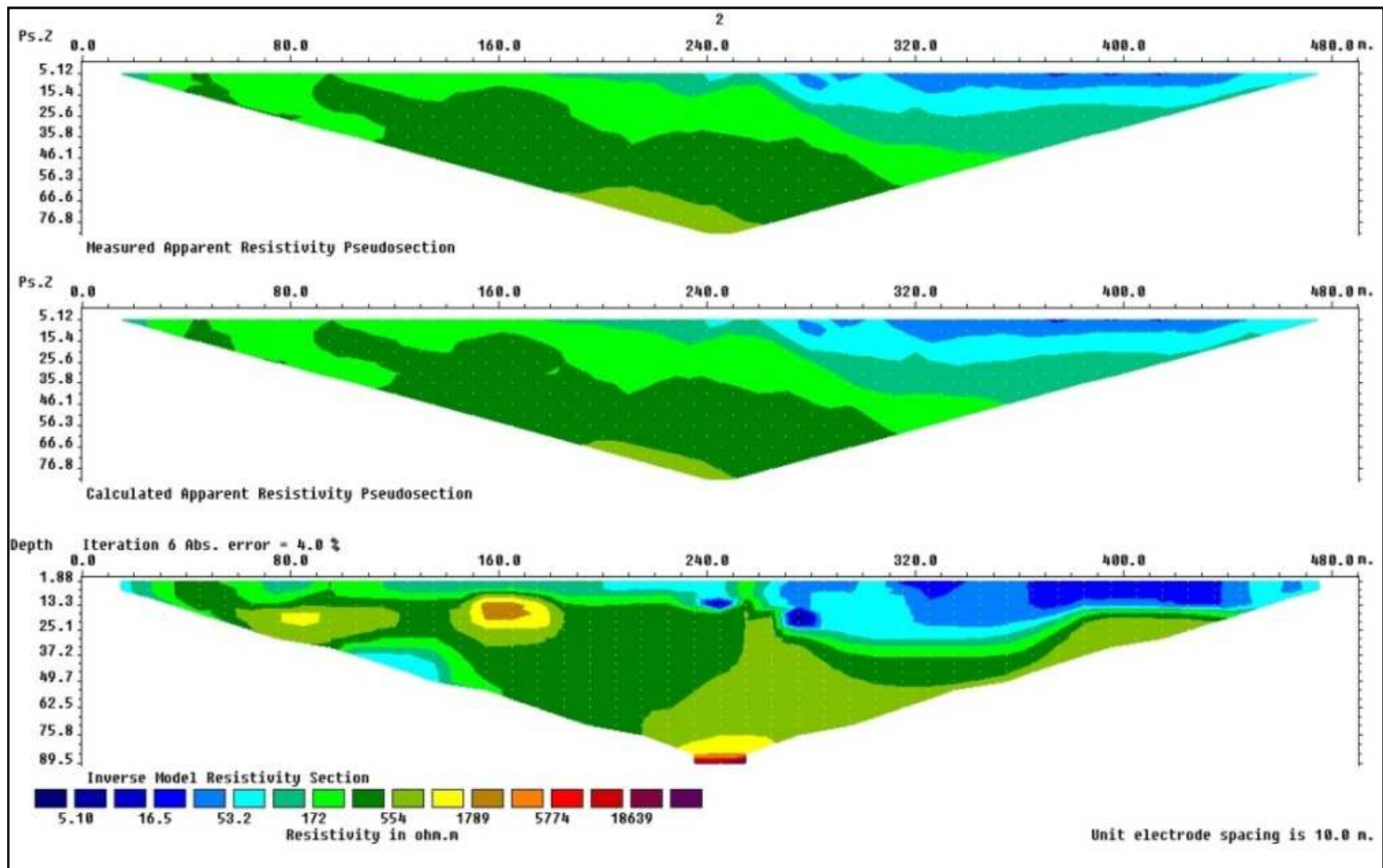


Figure 31: Image montrant les trois types de modèles en 2D

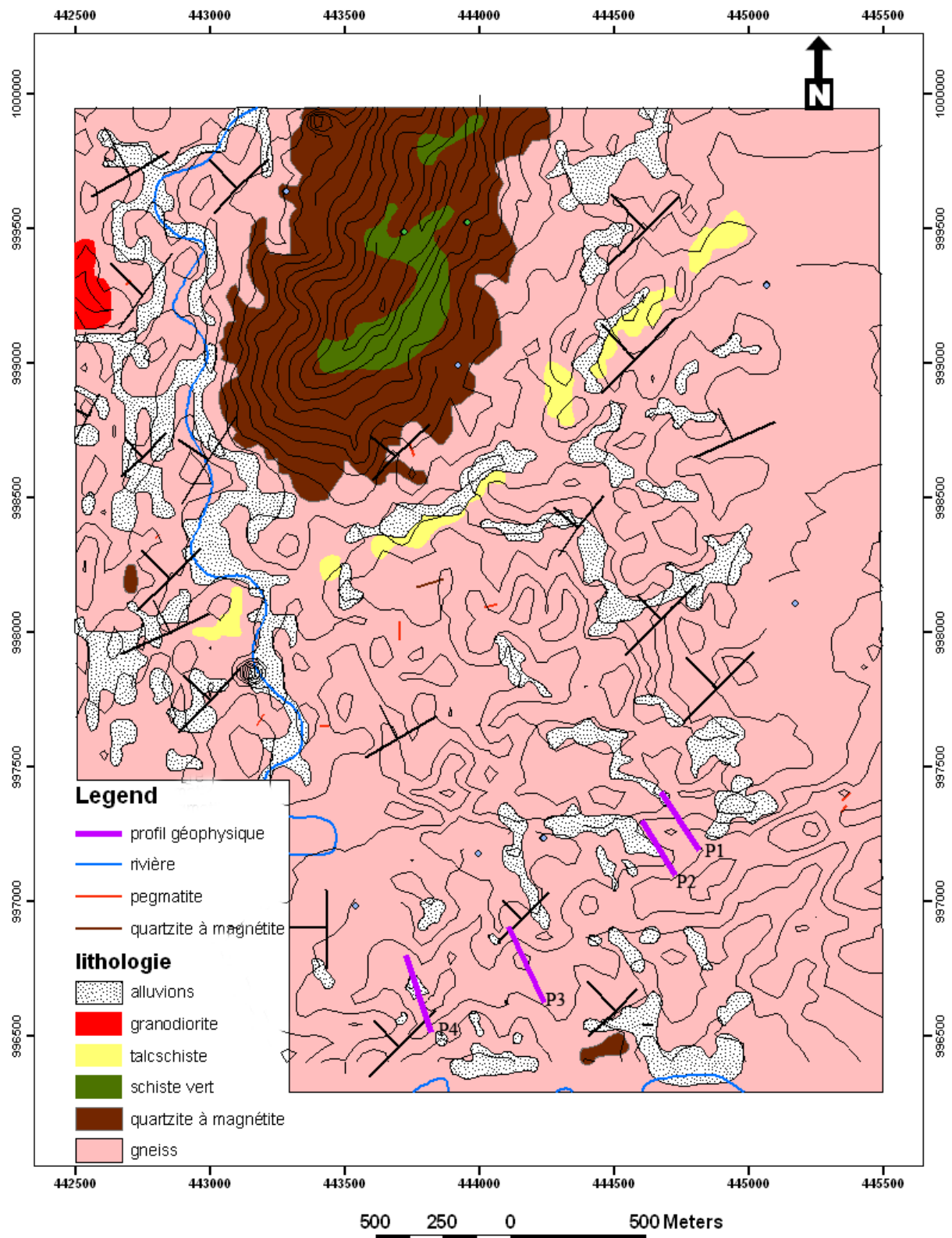


Figure 32: Carte de positionnement des profils géophysiques

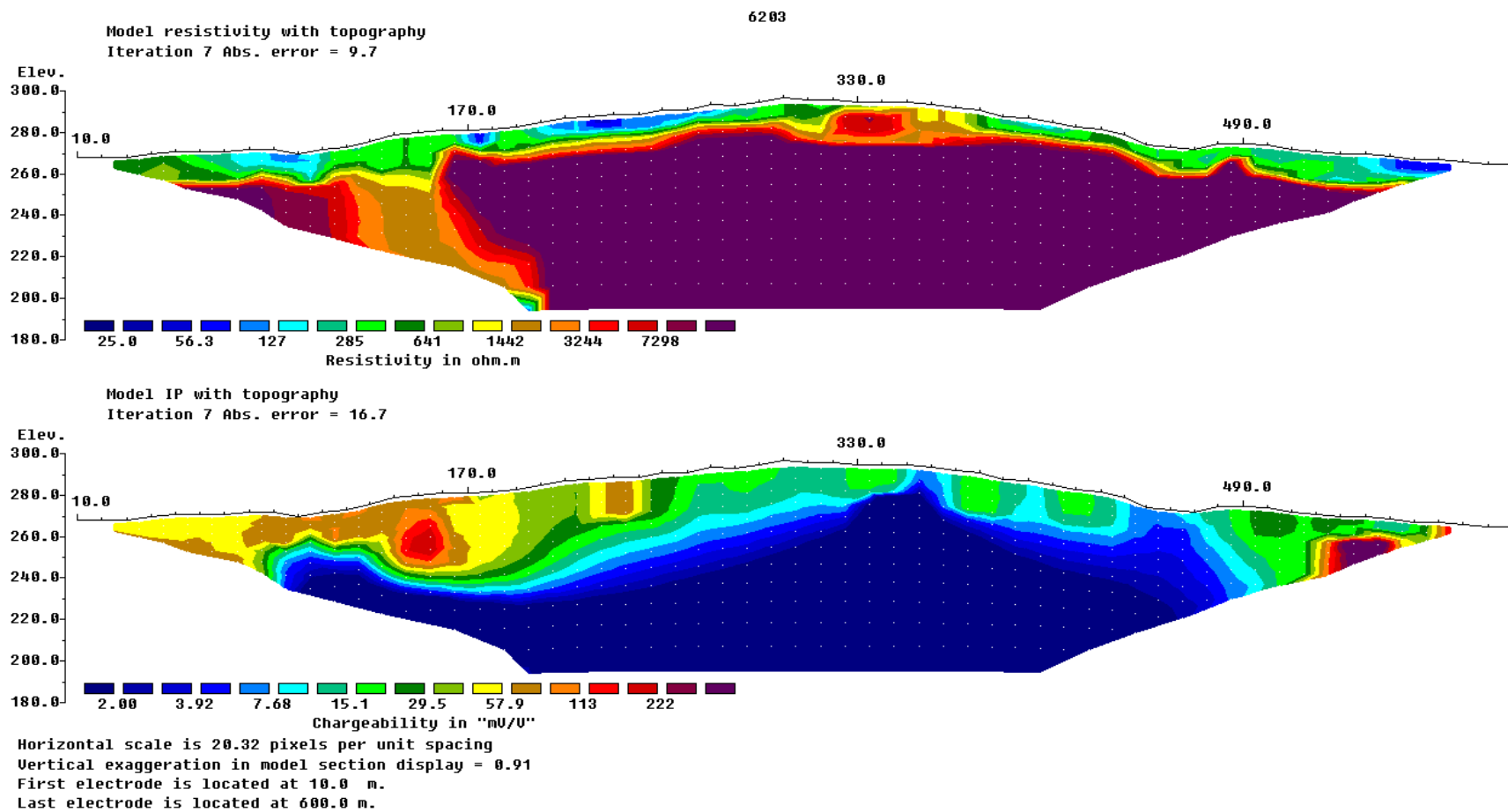


Figure 33: Profil P1 montrant la résistivité et la chargeabilité

Interprétations des données géophysiques

Rappelons que les profils géophysiques sont installés suivant une direction perpendiculaire aux foliations des formations en place. La majorité des formations géologiques ont une direction N070. En effet, il faut étaler les 60 électrodes sur une ligne de direction N160.

▪ Profil P1

Le profil P1 (**figure 33**) montre deux zones bien distinctes suivant la profondeur :

- Au-dessus de 10 mètres de profondeur, les formations sont conductrices ou moyennement résistantes. Ces caractères non résistants sont indiqués par une gamme de valeur allant de 25 à 641 Ω .m.
- En dessous de 10 mètres, toutes les formations ont une résistivité apparente supérieure à 1442 Ω .m. Alors, nous pouvons dire que ces formations sont résistantes par rapport aux formations en surface.

En se référant sur le modèle de la chargeabilité, toutes les couches en dessous des dix premiers mètres ont une valeur faible de chargeabilité (2 à 4mV/V). C'est-à-dire que ces couches se déchargent facilement parce qu'elles ne contiennent plus des minéraux qui peuvent emmagasiner le courant pendant un laps de temps. Les minéraux ayant cette propriété sont les minéraux lourds (fer, or..).

Les couches superficielles ayant une faible valeur de résistivité apparente et qui se déchargent facilement, sont des couches imbibées d'eau.

Dans ce profil, il ya une valeur élevée de chargeabilité qui est supérieure à 113mV/V. cette forte valeur est marquée par une couleur rouge et est située à partir du 8^{ème} jusqu'au 20^{ème} mètre de profondeur. Il est à noter que cette partie est moyennement résistante, alors il se peut que ce soit une anomalie minérale.

Lors de l'étude pétrographique des zones traversées par ce profil, les gneiss à biotite et muscovite ont été les formations en surface. En faisant une extrapolation, les formations résistantes (colorées en violet) pourraient être des gneiss sains à muscovite et biotite et des gneiss à biotite et amphibole.

En somme, la zone anormale se trouve au dessus de 30m de profondeur. Alors, ce profil est un guide pour la prospection en les combinant avec les résultats de la géochimie au sol.

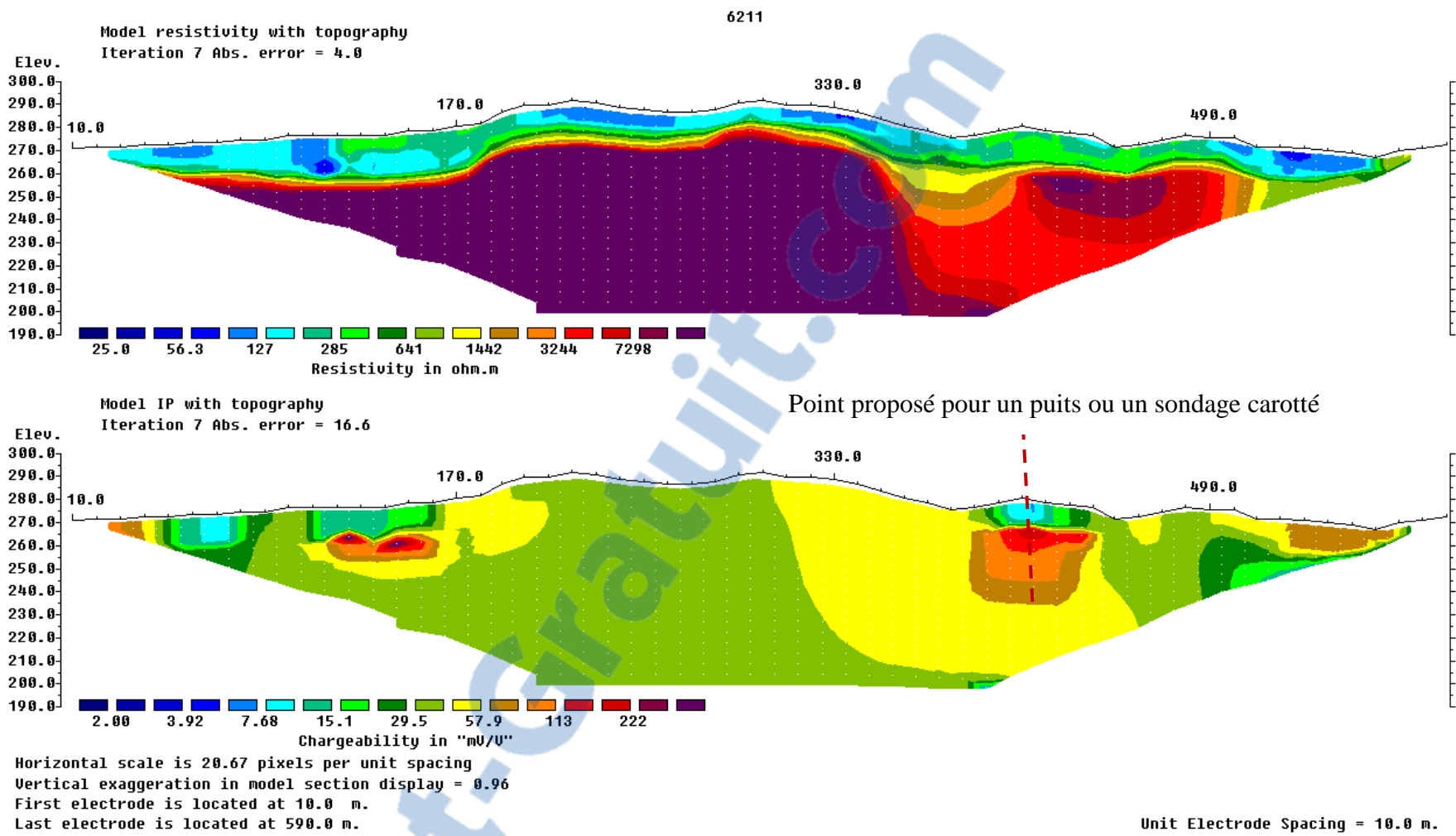


Figure 34: Profil P2 montrant la résistivité et la chargeabilité

▪ **Profil P2**

Le profil P2 (**figure 34**) montre aussi deux zones distinctes :

- La partie supérieure est presque occupée par une formation conductrice d'épaisseur moyenne de 10m.

En dessous de 10m, les formations sont pratiquement résistantes. Mais, il y a présence d'une forte valeur de chargeabilité qui est au dessus de 113mV/V dans certaines zones. Cette valeur élevée de la chargeabilité résulte de la durée de décharge des formations en ce point. En effet, le temps de décharge est long à cet endroit par rapport aux autres formations traversées par le courant. La silicification, qui accompagne généralement les gisements d'or peut provoquer de fortes résistivités locales près des gisements (cas de la zone à forte résistivité apparente mais à forte valeur de chargeabilité). Donc, il pourrait être une anomalie minérale même si la formation n'est pas totalement conductrice.

Il existe aussi une couche moins résistante située à 10m de profondeur. Sa résistivité apparente est située entre 127 et 285 Ω .m. Cette couche présente notamment une forte chargeabilité mais elle n'est pas de grande extension. Néanmoins, la présence de cette partie donne un grand indice pour la prospection.

Lors de la description pétrographique des formations traversées par le profil P2, la présence de filons décimétriques de pegmatite a été remarquée. Ces filons sont tous presque concordantes à la foliation des gneiss à biotite et amphibole.

Malgré la présence des zones d'anomalies géophysiques, il est préférable de faire un puits ou un sondage carotté dans ces zones.

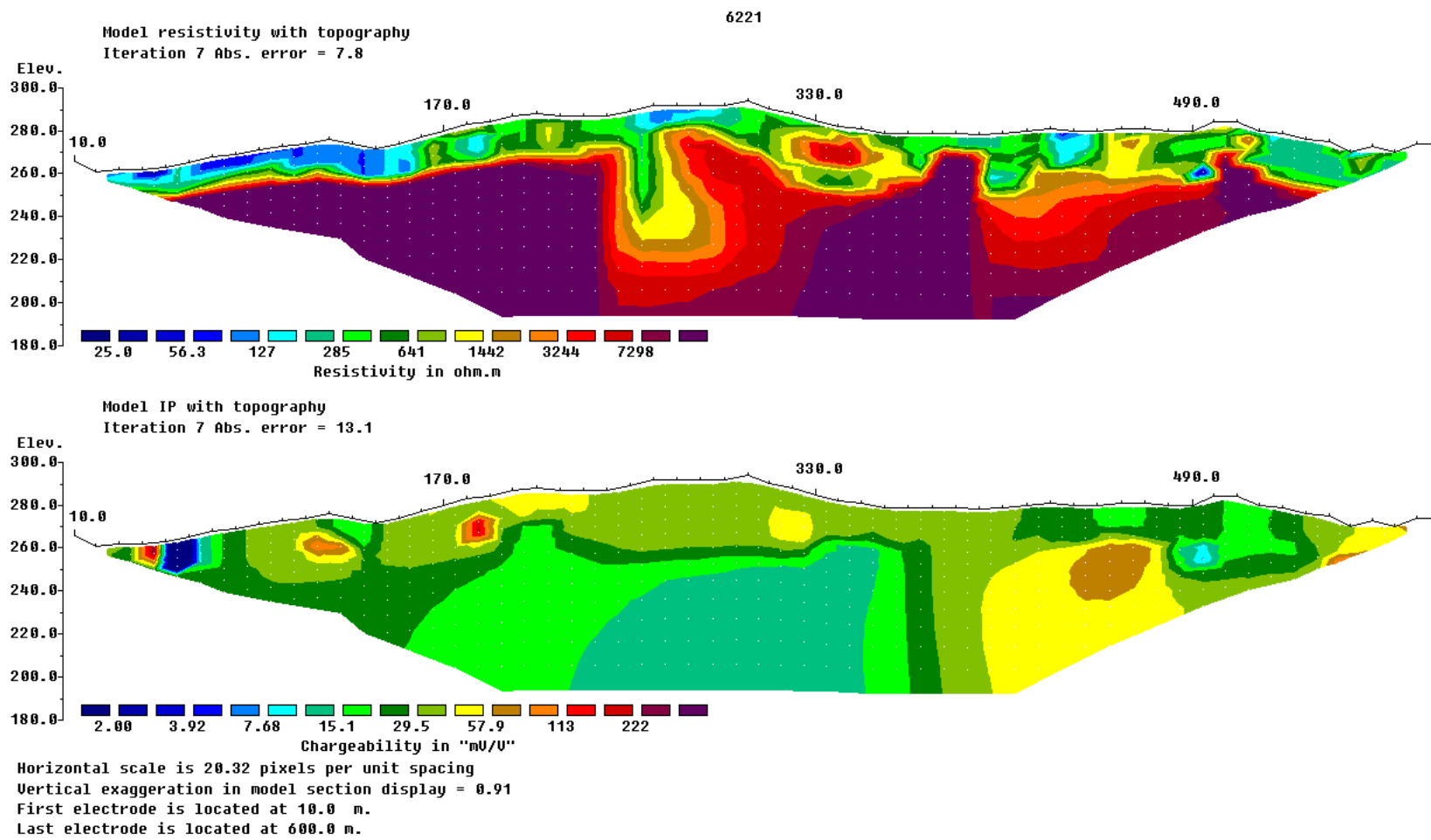


Figure 35: Profil P3 montrant la résistivité et la chargeabilité

▪ **Profil P3**

Dans ce profil, il y a deux parties (**figure 35**):

- La partie supérieure à basse valeur de résistivité apparente
- La partie inférieure ayant une forte valeur de la résistivité apparente

Dans une partie de ce profil, avec une profondeur allant de 5 à 10 mètres, la valeur de la résistivité apparente est faible et la valeur de la chargeabilité est supérieure à 113mV/V. En effet, la présence d'une anomalie minérale est probable.

Les autres formations géologiques dans cette imagerie électrique sont à basse valeur de chargeabilité. Donc, aucun intérêt ne peut être signalé, mais, le pendage général des couches est reflété par ce profil grâce au modèle de la résistivité apparente. Les couches s'inclinent donc de 30° vers Nord-Ouest.

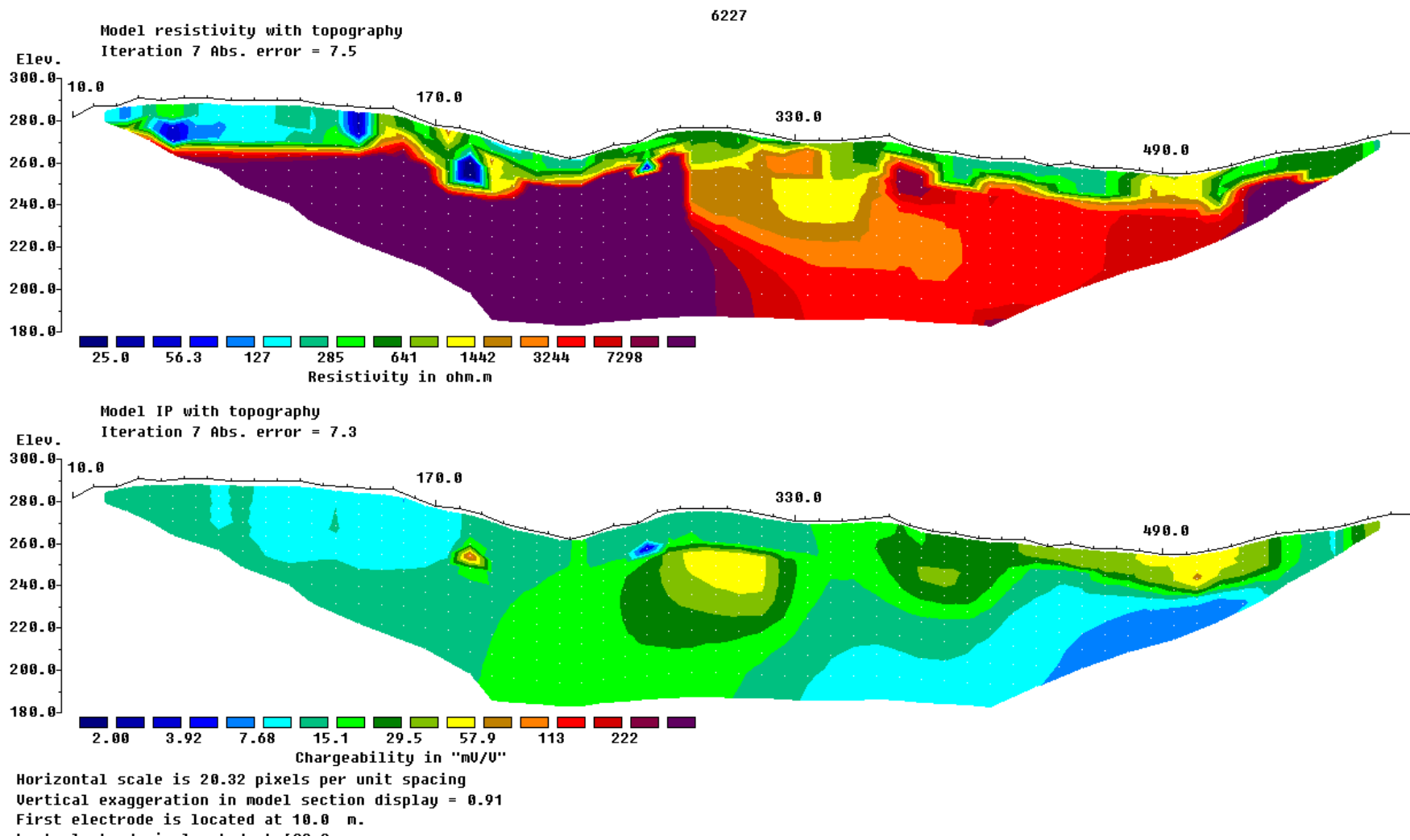


Figure 36: Profil P4 montrant la résistivité et la chargeabilité

▪ **Profil P4**

L'image du profil 6227 (**figure 36**) présente deux zones distinctes :

- ✓ La surface est presque occupée par une formation conductrice d'épaisseur moyenne de 10m.
- ✓ En dessous de 10m, les formations sont pratiquement résistantes et ayant une valeur basse de la chargeabilité.

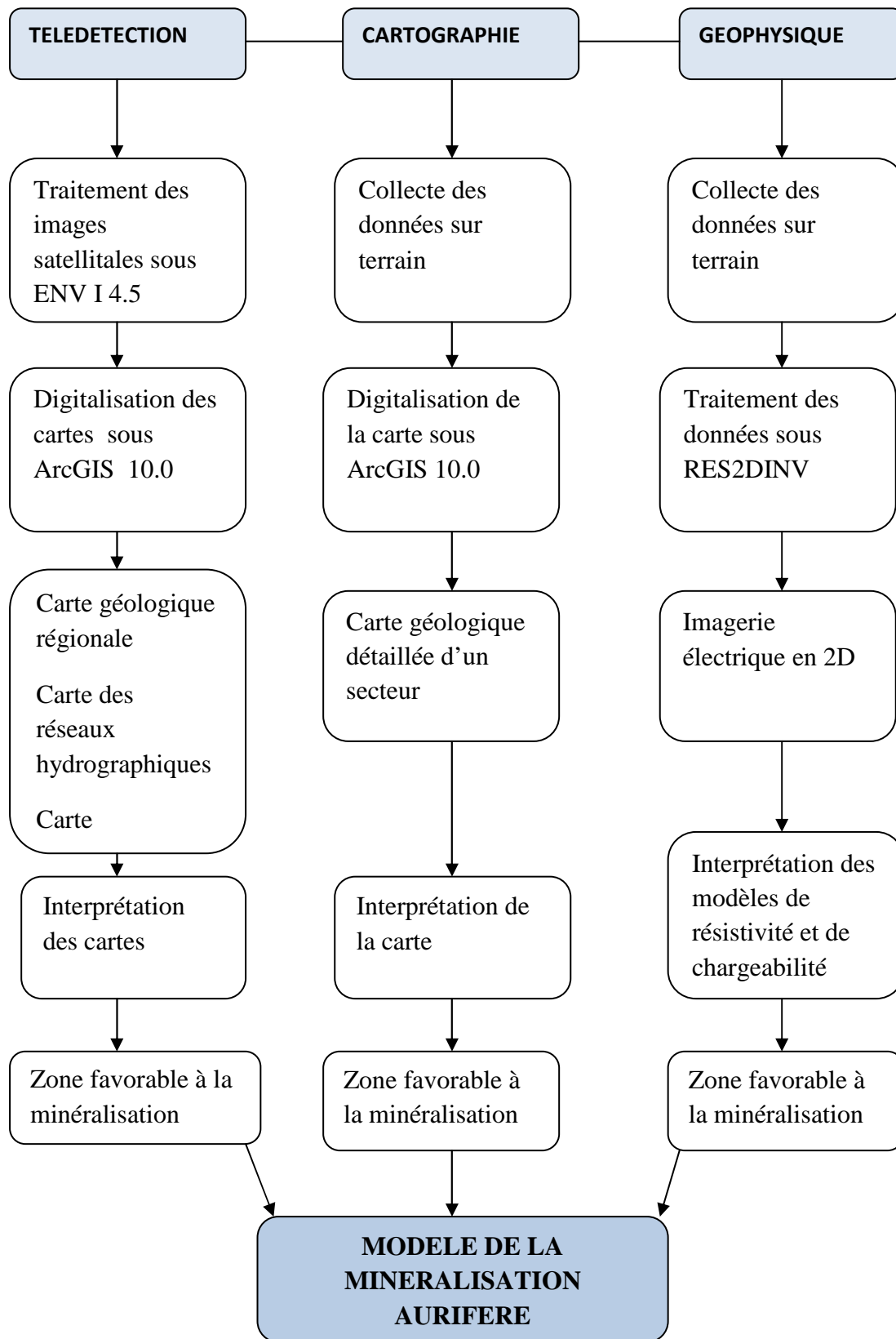
Donc, les corps conductibles pourraient être une surface saturée en eau. Ce sont donc des formations altérées puisque la valeur de la chargeabilité est faible. En d'autre terme, plus les couches sont saturées en eau, c'est à dire qu'elles sont poreuses, moins elles sont résistantes. En somme, ce profil ne présente aucun intérêt géophysique pour une prospection aurifère mais une conclusion peut être tirée sur le modèle de la formation de l'or dans la région.

Conclusion

Les données géophysiques récoltées pendant la prospection nous permettent de collecter quelques informations sur la minéralisation aurifère de la zone d'étude. Ces informations déterminent la présence d'une anomalie minérale dans des formations géologiques bien déterminées avec une profondeur moyenne de 15m. La zone anormale se trouve donc dans les gneiss à biotite et muscovite riche en filon de pegmatite concordant à la schistosité.

4.4. Modèle de la concentration aurifère

Dans ce présent mémoire, nous allons essayer d'expliquer l'origine de minéralisation en or dans la région de Maevatanàna afin de dégager les phénomènes de sa mise en place et les zones favorables à cette minéralisation. Les données de la télédétection, de la descente sur terrain (cartographie et méthode électrique à polarisation provoquée) ainsi que les travaux antérieurs sont les fondements de l'interprétation en essayant de tirer un modèle sur la minéralisation. Ce modèle pourrait être un guide pour les prospecteurs.



Organigramme 4: Assemblage des trois techniques appliquées : télédétection, cartographie et géophysique

4.4.1. Origine de minéralisation

L'explication de l'origine de minéralisation aurifère est tirée à partir de la pétrologie, des indices de minéralisation et des zones anormales.

▪ Pétrologie de la zone d'étude :

La zone d'étude appartient à la série supérieure de Maevatanàna. Cette série est composée par des gneiss, des amphibolites, des quartzites à magnétite, des schistes verts et des talcschistes. Ces roches étaient métamorphosées sous faciès schiste vert (400° à 500°C) à faciès amphibolite supérieur (500° à 550°C), probablement pendant un événement intrusif (800 –770 MA) ou probablement l'événement panafricain du Neoprotérozoïque (580-20MA).

▪ Indices de minéralisation :

Les indices de minéralisation se trouvent dans les ceintures des roches vertes d'âge Archéen. Après, ces roches étaient réactivées par divers événements métamorphiques. Les indices de minéralisation se trouvent dans :

- Les zones à fractures parallèles à la schistosité saturées par des filons de pegmatite très riche en quartz.
- Les veines de quelques décimètres d'épaisseur situées dans les zones de déformation à degré de métamorphisme schiste vert.

Les résultats géophysiques ainsi que les points des rués démontrent que les zones anormales se situent dans les enclaves et les formations gneissiques riches en filon de quartz ou de pegmatite concordant et. Ainsi, les intrusions récentes ne sont pas minéralisées, mais elles contiennent des enclaves gneissiques minéralisées.

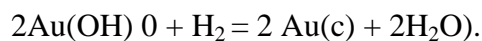
▪ Source de la minéralisation et phénomène de la mise en place:

L'Orogenèse Est Africaine du 800MA, aurait entraîné le charriage de la nappe de Tsaratanàna sur le bloc d'Antananarivo. Cette nappe renferme de l'or et pendant la collision de deux blocs, le liquide hydrothermal favorise la concentration minérale par mobilisation de ce liquide dans les zones de faiblesse telles que les fractures et les schistosités. Les liquides hydrothermaux, composés par de l'eau, du CO₂ et des composantes volatiles, accompagnent l'or et ils vont se solidifier pour former les pegmatites et les filons de quartz aurifères. Selon le classement des gîtes hydrothermaux, les filons aurifères sont classés comme gîtes épithermaux dus à sa faible profondeur.

L'événement du 550-500 MA aurait provoqué une seconde remobilisation de l'or suivant les fractures plus ou moins concordantes à la foliation (directions NNE-SSW et N-S).

4.4.2. Mode de précipitation de l'or :

Pendant l'événement métamorphique du 800 MA, l'or s'est séparé de leur encaissant (roches vertes) et est porté en solution par la solution hydrothermale. Le premier événement correspond à l'orogénèse Est africaine. Par le phénomène d'hydrothermalisme, l'or est essentiellement transporté comme complexes du cation monovalent Au⁺. La précipitation de l'or est donc donnée par la réaction suivante :



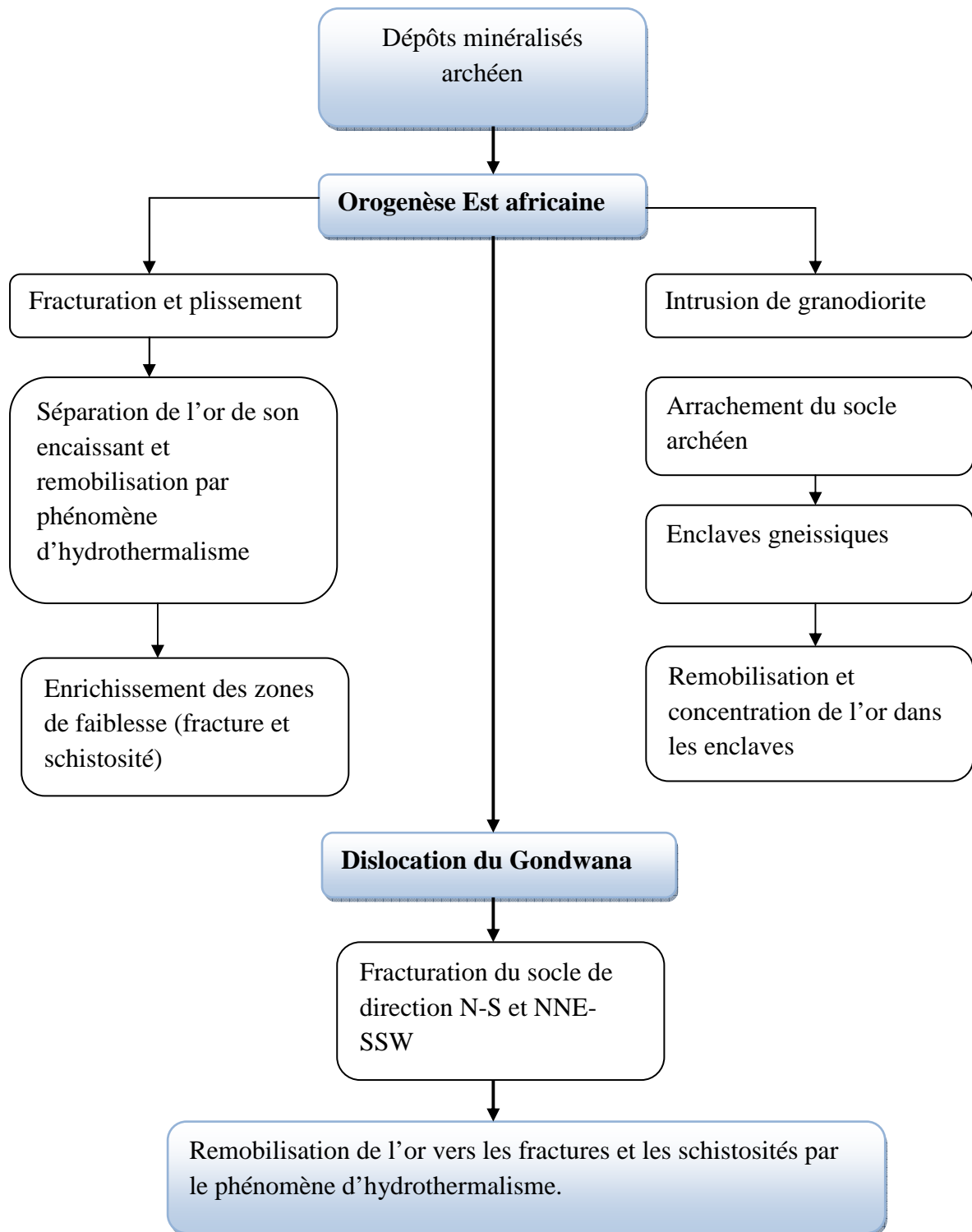
Les complexes sulfurés prédominants de l'or sont : AuHSO et Au(HS)₂ et la solubilité de l'or dépend de l'activité de H₂S en solution, du potentiel redox et du pH (teneur en H⁺).

Ces complexes sont obtenus par les deux réactions suivantes :

- $\text{Au}(\text{c}) + \text{H}_2\text{S} = \text{AuHSO} + \frac{1}{2} \text{H}_2$ et
- $\text{Au}(\text{c}) + 2\text{H}_2\text{S} = \text{Au}(\text{HS})_2 + \text{H}^+ + \frac{1}{2} \text{H}_2$

Au(c) : or cristal

De ce fait, l'abondance de H₂ et l'insuffisance de H₂S facilitent la précipitation de l'or natif pendant les événements tectoniques qui, à leur tour, conduisent à une concentration minérale dans un endroit bien déterminé. En effet, la concentration minérale dans les veines et les enclaves serait due à la remobilisation de l'or pendant les différentes phases tectoniques affectant la région (exemple : intrusion de la granodiorite de Beanana).



Organigramme 5: Modèle de minéralisation en or

4.5. Les zones favorables pour les gîtes aurifères

D'après les résultats obtenus, quelques zones favorables à la minéralisation en or primaire peuvent être définies. Les zones cibles doivent être :

- Des formations gneissiques à faciès schiste vert et/ou à amphibolite supérieur
- Des zones fracturées riches en fracture parallèle à la schistosité (fracture NNE- SSE et N-S)
- Des régions riches en filon de quartz et/ou de pegmatite très riche en quartz concordants à la foliation.
- Surtout des zones ayant des anomalies géophysiques

En effet, la zone forte probable à la minéralisation aurifère de type primaire se localise à l'Est de l'intrusion de granodiorite de Beanana d'après la pétrographie, la tectonique, les résultats géophysiques et les études antérieures déjà effectuées.

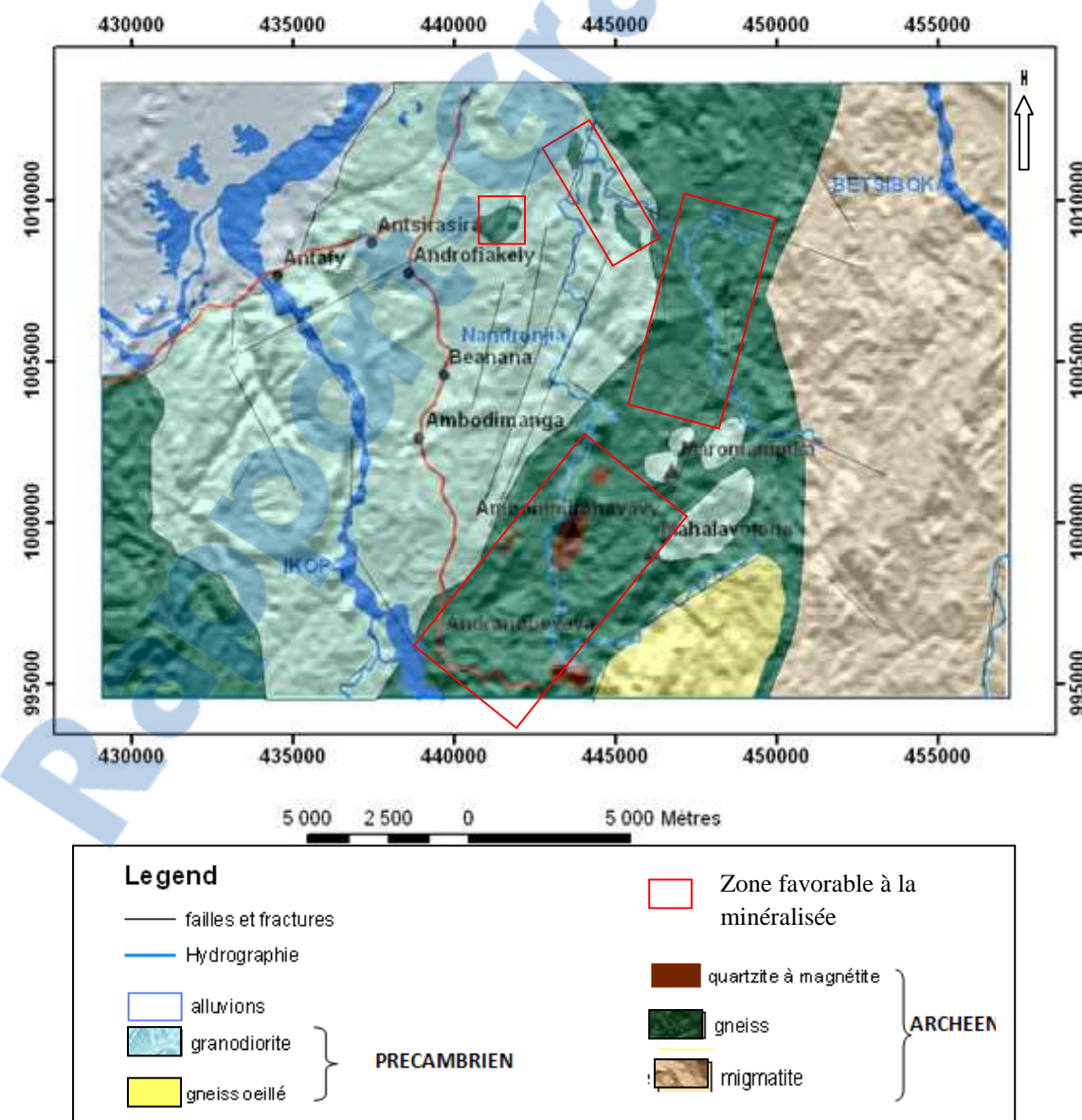


Figure 37: Zone favorable à la minéralisation aurifère dans la région de Maevatanàna

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Au terme de ce travail, les résultats issus des différentes méthodes telles que le MNT, la télédétection, la cartographie et la géophysique électrique nous permettent de tirer quelques conclusions sur la relation entre la géologie des roches encaissantes et porteuses pour pouvoir mener à bien l'exploration dans la région de Maevatanàna.

La zone d'étude comprend deux groupes de roches de genèse différente. Les roches magmatiques comme les granodiorites résultent de l'intrusion du 779 MA pendant la collision oblique entre le Gondwana de l'Est et le Gondwana de l'Ouest tandis que les roches métamorphiques dérivent de la ceinture des roches vertes d'âge archéen. Mais, entre 800-500 MA, cette CRV a subi plusieurs métamorphismes de basse grade. Ces différents événements tectoniques entraînent des fracturations des roches avec des directions différentes dont les fractures NNE-SSE, NNW-SSE et N-S présentent leur majorité. En effet, la genèse de ces fractures résulte de deux événements tectoniques majeurs affectant la région. Les fractures NNW-SSE pourraient être les résultats de collision entre Est-Gondwana et Ouest-Gondwana. Les autres fractures seraient ceux de la dislocation du Gondwana en 540 MA.

Les événements métamorphiques du 800-550 MA pourraient entraîner au moins deux étapes de remobilisation de l'or de son encaissant par phénomène d'hydrothermalisme en se précipitant dans des zones de faiblesses comme les schistosités et les fractures. La première remobilisation serait manifestée pendant l'intrusion de la granodiorite de Beanana et la dernière remobilisation serait passée pendant l'évènement du 540 MA entraînant les fractures plus ou moins parallèles à la schistosité. Donc, la précipitation des liquides hydrothermaux dans ces zones de faiblesses pourrait provoquer une forte concentration en or dans les filons pegmatitiques ou quartziques. Face à cette situation, les enclaves gneissiques renferment quelques zones anormales tandis que les granodiorites ne contiennent aucun indice de minéralisation. Ces différentes hypothèses sont vérifiées par les différents travaux géophysiques où l'anomalie IP se trouve dans les zones à forte densité de pegmatite concordant à la structure générale des gneiss à biotite et amphibole.

En somme, l'or de Maevatanàna dérive de la CRV mais il se concentre dans des pegmatites occupant les fractures concordantes à la foliation des gneiss à biotite et amphibole par phénomène d'hydrothermalisme pendant les différents événements tectono-métamorphiques.

Cependant, la connaissance des modèles de minéralisation en or n'est pas suffisante pour définir un gisement exploitable. Il est donc recommandé de faire des analyses géochimiques ainsi que de réaliser des sondages carottés dans les zones anormales ou dans les zones ayant une probabilité élevée de concentration minérale, c'est-à-dire au sein des zones riches en fractures parallèles à la foliation. Donc, les résultats de la polarisation provoquée, les informations de la géologie de détail, les données de la géochimie doivent être combinés franchissement et synthétisés sur une bonne carte structurale avant de proposer l'intérêt des « anomalies » retenues.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] ANDRIANJAKAVAH P. et al., 2007. Textural and fluid inclusion constraints on the origin of the banded-iron-formation-hosted gold deposits at Maevatanana, central Madagascar.
- [2] ANDRIEUX P., 2005. La place de la géophysique dans l'exploration minière.
- [3] BADON F., (1998). Application de la polarisation provoquée a la discrimination des teneurs en argile et en eau
- [4] BELANGER M., 1995. Contrôle structural et contexte métallogénique de l'indice aurifère dorset, péninsule de baie verte Terre-Neuve.
- [5] BESAIRIE H., (1973). Précis de géologie malgache. Annales géologiques de Madagascar. Fascicule n°XXXVII. 13p.
- [6] BESAIRIE H., (1966). Gîtes minéraux de Madagascar, 265-273 pp.
- [7] BONN F. et al., 1992: « Précis de télédétection », vol1 : principes et méthodes. Presses de l'Université du Québec et AUPELF, Sainte-Foy, 485p
- [8] CHOUTEAU M., GIROUX B., 2005. Méthodes électriques, électromagnétiques et sismiques. Notes de cours, 11-64pp.
- [9] COLLINS A.S. and WINDLEY B. F., 2002. The tectonic evolution of central and Northern Madagascar and its place in the final assembly of Gondwana, 325 – 340pp.
- [10] COLLOT J., Module de géophysique. Université de la Nouvelle-Calédonie.
- [11] COULIBALY L., 1996. Interprétation structurale des linéaments par traitement d'image satellitaire : cas des sous provinces d'abitibi et d'opatica (Québec).
- [12] DJEMAI S. et al., 2009. Apport des images Landsat 7 ETM+ pour la cartographie géologique des terrains archéens en zone aride : Exemple du terrane de l'In Ouzzal (Hoggar occidental), Algérie.

- [13] FENEYROL J., 2010. Pétrologie, géochimie et genèse des gisements de tsavorite associés aux gneiss et roches calco-silicatées graphiteux de Lemshuku et Namalulu (Tanzanie), 35-73pp.
- [14] FTM, 1990. Cartes topographiques au 1/100 000e: feuilles M42 (Mahazoma), N42 (Maevatanàna).
- [15] FULVIE K. et al., 2012. Apport de la télédétection et des SIG dans l'identification des ressources en eau souterraine dans la région de Daoukro (Centre-Est de la Côte D'Ivoire).
- [16] GONCALVES P., 2002. Pétrologie et géochronologie des granulites de ultra-hautes températures de l'unité basique d'Andriamena (centre-nord Madagascar).
- [17] GREGOIRE V., 1999. Caractérisation petrostructurale du socle précambrien de Madagascar (pays betsileo, province de Fianarantsoa).
- [18] KERGOMARD C., La télédétection aérospatiale.
- [19] LACHAINE G., (1999). Structures géologiques et linéaments, Beauce (Québec): Apport de la télédétection.
- [20] MEERT et al., 1997: The assembly of Gondwana 800-500 MA. Geodynamics, vol.23. No 3/4 223-235pp.
- [21] NARIMENE I., (2012). Utilisation de la télédétection pour la cartographie géologique du Massif des Eglab et de sa bordure sédimentaire (Sud-ouest algérien). Exemple de la feuille de Mokrid.
- [22] NAUDET V., 2004. Les méthodes de résistivité électrique et de potentiel spontané appliquées aux sites contaminés, 12-15pp
- [23] NIROOMAND S., 2011. The Kharapeh orogenic gold deposit: geological, structural, and geochemical controls on epizonal ore formation in West Azerbaijan Province, Northwestern Iran.
- [24] ONE, 2011. Tableau de Bord Environnemental (TBE). Région Betsiboka.
- [25] SEMIAN, 1996. métallogénie de la zone de cisaillement aurifère est-Ouzalienne : structure, pétrologie et géochimie des gisements d'or de Tirek-Amesmesa(Hougar occidental, Algérie.

[26] TOLESSA D. and POHL W., 1999. Constraints on interpretation of geochemical data for gold exploration in multiply deformed and metamorphosed areas: an example from Legadembi gold deposit, southern Ethiopia.

[27] TOURNIER D., 1972. Résultats d'études théoriques et expérimentales concernant les phénomènes de polarisation provoquée dans le cadre d'applications géophysiques.

[28] VANDYCKE S., 2008. Introduction générale à la cartographie géologique.

[29] VAUDELET P., 2011. Développement des méthodes géoélectriques : Application à la caractérisation des sites et sols pollués.

ANNEXE 2 : Le Précambrien malgache et les différents évènements géologiques
(Razafinimparany, 1978)

Chronologie absolue	Echelle stratigraphique	Formations mises en place	Evènements géologiques principaux
550MA-100 550MA	CAMBRIEN		Orogenèse Mozambicaine panafricaine : réactivation locales des migmatites, mise en place des granites, pegmatites (U,Th,Nb,Ta) ; rajeunissement des biotites
550MA+100 1200MA+100	PROTEROZOIQUE SUPERIEUR	Pas de dépôts connus	Orogenèse kibarienne : Métamorphisme des séries précédentes et réactivation des plus anciennes, mise en place des migmatites, granites et charnockites Formation des leptynites
1200MA 1200MA+200			
2000MA 2300MA	PROTEROZOIQUE MOYEN (S.Q.C : schistes-quartzites-cipolins	Dépôts des séries Amborompotsy, Ikalamavony, Ihosy, Horombe, Bevinda, S.Q.C, Daraina-Milanoa, Vohibory, Ambohipato-Vohémar	Episode thermique éburnéenne
	PROTEROZOÏQUE INFÉRIEURE	Volcanisme et sédimentation dans le Sud ; formations des séries de Fort-Dauphin, Tranomaro, Ranotsara, Tsitondroina	
2600MA	ARCHEEN	Dépôts des séries silico-alumineuses et calco-ferromagnésiennes et leurs équivalents migmatitiques	Orogenèse Shamvaïenne : plissement et métamorphisme des séries : Beforona, Alaotra, Maevatanana-Manampotsy-Ambatolampy
2600MA+200			
3000MA-200	KATARCHEEN	Massif ou dôme de granite et de migmatites, leptynites (Antongil, Angavo, Behara) et des metabasites	Orogenèse de 3000+ou-200 : élaborations des formations qui vont constituer les ossatures et noyaux sur lesquels vont se mouler les formations plus récentes.
3000MA			

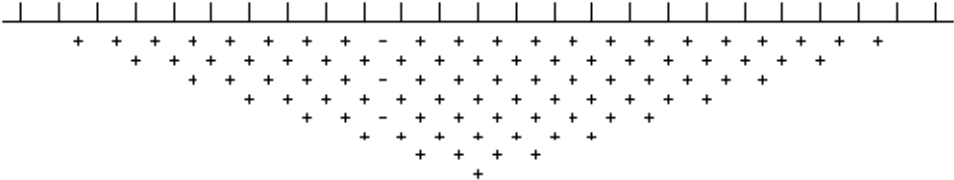
ANNEXE 3 : Arrangement des points de repères dans les pseudosections

(a) le dispositif Wenner et

(b) les dispositifs de Wenner-Schlumberger. (M.H. Loke)

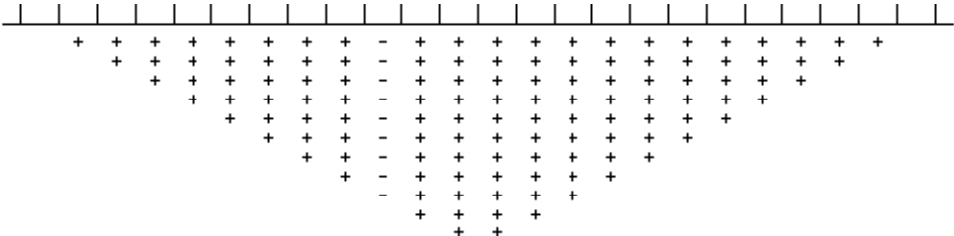
a).

Wenner



b).

Schlumberger



┆ Electrode

+ Datum point in pseudosection

ANNEXE 4: Mise en format des valeurs topographiques pour être lisible par RES2DINV

	A	B	C	D	E
1	6203				
2	10				
3	7				
4	593				
5	1				
6	1				
7	Chargeabili				
8	mV/V				
9	0	1			
10	15	10	1	629,501	56,804
11	25	10	1	626,206	52,409
12	35	10	1	636,491	49,517
13	45	10	1	457,076	46,695
14	55	10	1	352,376	56,614
15	65	10	1	277,169	58,649
16	75	10	1	204,705	45,082
17	85	10	1	192,787	60,833
18	105	10	1	395,695	49,423
19	155	10	1	302,096	107,54
20	165	10	1	105,564	28,123
21	175	10	1	99,361	64,785
22	185	10	1	415,784	23,851
23	195	10	1	219,008	17,675
24	205	10	1	118,712	23,896
25	215	10	1	21,967	22,498
26	225	10	1	111,535	18,296
27	235	10	1	109,801	23,791
28	245	10	1	199,384	94,87
29	255	10	1	239,625	93,479
30	265	10	1	278,367	67,722
31	275	10	1	409,793	30,956
32	285	10	1	416,951	46,989
33	295	10	1	660,101	22,642

6203 : nom du profil

10 : distance inter-électrodes

7 : type du dispositif utilisé (Wenner-Schlumberger)

593 : nombres des points

1 : existence de la valeur de la résistivité

1 : existence de la valeur de la polarisation induite

Chargeabilité mV/V : affiché sur l'écran ces deux mots (étape optionnelle)

Valeur de la Résistivité

Valeur de la Polarisation induite

Grapher - [6203_RES2D_IP]

File Edit View Format Data New Graph Window Help

O613

	A	B	C	D	E
600	365	10	19	5906,952	146,873
601	375	10	19	3155,13	79,349
602	385	10	19	2750,064	104,118
603	2				
604	60				
605	0	268			
606	10	268			
607	20	268			
608	30	268			
609	40	270			
610	50	271			
611	60	271			
612	70	271			
613	80	272			
614	90	272			
615	100	270			
616	110	272			
617	120	273			
618	130	276			
619	140	279			
620	150	280			
621	160	281			
622	170	281			
623	180	282			
624	190	283			
625	200	285			
626	210	287			
627	220	288			
628	230	289			
629	240	289			
630	250	291			
631	260	291			
632	270	294			

La valeur 2 indique l'existence des données topographiques

La valeur 60 définit le nombre d'électrodes

Grapher - [6203_RES2D_IP]

File Edit View Format Data New Graph Window Help

N646

	A	B	C	D	E
641	360	294			
642	370	292			
643	380	291			
644	390	288			
645	400	287			
646	410	285			
647	420	283			
648	430	282			
649	440	279			
650	450	274			
651	460	273			
652	470	272			
653	480	275			
654	490	275			
655	500	274			
656	510	272			
657	520	271			
658	530	270			
659	540	270			
660	550	269			
661	560	267			
662	570	267			
663	580	266			
664	590	265			
665	2				
666	0				
667	0				
668	0				
669	0				
670	0				
671	0				
672					
673					

2 : fermeture
 0 : aucune autre donnée

ANNEXE 5: Valeur de la résistivité et de la chargeabilité de chaque profil géophysique

Profil 6211

PE	DI	Niv	rho	IP	PE	DI	Niv	rho	IP	PE	DI	Niv	rho	IP
15	10	1	629,501	56,804	555	10	1	127,307	68,307	555	10	2	240,722	32,335
25	10	1	626,206	52,409	565	10	1	127,463	153,91	35	10	3	1086,43	67,849
35	10	1	636,491	49,517	25	10	2	932,916	63,704	45	10	3	764,533	58,949
45	10	1	457,076	46,695	35	10	2	921,194	47,57	55	10	3	683,853	48,77
55	10	1	352,376	56,614	45	10	2	670,151	51,902	65	10	3	613,559	60,197
65	10	1	277,169	58,649	55	10	2	555,621	56,87	85	10	3	446,287	54,276
75	10	1	204,705	45,082	65	10	2	476,306	52,594	125	10	3	161,199	50,547
85	10	1	192,787	60,833	75	10	2	335,703	60,728	135	10	3	738,139	83,592
105	10	1	395,695	49,423	95	10	2	299,014	54,166	155	10	3	780,462	62,065
155	10	1	302,096	107,54	115	10	2	413,069	63,896	175	10	3	848,767	18,598
165	10	1	105,564	28,123	125	10	2	423,089	29,102	205	10	3	569,468	92,629
175	10	1	99,361	64,785	145	10	2	588,144	71,176	225	10	3	1009,6	98,446
185	10	1	415,784	23,851	175	10	2	671,12	15,279	235	10	3	449,174	23,681
195	10	1	219,008	17,675	185	10	2	40,968	17,352	245	10	3	519,776	17,721
205	10	1	118,712	23,896	195	10	2	85,449	25,743	255	10	3	488,222	15,481
215	10	1	21,967	22,498	205	10	2	414,512	66,643	265	10	3	687,302	41,857
225	10	1	111,535	18,296	225	10	2	397,654	22,362	275	10	3	1039,57	23,246
235	10	1	109,801	23,791	235	10	2	306,007	19,163	285	10	3	1143,4	13,793
245	10	1	199,384	94,87	245	10	2	242,558	25,222	295	10	3	1395,23	19,165
255	10	1	239,625	93,479	255	10	2	403,577	68,001	305	10	3	1057,68	12,405
265	10	1	278,367	67,722	265	10	2	469,332	28,464	315	10	3	1991,23	23,13
275	10	1	409,793	30,956	275	10	2	649,178	41,683	325	10	3	2172,04	13,309
285	10	1	416,951	46,989	285	10	2	768,747	25,477	335	10	3	2424,33	21,973
295	10	1	660,101	22,642	295	10	2	1056,02	14,352	345	10	3	1936,81	16,369
305	10	1	653,156	10,594	305	10	2	935,407	17,823	355	10	3	2558,39	12,049
315	10	1	1229,4	15,389	315	10	2	1669,76	9,513	365	10	3	2192,91	12,181
325	10	1	1344,47	8,927	325	10	2	1859,59	19,044	375	10	3	1297,34	9,575
335	10	1	1708,07	10,039	335	10	2	2016,08	12,271	385	10	3	1112,26	10,918
345	10	1	1425,11	10,664	345	10	2	1689,07	10,736	395	10	3	948,088	15,278
355	10	1	1453,91	9,604	355	10	2	1972,52	13,699	405	10	3	1172,84	9,69
365	10	1	1057,08	16,601	365	10	2	1669,37	10,599	415	10	3	1585,78	7,996
375	10	1	624,703	15,605	375	10	2	925,502	14,424	425	10	3	1910,93	15,272
385	10	1	461,003	16,049	385	10	2	825,048	13,494	435	10	3	1536,08	27,771
395	10	1	374,528	18,713	395	10	2	698,776	11,81	445	10	3	1059,57	27,921
405	10	1	496,874	13,482	405	10	2	832,422	22,42	455	10	3	1316,08	16,567
415	10	1	609,825	18,697	415	10	2	1058,04	10,717	465	10	3	1112,94	42,237
425	10	1	710,328	9,679	425	10	2	1303,64	7,474	475	10	3	1306,27	11,997
435	10	1	637,492	6,431	435	10	2	1064,87	13,278	485	10	3	842,425	8,438
445	10	1	455,981	15,005	445	10	2	790,836	17,129	495	10	3	640,026	13,278
455	10	1	524,9	13,023	455	10	2	961,573	36,978	505	10	3	661,526	77,189
465	10	1	393,896	9,382	465	10	2	765,464	12,73	515	10	3	687,28	90,763
475	10	1	467,048	19,535	475	10	2	864,434	9,655	525	10	3	574,418	146,46
485	10	1	373,785	151,22	485	10	2	624,295	17,704	535	10	3	424,716	117,87
495	10	1	336,23	60,86	495	10	2	465,857	48,481	545	10	3	330,193	82,295
505	10	1	345,003	44,926	505	10	2	515,631	28,811	45	10	4	867,426	62,918
515	10	1	305,71	32,08	515	10	2	495,648	67,785	55	10	4	747,389	62,908
525	10	1	254,131	52,168	525	10	2	398,823	132,84	75	10	4	555,307	53,993
535	10	1	180,686	46,252	535	10	2	300,954	87,657	95	10	4	586,107	71,996
545	10	1	134,388	33,364	545	10	2	229,76	44,53	135	10	4	294,897	52,657

PE	DI	Niv	rho	IP	PE	DI	Niv	rho	IP	PE	DI	Niv	rho	IP
145	10	4	864,584	70,974	255	10	5	1131,527	13,441	385	10	6	1460,224	6,056
185	10	4	921,757	84,904	265	10	5	1273,157	8,788	395	10	6	1213,015	10,504
195	10	4	501,391	29,358	275	10	5	1426,382	12,036	405	10	6	1705,751	12,789
225	10	4	567,428	79,71	285	10	5	1562,14	12,007	415	10	6	2563,835	23,361
235	10	4	618,094	69,98	295	10	5	1761,856	23,793	425	10	6	3753,521	19,95
245	10	4	711,288	14,839	305	10	5	1242,833	18,882	435	10	6	3238,228	31,038
255	10	4	859,636	15,211	315	10	5	2291	31,648	445	10	6	2169,478	29,638
265	10	4	832,666	14,01	325	10	5	2868,731	34,511	455	10	6	2411,416	27,604
275	10	4	1397,544	13,813	335	10	5	3587,31	38,805	465	10	6	1882,525	16,234
285	10	4	1418,946	18,214	345	10	5	3041,955	15,734	475	10	6	2372,964	25,845
295	10	4	1574,409	11,993	355	10	5	3872,508	21,971	485	10	6	1651,494	16,823
305	10	4	1158,276	26,136	365	10	5	2933,904	10,826	495	10	6	1320,205	45,246
315	10	4	2141,093	19,915	375	10	5	1609,658	11,841	505	10	6	1362,094	12,657
325	10	4	2404,332	28,091	385	10	5	1407,286	8,107	515	10	6	1232,043	9,647
335	10	4	2979,682	18,409	395	10	5	1219,939	5,67	75	10	7	740,755	31,917
345	10	4	2462,436	28,626	405	10	5	1560,826	12,169	85	10	7	530,434	58,262
355	10	4	3100,632	14,273	415	10	5	2415,928	20,815	95	10	7	785,669	70,641
365	10	4	2650,709	10,751	425	10	5	3254,073	28,115	115	10	7	1407,897	66,828
375	10	4	1531,033	9,566	435	10	5	2628,176	34,27	125	10	7	41473,5	21,608
385	10	4	1337,631	10,449	445	10	5	1768,954	44,574	175	10	7	2134,696	69
395	10	4	1076,515	9,055	455	10	5	2003,035	23,284	195	10	7	819,997	72,168
405	10	4	1459,078	6,861	465	10	5	1580,879	21,311	235	10	7	3054,456	21,82
415	10	4	2043,692	13,281	475	10	5	2014,279	11,949	245	10	7	1247,352	14,24
425	10	4	2601,643	36,688	485	10	5	1410,196	33,348	255	10	7	1501,264	17,619
435	10	4	2048,885	38,865	495	10	5	1093,454	12,804	265	10	7	1552,607	12,074
445	10	4	1377,455	26,31	505	10	5	1096,976	9,744	275	10	7	1979,897	13,623
455	10	4	1629,073	30,729	515	10	5	1020,489	19,252	285	10	7	1816,325	10,637
465	10	4	1364,254	15,414	525	10	5	885,608	174,504	295	10	7	1663,566	15,851
475	10	4	1667,992	26,757	75	10	6	686,658	76,188	305	10	7	1509,228	31,804
485	10	4	1134,954	9,752	85	10	6	764,619	27,533	315	10	7	3210,304	41,043
495	10	4	836,779	9,043	95	10	6	508,826	55,307	325	10	7	4191,651	24,077
505	10	4	866,629	19,667	145	10	6	1284,151	17,484	335	10	7	5011,923	31,797
515	10	4	833,206	202,801	185	10	6	1404,095	60,506	345	10	7	3962,259	16,397
525	10	4	742,991	83,727	205	10	6	883,829	108,012	355	10	7	4604,448	36,616
535	10	4	573,401	131,244	235	10	6	894,668	46,455	365	10	7	3337,544	9,526
65	10	5	750,48	56,784	245	10	6	1121,318	22,25	375	10	7	1759,655	8,493
85	10	5	697,727	71,418	255	10	6	1367,226	13,88	385	10	7	1433,695	12,022
95	10	5	704,145	28,457	265	10	6	1454,216	11,582	395	10	7	1210,222	14,929
105	10	5	1319,831	55,582	275	10	6	1834,453	8,041	405	10	7	1683,566	18,02
115	10	5	3346,62	61,757	285	10	6	1439,877	14,272	415	10	7	2745,185	12,459
125	10	5	547,933	58,162	295	10	6	1881,813	18,912	425	10	7	3974,785	25,636
135	10	5	911,708	67,429	305	10	6	1304,048	29,196	435	10	7	3623,562	18,277
145	10	5	1084,17	20,633	315	10	6	2709,884	31,671	445	10	7	2590,522	21,416
175	10	5	1455,277	61,035	325	10	6	3463,836	45,948	455	10	7	2911,741	18,88
195	10	5	580,546	83,999	335	10	6	4258,226	26,475	465	10	7	2258,96	34,94
205	10	5	782,153	31,829	345	10	6	3525,281	28,169	475	10	7	2861,142	27,05
215	10	5	2728,744	74,933	355	10	6	4419,731	11,646	485	10	7	1883,632	32,302
235	10	5	769,654	27,049	365	10	6	3175,662	27,495	495	10	7	1501,486	16,562
245	10	5	900,674	42,557	375	10	6	1619,631	8,98	505	10	7	1582,101	43,712

PE	DI	Niv	rho	IP	PE	DI	Niv	rho	IP	PE	DI	Niv	rho	IP
85	10	8	816,867	108,922	325	10	9	5376,405	15,721	175	10	11	3621,777	24,023
95	10	8	782,877	61,099	335	10	9	5886,346	38,581	185	10	11	2724,189	38,198
145	10	8	1819,541	53,437	345	10	9	4310,756	12,048	195	10	11	1326,176	22,158
175	10	8	2490,337	68,795	355	10	9	5154,322	9,547	205	10	11	1612,729	13,046
185	10	8	1935,448	84,245	365	10	9	3633,875	19,291	235	10	11	1058,351	22,237
205	10	8	1155,529	26,219	375	10	9	1870,811	95,126	255	10	11	1328,214	30,431
235	10	8	1059,322	10,678	385	10	9	1533,425	27,28	265	10	11	1594,923	18,887
245	10	8	2379,775	17,344	395	10	9	1221,625	46,47	275	10	11	3420,213	37,23
255	10	8	1508,589	12,349	405	10	9	1657,319	24,908	285	10	11	2538,516	26,317
265	10	8	1628,962	22,795	415	10	9	2746,925	13,617	295	10	11	3280,392	28,111
275	10	8	2074,242	19,077	425	10	9	4191,297	15,096	305	10	11	2525,73	15,855
285	10	8	1919,46	15,034	435	10	9	3906,567	9,646	315	10	11	4929,179	17,202
295	10	8	2359,305	13,645	445	10	9	2892,678	21,929	325	10	11	5859,688	8,064
305	10	8	1487,14	18,919	455	10	9	3738,012	20,396	335	10	11	5455,363	7,385
315	10	8	3836,432	24,172	465	10	9	3089,986	32,816	345	10	11	4806,687	18,381
325	10	8	4788,65	29,37	475	10	9	3971,464	34,347	355	10	11	5609,111	110,817
335	10	8	5688,65	15,694	485	10	9	2534,307	46,451	365	10	11	3865,805	67,764
345	10	8	4128,713	42,959	135	10	10	6396,561	63,996	375	10	11	1944,926	120,842
355	10	8	4819,488	12,469	145	10	10	2398,292	64,651	385	10	11	1646,878	116,586
365	10	8	3540,447	9,202	175	10	10	3224,137	59,131	395	10	11	1308,879	59,021
375	10	8	1806,382	13,047	185	10	10	2436,219	26,876	405	10	11	1802,33	20,968
385	10	8	1537,373	50,944	195	10	10	1164,206	36,051	415	10	11	2920,374	22,116
395	10	8	1164,49	22,905	205	10	10	1489,324	22,679	425	10	11	4088,626	21,541
405	10	8	1663,248	14,534	245	10	10	1184,013	24,572	435	10	11	3738,783	14,771
415	10	8	2774,431	19,196	255	10	10	1393,545	13,559	445	10	11	2927,012	19,88
425	10	8	4251,529	11,77	265	10	10	2430,924	27,092	455	10	11	3879,482	12,489
435	10	8	3748,37	18,718	275	10	10	2258,765	34,388	465	10	11	3409,33	26,361
445	10	8	2837,46	13,593	285	10	10	2361,474	38,385	125	10	12	1768,551	85,144
455	10	8	3397,966	26,096	295	10	10	3055,839	24,445	135	10	12	8452,176	83,17
465	10	8	2692,315	35,476	305	10	10	2328,9	15,082	145	10	12	2896,39	70,667
475	10	8	3425,044	48,247	315	10	10	4829,532	9,539	155	10	12	22184,92	58,628
485	10	8	2182,456	26,385	325	10	10	4666,415	18,42	175	10	12	3922,782	38,17
495	10	8	1686,738	31,497	335	10	10	6265,873	12,064	185	10	12	3065,779	20,482
505	10	8	162309,5	0,001	345	10	10	4598,544	9,298	195	10	12	1443,14	13,314
95	10	9	809,007	88,679	355	10	10	5289,538	18,343	205	10	12	1664,083	17,552
135	10	9	1947,548	65,156	365	10	10	3830,026	157,699	245	10	12	1130,991	26,874
145	10	9	2108,926	64,524	375	10	10	1856,319	82,583	265	10	12	1646,806	43,973
175	10	9	2859,77	79,055	385	10	10	1587,835	80,569	275	10	12	2497,728	16,058
185	10	9	2194,676	53,602	395	10	10	1264,298	30,127	285	10	12	3624,875	27,484
195	10	9	1055,984	27,802	405	10	10	1744,855	38,462	295	10	12	3410,749	16,336
235	10	9	1065,273	18,656	415	10	10	2732,635	18,444	305	10	12	2485,775	36,206
245	10	9	1211,767	9,596	425	10	10	4127,329	10,834	315	10	12	5107,767	12,149
255	10	9	2499,133	22,342	435	10	10	3833,985	17,135	325	10	12	6162,625	7,169
265	10	9	1607,723	19,799	445	10	10	3009,682	12,626	335	10	12	7053,832	10,469
275	10	9	2117,795	27,738	455	10	10	3761,333	26,873	345	10	12	4122,08	27,266
285	10	9	2141,159	32,281	465	10	10	3329,949	20,028	355	10	12	5697,111	68,531
295	10	9	2681,614	17,744	475	10	10	4497,326	32,004	365	10	12	4077,622	91,319
305	10	9	2081,048	12,129	125	10	11	1824,874	68,011	375	10	12	2053,09	89,064
315	10	9	3736,888	15,949	145	10	11	2655,423	77,416	385	10	12	1715,308	77,719

PE	DI	Niv	rho	IP	PE	DI	Niv	rho	IP	PE	DI	Niv	rho	IP
395	10	12	1343,696	44,297	385	10	14	1896,341	29,346	195	10	17	1394,028	26,545
405	10	12	1845,787	28,311	395	10	14	1517,68	57,231	205	10	17	1673,948	29,613
415	10	12	2994,625	25,466	405	10	14	2091,596	138,987	235	10	17	1271,563	25,84
425	10	12	4362,131	48,857	415	10	14	3344,752	147,345	245	10	17	1518,585	15,166
435	10	12	3708,193	26,297	425	10	14	4731,87	81,626	255	10	17	1771,464	36,215
445	10	12	2827,522	14,587	435	10	14	4017,864	31,093	265	10	17	1936,689	11,496
455	10	12	3802,709	19,596	175	10	15	4557,557	17,04	275	10	17	2660,512	9,238
135	10	13	1205,93	109,912	185	10	15	3294,089	11,631	295	10	17	3047,361	82,569
145	10	13	3105,329	61,855	195	10	15	1475,832	22,54	315	10	17	4547,091	106,647
175	10	13	4356,521	21,951	205	10	15	1662,48	18,091	325	10	17	5912,235	31,414
185	10	13	3264,02	13,27	235	10	15	1122,74	38,659	345	10	17	5811,85	44,204
195	10	13	1477,102	16,529	245	10	15	1391,541	22,067	355	10	17	7114,896	27,91
205	10	13	1668,717	11,669	255	10	15	1733,663	29,044	365	10	17	5504,874	59,346
235	10	13	1005,5	28,562	275	10	15	2596,964	34,759	375	10	17	2864,987	23,595
255	10	13	1517,478	36,858	295	10	15	3030,344	9,411	385	10	17	2451,021	19,687
275	10	13	2561,741	31,027	305	10	15	2342,526	13,288	395	10	17	1529,396	26,043
285	10	13	2682,881	11,816	315	10	15	6682,35	86,164	405	10	17	2564,568	99,393
295	10	13	4440,024	35,132	325	10	15	6250,623	82,252	185	10	18	3091,845	30,478
305	10	13	2491,407	12,411	335	10	15	7535,811	78,499	195	10	18	1411,912	30,43
315	10	13	5270,149	9,149	345	10	15	5819,749	94,468	205	10	18	1730,056	36,623
325	10	13	6372,243	18,523	355	10	15	6717,59	20,879	235	10	18	1335,852	15,172
335	10	13	7287,436	24,353	365	10	15	4902,725	14,975	245	10	18	1493,237	32,177
345	10	13	5322,885	17,887	375	10	15	1944,737	15,975	255	10	18	1777,797	11,713
355	10	13	4746,809	25,841	385	10	15	2071,521	57,704	265	10	18	1965,784	9,132
365	10	13	4337,578	90,39	395	10	15	1644,704	101,157	275	10	18	2639,018	17,177
375	10	13	2158,893	64,358	405	10	15	2243,718	105,986	285	10	18	2574,552	99,589
385	10	13	1788,363	39,628	415	10	15	3540,979	123,318	305	10	18	2203,409	71,411
395	10	13	1414,567	31,835	425	10	15	4899,029	132,028	325	10	18	5809,404	71,635
405	10	13	1946,901	67,439	175	10	16	4433,367	11,758	335	10	18	7187,855	21,537
415	10	13	3179,563	88,087	185	10	16	3264,244	21,833	345	10	18	7864,021	27,266
425	10	13	4543,076	31,812	195	10	16	1455,054	18,047	355	10	18	7406,854	67,213
435	10	13	3930,286	46,894	205	10	16	1634,991	27,502	365	10	18	5793,463	85,461
445	10	13	2766,406	25,803	235	10	16	1218,008	22,929	375	10	18	3049,505	113,449
145	10	14	3321,017	29,497	245	10	16	1449,717	28,282	385	10	18	2600,001	23,07
175	10	14	4535,864	13,233	255	10	16	1812,457	14,816	395	10	18	2032,349	19,38
185	10	14	3354,655	17,449	265	10	16	1931,229	37,393	195	10	19	1471,676	44,788
195	10	14	1497,103	11,67	285	10	16	2626,985	9,046	205	10	19	1837,849	23,247
205	10	14	1683,218	20,981	305	10	16	2257,846	134,045	235	10	19	1305,982	36,082
235	10	14	1056,596	28,508	315	10	16	4600,225	28,354	245	10	19	1503,824	11,731
245	10	14	1281,152	39,905	325	10	16	8379,158	73,862	255	10	19	1805,12	8,849
265	10	14	1893,673	27,374	335	10	16	7559,372	116,53	265	10	19	1966,483	17,663
285	10	14	2539,958	41,087	345	10	16	5901,074	57,726	275	10	19	2648,449	92,701
295	10	14	3087,225	9,615	355	10	16	6957,202	40,778	285	10	19	2500,499	54,2
305	10	14	3286,579	9,06	365	10	16	5193,778	14,92	295	10	19	3000,365	83,807
315	10	14	5111,936	19,224	375	10	16	2668,352	16,992	315	10	19	4681,969	54,042
325	10	14	6514,796	92,484	385	10	16	1799,146	26,644	335	10	19	7145,732	30,688
335	10	14	7405,03	70,778	395	10	16	1779,271	107,943	345	10	19	5767,92	26,34
345	10	14	5554,904	23,186	405	10	16	2397,293	92,795	365	10	19	5906,952	146,873
355	10	14	6430,884	19,039	415	10	16	3746,395	97,74	375	10	19	3155,13	79,349
365	10	14	3598,401	22,896	175	10	17	4413,276	24,464	385	10	19	2750,064	104,118
375	10	14	2291,541	39,87	185	10	17	3160,292	18,332					

Profil 6211

PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
0	10	1	237,453	57,681	520	10	1	152,795	55,383	0	10	3	419,975	33,067
10	10	1	216,415	61,243	530	10	1	160,985	29,118	10	10	3	371,069	21,436
20	10	1	189,036	67,852	540	10	1	528,577	43,641	20	10	3	326,162	17,387
30	10	1	181,016	39,736	550	10	1	491,996	36,593	30	10	3	422,787	28,381
40	10	1	153,476	33,322	0	10	2	353,736	69,212	50	10	3	333,668	37,683
50	10	1	195,766	22,484	10	10	2	313,542	40,972	120	10	3	325,542	42,643
60	10	1	161,907	15,344	20	10	2	264,847	32,674	140	10	3	534,129	26,24
70	10	1	160,75	20,246	30	10	2	236,7	21,052	150	10	3	429,889	27,45
80	10	1	160	18	40	10	2	299,276	17,561	160	10	3	355,205	30,191
90	10	1	180	14,327	50	10	2	270,148	31,003	170	10	3	372,197	29,661
100	10	1	195	12	70	10	2	171,183	22,99	180	10	3	291,346	47,986
110	10	1	233	13	120	10	2	232,66	29,725	190	10	3	335,332	117,625
120	10	1	321	32,306	140	10	2	438,029	61,125	200	10	3	397,517	63,341
130	10	1	231	23	150	10	2	379,535	45,434	210	10	3	336,721	32,259
140	10	1	160,839	37,63	160	10	2	301,73	20,897	220	10	3	440,208	35,423
150	10	1	333,76	63,325	170	10	2	292,275	25,493	230	10	3	451,583	45,51
160	10	1	229,343	39,928	180	10	2	280,75	60,99	240	10	3	490,944	35,333
170	10	1	247,077	40,307	190	10	2	204,904	42,843	250	10	3	450,481	22,231
180	10	1	190,012	33,273	200	10	2	240,607	36,947	260	10	3	498,447	112,646
190	10	1	172,582	34,595	210	10	2	276,474	32,467	270	10	3	331,867	101,091
200	10	1	130,691	44,167	220	10	2	224,113	32,69	280	10	3	404,435	95,913
210	10	1	157,849	21,587	230	10	2	303,08	58,936	290	10	3	295,79	61,854
220	10	1	172,693	23,53	240	10	2	322,518	44,471	300	10	3	405,324	22,076
230	10	1	138,395	59,608	250	10	2	313,702	37,815	310	10	3	443,738	44,333
240	10	1	188,877	40,231	260	10	2	311,465	75,842	320	10	3	545,625	29,173
250	10	1	189,735	46,68	270	10	2	334,446	30,757	330	10	3	445,73	78,832
260	10	1	218,546	135,675	280	10	2	234,937	110,474	340	10	3	519,53	46,349
270	10	1	193,144	66,818	290	10	2	290,661	134,156	350	10	3	629,804	31,645
280	10	1	241,82	74,781	300	10	2	224,454	64,716	360	10	3	545,048	32,623
290	10	1	133,977	33,244	310	10	2	268,019	45,188	370	10	3	510,967	18,434
300	10	1	194,347	71,167	320	10	2	336,327	15,788	380	10	3	627,641	24,719
310	10	1	127,282	74,614	330	10	2	392,574	55,558	390	10	3	397,819	64,681
320	10	1	187,021	29,985	340	10	2	308,07	89,004	400	10	3	440,21	62,373
330	10	1	196,1	56,841	350	10	2	375,364	71,119	410	10	3	985,293	47,978
340	10	1	256,055	25,855	360	10	2	520,18	33,136	420	10	3	599,974	29,307
350	10	1	203,579	51,653	370	10	2	390,679	16,221	430	10	3	656,057	39,049
360	10	1	249,077	50,165	380	10	2	367,424	32,257	440	10	3	561,66	43,888
370	10	1	312,744	22,953	390	10	2	589,139	39,341	450	10	3	388,865	28,789
380	10	1	316,213	32,728	400	10	2	307,991	29,392	460	10	3	396,351	54,996
390	10	1	278,443	30,999	410	10	2	344,95	38,736	470	10	3	529,56	44,506
400	10	1	430,526	39,04	420	10	2	796,635	29,79	480	10	3	204,244	74,784
410	10	1	260,621	28,077	430	10	2	395,151	46,843	490	10	3	322,546	29,97
420	10	1	251,275	18,959	440	10	2	441,848	36,72	500	10	3	278,476	61,78
430	10	1	493,075	38,023	450	10	2	523,016	29,16	510	10	3	284,898	46,133
440	10	1	234,89	37,597	460	10	2	254,998	78,963	0	10	4	462,901	17,524
450	10	1	336,548	33,283	470	10	2	283,733	61,494	10	10	4	429,432	29
460	10	1	317,038	58,377	480	10	2	398,878	76,003	30	10	4	516,213	33,876
470	10	1	179,228	63,31	490	10	2	133,107	43,294	50	10	4	293,371	51,182
480	10	1	189,188	131,031	500	10	2	251,852	56,676	60	10	4	54,92	37,634
490	10	1	216,729	59,297	510	10	2	225,058	34,637	100	10	4	396,869	33,942
500	10	1	85,011	57,387	520	10	2	209,271	60,207	120	10	4	797,964	21,625
510	10	1	165,398	53,835	530	10	2	844,715	36,823	140	10	4	565,718	40,789

PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
150	10	4	451,138	32,385	250	10	5	529,024	33,364	360	10	6	604	46,27
160	10	4	436,129	26,679	260	10	5	590,818	25,724	370	10	6	705,371	23,19
170	10	4	344,502	52,737	270	10	5	446,991	52,741	380	10	6	1692,5	56,845
180	10	4	428,378	105,225	280	10	5	582,54	87,882	390	10	6	1071,28	65,772
190	10	4	521,633	115,076	290	10	5	669,777	89,001	400	10	6	1252,77	56,592
200	10	4	448,896	74,537	300	10	5	885,213	37,393	410	10	6	1196,48	31,588
210	10	4	595,592	27,773	310	10	5	741,522	28,584	420	10	6	716,507	28,363
220	10	4	641,296	29,451	320	10	5	865,563	21,845	430	10	6	644,42	22,994
230	10	4	671,606	24,668	330	10	5	1031,5	42,94	440	10	6	753,973	37,146
240	10	4	641,309	41,694	340	10	5	736,922	32,795	450	10	6	281,933	22,341
250	10	4	659,537	46,874	350	10	5	639,232	68,391	0	10	7	900,502	53,314
260	10	4	437,409	97,567	360	10	5	880,048	47,575	10	10	7	775,235	32,953
270	10	4	496,146	53,775	370	10	5	510,659	26,029	20	10	7	483,525	45,921
280	10	4	373,18	25,66	380	10	5	596,916	45,3	40	10	7	1526,14	91,57
290	10	4	492,034	60,4	390	10	5	1522,03	67,746	70	10	7	709,361	20,246
300	10	4	565,401	60,968	400	10	5	879,856	82,332	80	10	7	815,602	20,159
310	10	4	704,378	57,951	410	10	5	1047,32	39,192	90	10	7	1523,37	14,313
320	10	4	620,632	22,061	420	10	5	1015,68	28,502	100	10	7	1380,06	23,426
330	10	4	655,695	32,994	430	10	5	566,961	31,072	120	10	7	775,054	40,585
340	10	4	824,4	45,337	440	10	5	575,315	35,159	140	10	7	495,703	65,619
350	10	4	679,494	40,599	450	10	5	785,704	19,117	150	10	7	586,876	46,55
360	10	4	552,352	25,651	460	10	5	250,602	59,215	160	10	7	760,27	33,832
370	10	4	765,806	22,76	470	10	5	449,47	39,147	170	10	7	755,391	23,345
380	10	4	444,26	46,64	10	10	6	795,779	45,947	180	10	7	1143,97	116,061
390	10	4	519,126	95,514	20	10	6	668,894	52,478	190	10	7	1286,82	116,252
400	10	4	1259,21	60,044	30	10	6	423,716	32,132	200	10	7	1333,39	61,568
410	10	4	745,704	39,882	80	10	6	601,948	15,686	210	10	7	1202,97	24,933
420	10	4	845,482	33,685	90	10	6	689,292	13,21	220	10	7	1164,54	16,333
430	10	4	786,525	38,416	100	10	6	1265,1	26,638	230	10	7	725,775	38,616
440	10	4	444,086	35,421	120	10	6	852,537	27,836	240	10	7	787,935	38,037
450	10	4	524,663	24,045	140	10	6	610,996	56,73	250	10	7	580,632	39,922
460	10	4	686,389	54,43	150	10	6	431,811	61,432	260	10	7	774,169	46,284
470	10	4	230,306	30,543	160	10	6	523,949	41,922	270	10	7	875,506	31,772
480	10	4	396,846	84,018	170	10	6	698,372	41,222	280	10	7	1160,88	44,962
490	10	4	347,546	38,195	180	10	6	674,725	77,76	290	10	7	1043,11	45,668
10	10	5	717,822	34,763	190	10	6	944,311	31,864	300	10	7	1109,29	28,066
30	10	5	556,029	44,393	200	10	6	1079,03	67,109	310	10	7	1302,93	55,881
40	10	5	363,415	54,234	210	10	6	1126,97	32,355	320	10	7	981,697	28,32
90	10	5	503,404	16,483	220	10	6	1016,5	32,26	330	10	7	815,314	122,396
100	10	5	553,115	19,142	230	10	6	982,828	39,157	340	10	7	1136,47	76,933
120	10	5	939,688	31,697	240	10	6	643,573	18,028	350	10	7	694,259	71,929
140	10	5	557,759	34,573	250	10	6	690,148	32,997	360	10	7	799,788	58,332
150	10	5	526,256	62,075	260	10	6	508,362	89,314	370	10	7	2036,34	22,977
160	10	5	367,962	38,12	270	10	6	667,136	73,22	380	10	7	1218,03	43,32
170	10	5	488,023	52,184	280	10	6	789,767	45,914	390	10	7	1464,31	46,711
180	10	5	636,326	140,561	290	10	6	1003,72	34,484	400	10	7	1433,16	55,998
190	10	5	557,268	72,567	300	10	6	911,793	36,738	410	10	7	770,793	23,299
200	10	5	780,076	52,144	310	10	6	1022,63	35,814	420	10	7	700,42	29,635
210	10	5	860,513	18,307	320	10	6	1160,24	18,329	430	10	7	841,526	28,391
220	10	5	893,035	33,686	330	10	6	866,64	75,547	0	10	8	825,537	46,572
230	10	5	825,141	59,293	340	10	6	716,688	80,829	10	10	8	542,362	72,945
240	10	5	837,239	39,48	350	10	6	975,883	104,225	60	10	8	797,606	36,673

PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
70	10	8	940,29	22,954	250	10	9	1121,85	28,094	80	10	11	1287,85	21,779
80	10	8	1758,48	18,452	260	10	9	1330,84	32,759	90	10	11	1216,05	12,762
90	10	8	1597,68	18,306	270	10	9	1180,92	70,301	100	10	11	856,373	33,575
100	10	8	1160,87	32,562	280	10	9	1315,02	79,726	120	10	11	1243,23	40,1
120	10	8	811,969	44,945	290	10	9	1540,46	149,191	140	10	11	1582,82	20,675
140	10	8	677,435	47,701	300	10	9	1211,64	55,092	150	10	11	1771,54	39,732
150	10	8	854,951	25,698	310	10	9	1092,01	58,114	160	10	11	1839,06	36,512
160	10	8	818,9	39,606	320	10	9	1510,61	31,824	170	10	11	1720,94	43,865
170	10	8	1261,72	52,508	330	10	9	945,678	77,194	180	10	11	1760,49	46,686
180	10	8	1462,03	100,47	340	10	9	1066,27	71,289	190	10	11	1139,84	32,84
190	10	8	1499,2	57,658	350	10	9	2654,37	48,614	200	10	11	1326,65	35,606
200	10	8	1373,42	21,565	360	10	9	1638,84	43,835	210	10	11	1035,73	21,745
210	10	8	1325,34	24,721	370	10	9	1820,28	16,515	220	10	11	1269,95	19,114
220	10	8	816,267	31,299	380	10	9	1551,39	45,968	230	10	11	1318,24	47,218
230	10	8	897,047	48,502	390	10	9	864,022	40,84	240	10	11	1567,04	36,459
240	10	8	681,249	27,325	40	10	10	993,698	42,376	250	10	11	1322,57	48,821
250	10	8	888,361	22,799	50	10	10	1140,38	84,586	260	10	11	1456,02	77,104
260	10	8	1002,38	45,292	60	10	10	2106,32	49,026	270	10	11	1772,72	74,252
270	10	8	1289,8	41,145	70	10	10	1956,14	35,364	280	10	11	1405,43	116,129
280	10	8	1095,26	32,569	80	10	10	1484,59	24,923	290	10	11	1368,48	86,792
290	10	8	1233,76	84,723	90	10	10	1137,93	16,543	300	10	11	1973,89	52,108
300	10	8	1439,42	57,013	100	10	10	1060,01	29,411	310	10	11	1256,92	41,859
310	10	8	1080,13	77,938	120	10	10	895,962	42,249	320	10	11	1404,18	27,002
320	10	8	950,839	27,864	140	10	10	1004,58	55,557	330	10	11	3175,71	33,983
330	10	8	1327,97	80,027	150	10	10	1446,43	40,215	340	10	11	1780,82	78,929
340	10	8	793,145	118,13	160	10	10	1660,4	17,593	350	10	11	1999,66	42,252
350	10	8	927,808	69,581	170	10	10	1763,04	35,669	20	10	12	1180,13	77,823
360	10	8	2344,4	44,174	180	10	10	1620,98	91,454	30	10	12	1360,82	66,58
370	10	8	1425,63	20,066	190	10	10	1606,71	80,738	40	10	12	2528,63	101,525
380	10	8	1695,09	42,967	200	10	10	1041,69	36,201	50	10	12	2322,93	56,889
390	10	8	1497,35	31,581	210	10	10	1187,69	18,643	60	10	12	1786,13	42,27
400	10	8	800,491	61,159	220	10	10	913,861	22,979	70	10	12	1429,1	19,198
410	10	8	739,097	28,821	230	10	10	1171,03	32	80	10	12	1350,75	24,037
0	10	9	579,261	88,88	240	10	10	1216,92	21,448	90	10	12	947,929	18,316
50	10	9	890,083	37,596	250	10	10	1447,2	39,114	100	10	12	1122,04	32,203
60	10	9	1030,8	31,547	260	10	10	1248,2	80,919	120	10	12	1208,61	18,047
70	10	9	1932,62	35,587	270	10	10	1375,36	109,57	140	10	12	1902,5	52,764
80	10	9	1789,56	23,499	280	10	10	1662,46	75,975	150	10	12	1992,63	50,258
90	10	9	1330,07	18,245	290	10	10	1317,1	90,505	160	10	12	1821,43	26,505
100	10	9	1018,06	35,291	300	10	10	1220,83	73,414	170	10	12	1886,75	23,876
120	10	9	656,318	35,83	310	10	10	1745,08	56,575	180	10	12	1270,05	45,733
140	10	9	989,422	59,853	320	10	10	1106,72	27,128	190	10	12	1471,32	43,242
150	10	9	910,687	61,865	330	10	10	1221,92	52,172	200	10	12	1056,69	27,399
160	10	9	1341,94	37,715	340	10	10	3055,83	70,402	210	10	12	1388,1	28,48
170	10	9	1556,91	36,07	350	10	10	1690,95	32,433	220	10	12	1425,69	30,244
180	10	9	1631,91	25,755	360	10	10	1883,59	46,978	230	10	12	1687,11	62,309
190	10	9	1501,65	56,539	370	10	10	1668,48	18,879	240	10	12	1452,26	35,676
200	10	9	1451,79	58,084	30	10	11	1095,69	67,362	250	10	12	1568,35	40,315
210	10	9	923	28,92	40	10	11	1246,02	81,865	260	10	12	1875,92	118,82
220	10	9	1049,52	23,229	50	10	11	2316,54	83,433	270	10	12	1521,01	71,723
230	10	9	763,907	26,008	60	10	11	2137,43	55,448	280	10	12	1506,51	70,438
240	10	9	1029,42	26,974	70	10	11	1621,67	29,585	290	10	12	2170,97	56,447

PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
300	10	12	1423,26	51,668	200	10	14	1684,3	52,696	190	10	16	2344,67	79,022
310	10	12	1451,78	29,241	210	10	14	2021,02	29,134	200	10	16	2026,1	49,893
320	10	12	3340,01	28,202	220	10	14	1699,49	34,282	210	10	16	2194,12	24,065
330	10	12	1896,51	44,939	230	10	14	1860,26	47,937	220	10	16	2599,14	28,674
0	10	13	1749,77	79,706	240	10	14	2211,83	34,358	230	10	16	1915,62	26,849
10	10	13	1262	70,26	250	10	14	1741,19	31,875	240	10	16	1795,09	36,14
20	10	13	1469,83	95,316	260	10	14	1767,13	70,562	250	10	16	2442,86	29,009
30	10	13	2721,69	48,542	270	10	14	2371,22	32,9	0	10	17	3380,92	77,017
40	10	13	2561,24	64,716	280	10	14	1474,09	78,16	10	10	17	2591,33	43,554
50	10	13	1934,93	28,729	290	10	14	1575,47	47,952	20	10	17	2085,5	22,694
60	10	13	1563,76	51,274	10	10	15	3135,18	27,026	30	10	17	1922,22	41,681
70	10	13	1476,67	35,517	20	10	15	3034,29	83,353	40	10	17	1348,07	73,247
80	10	13	1036,81	23,319	30	10	15	2325,34	66,943	50	10	17	1578,39	63,601
90	10	13	1250,29	15,737	40	10	15	1834,84	79,142	60	10	17	1917,38	30,976
100	10	13	1496,47	16,224	50	10	15	1702,96	48,32	70	10	17	1780,63	19,421
120	10	13	1848,76	38,734	60	10	15	1208,48	19,45	80	10	17	2568,22	18,171
140	10	13	2163,69	34,034	70	10	15	1394,05	26,968	90	10	17	2904,73	14,411
150	10	13	1940,69	26,314	80	10	15	1697,05	22,785	100	10	17	2935,92	19,096
160	10	13	1979,6	26,218	90	10	15	1577,47	17,128	120	10	17	2519,69	37,209
170	10	13	1361,28	29,893	100	10	15	2209,23	23,204	140	10	17	1826,97	48,428
180	10	13	1517,1	32,985	120	10	15	2551,26	27,3	150	10	17	1415,83	50,992
190	10	13	1164,5	77,156	140	10	15	2205,29	26,168	160	10	17	1849,96	40,919
200	10	13	1485,27	54,39	150	10	15	1454,46	48,919	170	10	17	2027,08	43,374
210	10	13	1553,96	33,308	160	10	15	1613,22	35,205	180	10	17	2484,68	72,59
220	10	13	1842,99	29,724	170	10	15	1281,02	54,877	190	10	17	2197,15	53,175
230	10	13	1580,66	49,04	180	10	15	1696,99	78,634	200	10	17	2333,64	49,482
240	10	13	1700,84	42,469	190	10	15	1822,01	82,201	210	10	17	2686,69	19,118
250	10	13	2032,05	39,574	200	10	15	2172,49	69,211	220	10	17	1971,16	30,076
260	10	13	1626,41	71,348	210	10	15	1861,07	28,745	230	10	17	1853,67	33,183
270	10	13	1632,21	49,716	220	10	15	2030,32	28,817	0	10	18	2731,98	22,812
280	10	13	2378,61	69,655	230	10	15	2376,25	37,034	10	10	18	2156,41	43,075
290	10	13	1430,57	35,715	240	10	15	1903,56	34,177	20	10	18	2022,98	69,849
300	10	13	1521,79	56,148	250	10	15	1793,43	23,447	30	10	18	1433,76	53,34
310	10	13	3528,42	36,981	260	10	15	2390,1	79,422	40	10	18	1664,08	41,244
0	10	14	1325,88	98,135	270	10	15	1499,98	42,997	50	10	18	2041,53	29,123
10	10	14	1551,18	50,542	0	10	16	3386,06	85,48	60	10	18	1866,56	30,586
20	10	14	2962,94	62,187	10	10	16	3235,76	70,63	70	10	18	2732,94	23,079
30	10	14	2739,61	26,451	20	10	16	2479,5	75,282	80	10	18	3007,42	15,656
40	10	14	2155,07	88,163	30	10	16	1942,93	42,161	90	10	18	3119,14	16,996
50	10	14	1704,81	84,005	40	10	16	1857,67	23,084	100	10	18	2749,3	30,237
60	10	14	1592,44	48,106	50	10	16	1267,34	47,669	120	10	18	1742,94	36,481
70	10	14	1128,5	27,167	60	10	16	1475,23	45,904	140	10	18	1515,19	62,119
80	10	14	1332,98	13,655	70	10	16	1791,42	31,351	150	10	18	1982,9	49,77
90	10	14	1589,24	15,671	80	10	16	1692,23	18,287	160	10	18	2109,65	33,363
100	10	14	1405,52	31,25	90	10	16	2379,78	12,924	170	10	18	2602,52	34,315
120	10	14	2254,1	27,616	100	10	16	2688,25	22,947	180	10	18	2326,13	71,842
140	10	14	2137,37	33,544	120	10	16	2452,86	21,678	190	10	18	2319,53	34,415
150	10	14	2144,01	32,704	140	10	16	1524,85	49,819	200	10	18	2704,61	53,761
160	10	14	1383,36	20,985	150	10	16	1706,31	65,554	210	10	18	2071,37	22,304
170	10	14	1580,64	42,802	160	10	16	1327,59	34,528	0	10	19	2236,84	71,349
180	10	14	1220,07	82,505	170	10	16	1787,53	44,278	10	10	19	2130,99	55,646
190	10	14	1596,48	128,275	180	10	16	1929,87	122,697	20	10	19	1506,09	40,13

PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
300	10	12	1423,26	51,668	250	10	14	1741,19	31,875	30	10	17	1922,22	41,681
310	10	12	1451,78	29,241	260	10	14	1767,13	70,562	40	10	17	1348,07	73,247
320	10	12	3340,01	28,202	270	10	14	2371,22	32,9	50	10	17	1578,39	63,601
330	10	12	1896,51	44,939	280	10	14	1474,09	78,16	60	10	17	1917,38	30,976
0	10	13	1749,77	79,706	290	10	14	1575,47	47,952	70	10	17	1780,63	19,421
10	10	13	1262	70,26	10	10	15	3135,18	27,026	80	10	17	2568,22	18,171
20	10	13	1469,83	95,316	20	10	15	3034,29	83,353	90	10	17	2904,73	14,411
30	10	13	2721,69	48,542	30	10	15	2325,34	66,943	100	10	17	2935,92	19,096
40	10	13	2561,24	64,716	40	10	15	1834,84	79,142	120	10	17	2519,69	37,209
50	10	13	1934,93	28,729	50	10	15	1702,96	48,32	140	10	17	1826,97	48,428
60	10	13	1563,76	51,274	60	10	15	1208,48	19,45	150	10	17	1415,83	50,992
70	10	13	1476,67	35,517	70	10	15	1394,05	26,968	160	10	17	1849,96	40,919
80	10	13	1036,81	23,319	80	10	15	1697,05	22,785	170	10	17	2027,08	43,374
90	10	13	1250,29	15,737	90	10	15	1577,47	17,128	180	10	17	2484,68	72,59
100	10	13	1496,47	16,224	100	10	15	2209,23	23,204	190	10	17	2197,15	53,175
120	10	13	1848,76	38,734	120	10	15	2551,26	27,3	200	10	17	2333,64	49,482
140	10	13	2163,69	34,034	140	10	15	2205,29	26,168	210	10	17	2686,69	19,118
150	10	13	1940,69	26,314	150	10	15	1454,46	48,919	220	10	17	1971,16	30,076
160	10	13	1979,6	26,218	160	10	15	1613,22	35,205	230	10	17	1853,67	33,183
170	10	13	1361,28	29,893	170	10	15	1281,02	54,877	0	10	18	2731,98	22,812
180	10	13	1517,1	32,985	180	10	15	1696,99	78,634	10	10	18	2156,41	43,075
190	10	13	1164,5	77,156	190	10	15	1822,01	82,201	20	10	18	2022,98	69,849
200	10	13	1485,27	54,39	200	10	15	2172,49	69,211	30	10	18	1433,76	53,34
210	10	13	1553,96	33,308	210	10	15	1861,07	28,745	40	10	18	1664,08	41,244
220	10	13	1842,99	29,724	220	10	15	2030,32	28,817	50	10	18	2041,53	29,123
230	10	13	1580,66	49,04	230	10	15	2376,25	37,034	60	10	18	1866,56	30,586
240	10	13	1700,84	42,469	240	10	15	1903,56	34,177	70	10	18	2732,94	23,079
250	10	13	2032,05	39,574	250	10	15	1793,43	23,447	80	10	18	3007,42	15,656
260	10	13	1626,41	71,348	260	10	15	2390,1	79,422	90	10	18	3119,14	16,996
270	10	13	1632,21	49,716	270	10	15	1499,98	42,997	100	10	18	2749,3	30,237
280	10	13	2378,61	69,655	0	10	16	3386,06	85,48	120	10	18	1742,94	36,481
290	10	13	1430,57	35,715	10	10	16	3235,76	70,63	140	10	18	1515,19	62,119
300	10	13	1521,79	56,148	20	10	16	2479,5	75,282	150	10	18	1982,9	49,77
310	10	13	3528,42	36,981	30	10	16	1942,93	42,161	160	10	18	2109,65	33,363
0	10	14	1325,88	98,135	40	10	16	1857,67	23,084	170	10	18	2602,52	34,315
10	10	14	1551,18	50,542	50	10	16	1267,34	47,669	180	10	18	2326,13	71,842
20	10	14	2962,94	62,187	60	10	16	1475,23	45,904	190	10	18	2319,53	34,415
30	10	14	2739,61	26,451	70	10	16	1791,42	31,351	200	10	18	2704,61	53,761
40	10	14	2155,07	88,163	80	10	16	1692,23	18,287	210	10	18	2071,37	22,304
50	10	14	1704,81	84,005	90	10	16	2379,78	12,924	0	10	19	2236,84	71,349
60	10	14	1592,44	48,106	100	10	16	2688,25	22,947	10	10	19	2130,99	55,646
70	10	14	1128,5	27,167	120	10	16	2452,86	21,678	20	10	19	1506,09	40,13
80	10	14	1332,98	13,655	140	10	16	1524,85	49,819	30	10	19	1731,05	26,741
90	10	14	1589,24	15,671	150	10	16	1706,31	65,554	40	10	19	2195,38	40,551
100	10	14	1405,52	31,25	160	10	16	1327,59	34,528	50	10	19	1975,56	37,658
120	10	14	2254,1	27,616	170	10	16	1787,53	44,278	60	10	19	2783,7	23,765
140	10	14	2137,37	33,544	180	10	16	1929,87	122,697	70	10	19	3139,4	30,852
150	10	14	2144,01	32,704	190	10	16	2344,67	79,022	80	10	19	3270,58	22,232
160	10	14	1383,36	20,985	200	10	16	2026,1	49,893	90	10	19	2939,32	18,705
170	10	14	1580,64	42,802	210	10	16	2194,12	24,065	100	10	19	2875,01	29,739
180	10	14	1220,07	82,505	220	10	16	2599,14	28,674	120	10	19	2101,88	43,724
190	10	14	1596,48	128,275	230	10	16	1915,62	26,849	140	10	19	2128,53	46,124
200	10	14	1684,3	52,696	240	10	16	1795,09	36,14	150	10	19	2240,38	38,198
210	10	14	2021,02	29,134	250	10	16	2442,86	29,009	160	10	19	2703,83	33,245
220	10	14	1699,49	34,282	0	10	17	3380,92	77,017	170	10	19	2347,24	24,793
230	10	14	1860,26	47,937	10	10	17	2591,33	43,554	180	10	19	2388	81,296
240	10	14	2211,83	34,358	20	10	17	2085,5	22,694	190	10	19	2759,39	45,455

Profil 6221

IP	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
10	10	1	166,14	72,365	30	10	2	474,79	34,452	60	10	3	385,44	29,08
20	10	1	231,4	45,002	40	10	2	199,5	51,81	70	10	3	339,34	51,863
40	10	1	361,93	19,382	50	10	2	181,83	18,104	80	10	3	337,32	36,107
50	10	1	93,112	40,72	60	10	2	240,46	29,176	90	10	3	335,3	18,452
60	10	1	129,64	21,783	70	10	2	203,22	33,507	100	10	3	333,28	17,076
70	10	1	142,63	10,044	80	10	2	205,98	38,829	110	10	3	331,27	55,114
80	10	1	165,8	38,961	90	10	2	185,72	38,093	120	10	3	329,25	35,549
90	10	1	133,26	12,829	100	10	2	174,67	17,12	130	10	3	977,74	106,27
100	10	1	118,79	17,765	110	10	2	163,61	23,339	140	10	3	550,97	50,072
110	10	1	104,31	7,141	120	10	2	152,56	29,426	150	10	3	326,99	64,275
130	10	1	341,93	23,246	140	10	2	322,52	37,224	160	10	3	533,53	20,141
140	10	1	354,01	14,014	150	10	2	454,57	88,092	170	10	3	428,36	76,799
150	10	1	366,09	49,561	160	10	2	591,19	18,24	180	10	3	1014,8	35,117
160	10	1	378,16	21,631	170	10	2	235,02	64,551	190	10	3	1064,6	46,168
170	10	1	394,53	88,916	180	10	2	601,84	40,441	200	10	3	770,8	46,854
180	10	1	349,88	33,657	190	10	2	556,36	49,672	210	10	3	988,49	25,54
190	10	1	527,82	59,535	200	10	2	757,32	51,023	220	10	3	382,39	41,893
200	10	1	614,31	63,255	220	10	2	455,82	39,132	230	10	3	349,43	39,848
210	10	1	543,76	43,938	230	10	2	290,12	29,435	240	10	3	380,49	30,819
220	10	1	273,59	42,035	240	10	2	188,52	46,826	250	10	3	592,26	46,841
240	10	1	110,79	43,377	250	10	2	347,82	34,559	260	10	3	619,07	61,677
250	10	1	176,7	26,527	260	10	2	416,93	29,466	270	10	3	657,61	30,699
260	10	1	210,52	43,743	270	10	2	425,3	43,219	280	10	3	881,92	23,046
270	10	1	272,45	32,516	280	10	2	595,41	31,999	290	10	3	673,1	29,942
280	10	1	303,02	20,009	290	10	2	686,41	32,41	300	10	3	1380,9	27,405
290	10	1	370,01	46,776	300	10	2	640,05	29,613	310	10	3	797,64	23,09
300	10	1	571,58	44,693	310	10	2	1252,8	22,036	320	10	3	1315,4	66,39
310	10	1	441,92	23,416	320	10	2	657,6	34,845	330	10	3	918,58	69,159
320	10	1	1078,6	38,518	330	10	2	1083,3	40,561	340	10	3	825,98	24,973
330	10	1	487,83	37,607	340	10	2	913,04	40,645	350	10	3	1064,5	29,474
340	10	1	932,65	26,233	350	10	2	595,48	38,438	360	10	3	745,82	34,814
350	10	1	555,4	27,711	360	10	2	865,58	23,447	370	10	3	611,05	26,139
360	10	1	431,15	36,766	370	10	2	589,55	27,252	380	10	3	770,26	19,516
370	10	1	510,26	34,771	380	10	2	407,64	37,488	390	10	3	834,78	26,492
380	10	1	372,04	24,649	390	10	2	555,86	40,995	400	10	3	158,48	26,073
390	10	1	367,32	43,793	400	10	2	712,4	24,565	410	10	3	249,64	16,848
400	10	1	306,63	61,473	410	10	2	131,16	18,587	420	10	3	1290,2	25,966
410	10	1	430,68	25,514	420	10	2	246,7	20,933	430	10	3	756,33	30,1
420	10	1	125,64	20,463	430	10	2	1143,9	21,817	440	10	3	682,02	29,252
430	10	1	192,89	25,543	440	10	2	505,77	24,478	450	10	3	598,71	18,077
440	10	1	984,05	20,307	450	10	2	541,27	17,281	460	10	3	735,5	29,908
450	10	1	420,31	14,331	460	10	2	700,53	20,504	470	10	3	997,81	14,352
460	10	1	816,41	18,282	470	10	2	567,8	18,42	480	10	3	605,08	24,088
470	10	1	618,64	17,622	480	10	2	763,78	25,598	490	10	3	379,68	31,908
480	10	1	413,96	18,408	490	10	2	439,58	16,335	500	10	3	512,75	28,794
490	10	1	630,56	21,849	500	10	2	367,8	34,669	510	10	3	371,4	42,037
500	10	1	364,49	37,081	510	10	2	440,45	39,297	520	10	3	785,13	21,968
510	10	1	360,89	18,136	520	10	2	310,78	30,917	530	10	3	297,25	52,494
520	10	1	345,57	38,008	530	10	2	530,96	112,41	10	10	4	861,03	16,412
530	10	1	171,21	94,628	540	10	2	223,18	16,427	20	10	4	346,32	43,134
540	10	1	556,38	20,763	550	10	2	480,56	47,708	30	10	4	428,72	36,588
550	10	1	124,82	92,37	20	10	3	666,66	29,25	40	10	4	509,39	121,17
560	10	1	475,31	32,657	30	10	3	268,16	16,808	50	10	4	410,86	75,256
570	10	1	298,3	37,087	40	10	3	320,44	122,38	60	10	4	357,37	27,549
10	10	2	362	25,489	50	10	3	314,27	61,347	70	10	4	354,01	11,592

IP	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
80	10	4	329,17	36,143	160	10	5	1500,4	18,059	230	10	6	847,02	33,908
90	10	4	304,33	34,039	170	10	5	1616,8	33,838	240	10	6	738,92	34,726
100	10	4	279,49	16,66	180	10	5	1281,6	35,05	250	10	6	1155,2	31,911
110	10	4	464,3	107,22	190	10	5	1360,3	36,219	260	10	6	941,78	60,063
130	10	4	895,58	73,364	200	10	5	534,9	32,457	270	10	6	2080,2	43,486
140	10	4	505,4	62,342	210	10	5	487,79	44,037	280	10	6	1171,2	21,222
150	10	4	519,18	83,182	220	10	5	737,36	58,074	290	10	6	1940,2	34,284
160	10	4	778,04	18,657	230	10	5	841,38	37,05	300	10	6	1320,2	40,901
170	10	4	1275,6	68,582	240	10	5	672,91	38,335	310	10	6	1126,9	23,411
180	10	4	1355,3	33,112	250	10	5	847,67	30,036	320	10	6	1820,6	24,221
190	10	4	1316,9	27,342	260	10	5	979,35	32,982	330	10	6	1157,2	26,717
210	10	4	454,1	33,044	270	10	5	842,08	30,16	340	10	6	975,77	20,203
220	10	4	424,21	28,61	280	10	5	1839,2	31,635	350	10	6	1045,3	18
230	10	4	618,75	57,067	290	10	5	1016,7	47,044	360	10	6	1245,4	22,846
240	10	4	640,88	68,03	300	10	5	1693,7	26,671	370	10	6	218,47	21,423
250	10	4	694,88	32,511	310	10	5	1217,2	24,404	380	10	6	372,82	28,64
260	10	4	813,59	36,223	320	10	5	931,58	60,203	390	10	6	2241,4	34,249
270	10	4	885,71	28,47	330	10	5	1456,1	41,541	400	10	6	1315,8	101,5
280	10	4	733,44	21,661	340	10	5	1215,5	19,678	410	10	6	1421,6	16,546
290	10	4	1667,4	31,801	350	10	5	854,54	19,977	420	10	6	1270	49,724
300	10	4	883,48	43,708	360	10	5	1007,1	19,196	430	10	6	1195,4	58,417
310	10	4	1482,7	30,788	370	10	5	1103,5	17,154	440	10	6	1565,3	36,487
320	10	4	1086,4	33,651	380	10	5	190,17	24,01	450	10	6	884,69	25,594
330	10	4	832,37	44,549	390	10	5	343,56	31,388	460	10	6	600,75	18,401
340	10	4	1292,2	38,268	400	10	5	1882,4	40,607	470	10	6	745,33	20,45
350	10	4	936,3	28,144	410	10	5	1072,4	22,21	10	10	7	921,56	20,673
360	10	4	828,18	18,735	420	10	5	1191,3	55,008	20	10	7	892,87	39,62
370	10	4	871,28	18,932	430	10	5	1049,6	21,39	30	10	7	603,78	45,684
380	10	4	981,84	20,007	440	10	5	1018,4	46,597	40	10	7	539,68	87,108
390	10	4	180,71	22,565	450	10	5	1247,4	24,279	50	10	7	454,15	117,13
400	10	4	287,81	32,926	460	10	5	883,38	23,914	60	10	7	368,61	21,525
410	10	4	1654,1	20,987	470	10	5	519,31	26,215	100	10	7	1256,1	14,795
420	10	4	872,14	30,494	480	10	5	642,67	16,589	130	10	7	1226,5	36,022
430	10	4	970,58	32,647	490	10	5	462,13	24,738	180	10	7	736,88	45,766
440	10	4	804,95	51,143	10	10	6	349,56	18,792	190	10	7	586,97	33,891
450	10	4	782,34	14,15	20	10	6	720,31	39,615	200	10	7	795,64	40,932
460	10	4	1279,7	28,301	30	10	6	814,6	21,505	210	10	7	911,03	28,847
470	10	4	718,76	24,848	40	10	6	543,22	98,508	220	10	7	879,5	31,935
480	10	4	471,69	20,976	50	10	6	675,08	57,596	230	10	7	1046,8	36,317
490	10	4	540,47	33,697	60	10	6	699,15	26,621	240	10	7	992,46	66,224
500	10	4	408,56	20,918	70	10	6	723,21	18,894	250	10	7	1063,9	47,251
510	10	4	995,57	29,549	80	10	6	747,28	26,856	260	10	7	2394,7	31,995
10	10	5	589,58	27,099	90	10	6	771,34	40,281	270	10	7	1311,3	32,41
20	10	5	554,44	42,965	100	10	6	795,4	15,712	280	10	7	2134,9	30,213
30	10	5	518,4	35,339	110	10	6	819,47	90,466	290	10	7	1573,9	32,387
40	10	5	618,56	97,883	120	10	6	843,53	68,782	300	10	7	1337,8	20,275
50	10	5	462,14	23,838	130	10	6	867,59	78,27	310	10	7	1898,3	17,671
60	10	5	452,59	27,564	140	10	6	891,66	87,373	320	10	7	1291,9	25,812
70	10	5	421,14	16,163	160	10	6	1822,5	18,635	330	10	7	965,72	22,756
80	10	5	389,7	34,512	170	10	6	1236,6	48,779	340	10	7	1176	24,264
90	10	5	358,25	48,472	180	10	6	1308,7	24,651	350	10	7	1329,7	22,737
110	10	5	1351,1	73,823	190	10	6	644,15	49,857	360	10	7	232,84	27,029
120	10	5	726,36	34,931	200	10	6	567,54	77,008	370	10	7	428,13	22,753
130	10	5	722,98	89,871	210	10	6	733,05	31,105	380	10	7	2556,8	49,344
140	10	5	784,71	54,359	220	10	6	933,46	34,928	390	10	7	1545,3	22,067

IP	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
400	10	7	1697,6	84,916	190	10	9	1021,2	33,268	30	10	11	1379,5	61,051
410	10	7	1418,1	32,63	200	10	9	969,65	74,654	40	10	11	1211,7	87,299
420	10	7	1400,7	38,352	210	10	9	1115	44,388	70	10	11	1722,3	16,014
430	10	7	1797,8	64,803	220	10	9	1473,3	31,031	80	10	11	1659	20,64
440	10	7	1078,5	24,763	230	10	9	1302,2	39,733	90	10	11	1595,6	44,809
450	10	7	616,51	20,094	240	10	9	2303,7	60,078	100	10	11	1532,3	16,401
10	10	8	1003,4	41,897	250	10	9	1742,5	32,524	120	10	11	1405,6	36,851
20	10	8	651,79	34,314	260	10	9	2992,9	23,234	130	10	11	1342,3	43,196
30	10	8	540,22	76,515	270	10	9	2011,2	21,248	140	10	11	1278,9	42,576
40	10	8	428,66	50,499	280	10	9	1573,4	17,644	160	10	11	886,69	21,244
80	10	8	1822,2	27,77	290	10	9	2289,8	19,661	170	10	11	1113,4	78,119
90	10	8	1460,1	41,832	300	10	9	1544,8	25,772	180	10	11	1097,8	27,233
100	10	8	1098,1	16,55	310	10	9	1163,5	19,75	190	10	11	1293	36,218
110	10	8	736	36,011	320	10	9	1274,4	39,979	200	10	11	1610,8	66,769
170	10	8	745,82	44,46	330	10	9	1440,6	34,62	210	10	11	1472	31,136
180	10	8	632,51	30,1	340	10	9	281,98	50,777	220	10	11	3764,8	22,637
190	10	8	798,45	31,239	350	10	9	512,87	17,674	230	10	11	2124,7	24,201
200	10	8	934,16	36,822	360	10	9	3349,7	41,262	240	10	11	2663,5	25,738
210	10	8	933,88	30,604	370	10	9	1895,7	33,863	250	10	11	2459,9	19,744
220	10	8	1076,5	56,714	380	10	9	2070,9	35,558	260	10	11	1872,1	30,656
230	10	8	1401,5	57,657	390	10	9	1840	71,603	270	10	11	2750,9	24,202
240	10	8	916,88	33,655	400	10	9	1714,1	33,456	280	10	11	1876,1	23,689
250	10	8	2734,1	34,486	410	10	9	2312,4	25,206	290	10	11	1336,8	27,918
260	10	8	1480,9	54,975	60	10	10	3428,6	26,658	300	10	11	1514,9	55,385
270	10	8	2514,5	30,7	70	10	10	1970,4	13,85	310	10	11	1732,1	15,834
280	10	8	1856,3	17,205	90	10	10	858,08	33,551	320	10	11	322,69	82,863
290	10	8	1423,5	22,036	100	10	10	1895,7	12,57	330	10	11	570,04	65,506
300	10	8	2104,3	20,866	110	10	10	2933,3	90,744	340	10	11	3911,9	36,279
310	10	8	1422,8	16,118	120	10	10	2677,2	42,877	350	10	11	2204,2	39,837
320	10	8	1056,7	32,367	130	10	10	2706	48,449	360	10	11	2488	23,159
330	10	8	1176,4	31,536	140	10	10	2734,7	45,95	370	10	11	2138	26,397
340	10	8	1428,1	29,043	160	10	10	635,29	16,319	30	10	12	2303,6	31,681
350	10	8	253,43	24,274	170	10	10	879,25	43,38	40	10	12	3179,2	53,752
360	10	8	474,18	44,808	180	10	10	1066	44,993	50	10	12	2462,1	56,689
370	10	8	2940,8	16,845	190	10	10	1042,5	50,363	60	10	12	2656,4	17,573
380	10	8	1731,6	45,103	200	10	10	1195,6	35,67	70	10	12	2724,4	18,218
390	10	8	1882,7	63,873	210	10	10	1543	33,01	80	10	12	2355,3	33,956
400	10	8	1668,6	56,287	220	10	10	1364,7	52,104	90	10	12	3432,1	31,475
410	10	8	1527	34,489	230	10	10	3415,5	37,111	100	10	12	3300,5	13,734
420	10	8	2012,7	26,24	240	10	10	1571,8	24,077	110	10	12	3097,5	43,388
430	10	8	1282,9	39,184	250	10	10	3239,7	22,132	120	10	12	3172,5	25,37
10	10	9	798,65	66,286	260	10	10	2230,7	24,063	130	10	12	824,52	47,145
60	10	9	1569,5	22,147	270	10	10	1718,4	19,029	150	10	12	1598,2	77,8
70	10	9	2157,6	17,715	280	10	10	2498,1	20,639	160	10	12	1159,1	16,091
80	10	9	1744,7	34,5	290	10	10	1709,4	25,884	170	10	12	1152	48,596
90	10	9	1755,3	25,661	300	10	10	1227,2	30,384	180	10	12	1346	42,058
100	10	9	1765,8	14,701	310	10	10	1382,5	20,934	190	10	12	1799,5	33,936
110	10	9	1663,9	54,149	320	10	10	1621,1	98,705	200	10	12	1600,4	25,773
120	10	9	1782,1	18,156	330	10	10	298,15	22,247	210	10	12	3752,7	21,487
130	10	9	1790,6	89,962	340	10	10	562,1	46,289	220	10	12	2232,6	23,494
140	10	9	1799	35,983	350	10	10	3529,3	37,357	230	10	12	3792,6	21,384
150	10	9	1807,4	44,421	360	10	10	2102,1	33,143	240	10	12	2080,1	32,137
160	10	9	794,12	17,098	370	10	10	2253,4	35,885	250	10	12	2071,6	25,897
170	10	9	622,45	39,99	380	10	10	1980,8	24,331	260	10	12	2958,2	37,509
180	10	9	825,38	27,844	390	10	10	1917,8	41,544	270	10	12	2025,3	26,639

IP	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
280	10	12	1481,7	37,703	180	10	14	1754,6	21,208	140	10	16	1323,7	30,942
290	10	12	1632	19,244	190	10	14	4162,1	20,307	150	10	16	2795,1	23,76
300	10	12	1891,4	50,019	200	10	14	2324,9	33,842	160	10	16	1827,6	15,661
310	10	12	342,27	30,173	210	10	14	4017,9	24,362	170	10	16	4414	32,613
320	10	12	634,7	55,295	220	10	14	2964,2	36,11	180	10	16	2548,9	30,992
330	10	12	4034,6	73,62	230	10	14	2396,7	31,334	190	10	16	4327	29,006
340	10	12	2460,4	24,665	240	10	14	2903,3	98,786	200	10	16	3245,5	118,53
350	10	12	2600,3	28,456	250	10	14	2515,2	19,311	210	10	16	2653	18,801
10	10	13	1901,5	29,783	260	10	14	1793,5	73,329	220	10	16	4031,4	68,396
20	10	13	1867,1	29,665	270	10	14	1892,1	42,025	230	10	16	2901,9	55,227
30	10	13	3519,7	45,144	280	10	14	2162,7	29,06	240	10	16	1706,8	55,245
40	10	13	2761,7	33,397	290	10	14	401,81	48,96	250	10	16	2221	49,383
50	10	13	2319,7	97,471	300	10	14	705,44	26,249	260	10	16	2409,7	31,487
60	10	13	2328,2	26,336	310	10	14	4789,5	23,697	270	10	16	477,08	31,065
70	10	13	2465,6	15,498	10	10	15	4202,2	59,5	30	10	17	3059,5	40,201
80	10	13	3733,2	24,055	20	10	15	3289,7	37,054	40	10	17	4511,4	81,171
90	10	13	3362,5	29,207	30	10	15	2957,7	41,093	50	10	17	4188,1	98,972
100	10	13	2782,2	13,223	40	10	15	3028	42,624	60	10	17	2499,4	18,701
110	10	13	2816,6	47,378	50	10	15	2717,1	44,803	70	10	17	2473,5	16,081
130	10	13	698,41	91,379	60	10	15	4086,6	18,923	80	10	17	1060	31,864
150	10	13	1856,5	48,54	70	10	15	3847,2	15,397	90	10	17	862,41	31,556
160	10	13	1168,1	20,547	80	10	15	3718,7	33,568	100	10	17	1209,9	11,304
170	10	13	1462,8	44,526	90	10	15	3834,9	45,266	110	10	17	1454,4	29,65
180	10	13	1967,1	20,435	100	10	15	1019	13,072	120	10	17	1429	28,928
190	10	13	1688,4	22,814	110	10	15	778,33	53,917	130	10	17	1717,9	25,748
200	10	13	3852,7	26,892	130	10	15	1301,5	48,513	140	10	17	1324,3	26,09
210	10	13	2275,9	19,248	140	10	15	1215,2	31,988	150	10	17	2459,3	32,489
220	10	13	3854,2	29,68	150	10	15	2140,1	27,936	160	10	17	4490,5	17,391
230	10	13	2895,9	28,65	160	10	15	2027,1	13,929	170	10	17	2644,9	36,381
240	10	13	1778	39,782	170	10	15	1795,5	23,745	180	10	17	4606,9	58,036
250	10	13	3231,2	28,004	180	10	15	4256,4	26,114	190	10	17	3388,1	19,813
260	10	13	2289,4	85,455	190	10	15	2465,4	26,651	200	10	17	2784,4	96,287
270	10	13	1636,8	18,641	200	10	15	4085,3	42,493	210	10	17	4097	42,908
280	10	13	1789,3	35,175	210	10	15	3039,9	26,936	220	10	17	3022,9	48,408
290	10	13	1998	45,223	220	10	15	2554,6	78,868	230	10	17	2201,2	60,906
300	10	13	376,01	38,458	230	10	15	3883,3	20,871	240	10	17	1885,6	33,106
310	10	13	651,97	31,779	240	10	15	2226	82,867	250	10	17	2558,5	32,986
320	10	13	4335,3	33,1	250	10	15	1918,2	45,592	10	10	18	3421,5	37,143
330	10	13	2519,3	42,194	260	10	15	2070,3	50,877	20	10	18	3149	36,579
10	10	14	1980,6	41,407	270	10	15	2292,8	45,204	30	10	18	4734,1	68,37
20	10	14	3891,5	21,768	280	10	15	444,08	21,049	40	10	18	4487,5	37,192
30	10	14	3030,9	67,633	290	10	15	734,83	32,755	50	10	18	4084,4	56,417
40	10	14	2707,2	83,82	10	10	16	3377,6	37,984	60	10	18	4202,1	24,885
50	10	14	2759,5	50,389	20	10	16	1369,4	26,043	70	10	18	1207,9	15,558
60	10	14	2663,6	19,971	30	10	16	1208,5	37,275	80	10	18	937,45	17,546
70	10	14	3872,6	14,913	40	10	16	2888,7	38,183	90	10	18	1278,1	21,763
80	10	14	3589,9	22,535	50	10	16	4236,4	49,053	100	10	18	1574,1	11,566
90	10	14	3279,2	30,978	60	10	16	3976,7	26,207	110	10	18	1493	25,934
100	10	14	3354,5	16,273	70	10	16	2615,2	18,375	120	10	18	1546,2	11,574
110	10	14	902,66	92,232	80	10	16	2640,2	22,158	130	10	18	2228,1	34,499
130	10	14	992,19	53,534	90	10	16	1016	33,679	150	10	18	6022	36,314
140	10	14	1935,1	43,638	100	10	16	778,96	15,829	160	10	18	2728,1	23,843
150	10	14	1820,2	44,42	110	10	16	1121	48,704	170	10	18	4799,9	23,076
160	10	14	1561,9	13,584	120	10	16	1791,7	31,432	180	10	18	3645	52,171
170	10	14	1959,4	27,957	130	10	16	1355,8	29,498	190	10	18	2917,2	48,535

IP	DI	Niv	Rho	IP	IP	DI	Niv	Rho	IP	IP	DI	Niv	Rho	IP
200	10	18	4312,2	60,79	50	10	19	3454,2	50,52	130	10	19	1965,6	39,015
210	10	18	3092,9	46,235	60	10	19	1244,8	15,289	150	10	19	3730,9	23,057
220	10	18	2252,1	30,552	70	10	19	957,58	12,839	160	10	19	4937,3	22,771
230	10	18	2416,9	37,743	80	10	19	1343,7	18,212	170	10	19	3757,2	73,714
10	10	19	3312,6	60,096	90	10	19	1637,7	19,699	180	10	19	3066,1	39,682
20	10	19	5076,5	23,46	100	10	19	1630,8	12,693	190	10	19	4540	52,858
30	10	19	4771,6	45,084	110	10	19	1864,1	34,562	200	10	19	3169,1	35,053
40	10	19	3497,5	71,641	120	10	19	1377,6	17,901	210	10	19	2278,1	31,571

Profil 6227

IP	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
10	10	1	258,724	12,791	40	10	2	172,347	9,205	170	10	3	504,696	57,472
20	10	1	136,836	16,898	60	10	2	246,747	7,797	180	10	3	783,555	19,139
30	10	1	232,079	9,018	70	10	2	136,099	8,492	190	10	3	602,408	15,791
40	10	1	287,775	8,51	130	10	2	52,643	12,285	200	10	3	610,51	11,575
50	10	1	183,802	18,443	160	10	2	477,057	8,135	210	10	3	1371,5179	10,389
60	10	1	403,384	8,795	170	10	2	339,241	19,369	220	10	3	955,614	14,969
70	10	1	191,149	15,651	180	10	2	445,822	18,066	230	10	3	948,053	17,338
80	10	1	157,873	9,815	190	10	2	702,578	34,904	240	10	3	933,297	26,207
90	10	1	245,696	9,196	200	10	2	473,033	16,949	250	10	3	1240,193	15,38
100	10	1	208,178	14,489	210	10	2	459,594	9,078	260	10	3	1092,621	7,024
160	10	1	358,115	13,265	220	10	2	1031,079	10,309	270	10	3	869,483	9,79
170	10	1	255,187	25,536	230	10	2	714,763	16,923	280	10	3	688,011	18,001
180	10	1	384,446	10,774	240	10	2	690,572	31,317	290	10	3	1155,066	17,755
190	10	1	292,137	15,917	250	10	2	758,736	18,27	300	10	3	1695,202	19,858
200	10	1	471,173	16,104	260	10	2	865,78	13,472	310	10	3	1370,756	14,025
210	10	1	357,95	13,134	270	10	2	868,953	10,803	320	10	3	897,775	14,476
220	10	1	329,564	14,387	280	10	2	864,452	7,798	330	10	3	722,868	7,873
230	10	1	665,059	13,687	290	10	2	661,732	13,94	340	10	3	723,931	16,694
240	10	1	460,047	15,772	300	10	2	982,768	18,496	350	10	3	1682,766	32,524
250	10	1	583,993	17,823	310	10	2	1354,688	15,848	360	10	3	946,08	25,486
260	10	1	569,73	14,857	320	10	2	983,651	16,548	370	10	3	522,43	28,491
270	10	1	565,396	12,171	330	10	2	896,153	7,188	380	10	3	714,734	22,333
280	10	1	561,231	16,638	340	10	2	695,121	12,701	390	10	3	789,634	25,712
290	10	1	809,999	16,118	350	10	2	533,251	18,355	400	10	3	843,43	27,77
300	10	1	557,325	7,898	360	10	2	1241,161	22,495	410	10	3	876,411	41,334
310	10	1	1131,6331	12,744	370	10	2	703,157	36,931	420	10	3	687,89	23,425
320	10	1	963,514	15,589	380	10	2	416,197	20,793	430	10	3	612,009	37,928
330	10	1	853,699	7,648	390	10	2	627,358	22,511	440	10	3	768,039	48,798
340	10	1	644,316	14,256	400	10	2	555,377	30,969	450	10	3	1567,014	18,53
350	10	1	543,687	15,055	410	10	2	551,026	49,564	460	10	3	1540,36	22,331
360	10	1	441,659	15,813	420	10	2	603,42	77,345	470	10	3	1585,532	23,207
370	10	1	722,923	19,69	430	10	2	544,228	50,532	480	10	3	1072,098	30,462
380	10	1	499,372	19,067	440	10	2	582,334	19,575	490	10	3	971,853	14,157
390	10	1	319,094	28,099	450	10	2	739,987	43,28	500	10	3	837,777	37,447
400	10	1	358,834	28,339	460	10	2	1173,2679	64,418	510	10	3	1400,155	21,314
410	10	1	303,949	40,102	470	10	2	1112,189	17,269	520	10	3	1089,379	18,565
420	10	1	338,098	109,595	480	10	2	1183,1281	20,448	530	10	3	1190,563	17,603
430	10	1	328,337	63,686	490	10	2	963,029	13,802	20	10	4	213,78	10,038
440	10	1	324,757	47,227	500	10	2	734,461	24,501	30	10	4	303,648	9,327
450	10	1	423,841	60,578	510	10	2	633,797	26,003	40	10	4	341,871	8,131
460	10	1	653,728	21,774	520	10	2	1108,7531	17,384	70	10	4	325,91	9,396
470	10	1	1001,354	37,252	530	10	2	740,751	13,192	80	10	4	469,941	18,458
480	10	1	887,6	50,916	540	10	2	781,164	26,067	110	10	4	809,666	11,252
490	10	1	934,817	11,457	550	10	2	916,363	23,852	130	10	4	1340,722	10,115
500	10	1	578,314	17,979	10	10	3	578,506	17,321	150	10	4	752,491	56,93
510	10	1	443,468	23,714	20	10	3	466,312	11,76	160	10	4	611,212	12,182
520	10	1	399,902	14,082	30	10	3	423,043	18,801	170	10	4	759,215	19,24
530	10	1	724,447	14,463	40	10	3	236,246	8,057	180	10	4	705,429	12,547
540	10	1	555,176	23,456	50	10	3	244,345	13,243	190	10	4	775,763	20,31
550	10	1	587,795	16,432	60	10	3	227,154	7,824	200	10	4	1710,319	17,779
560	10	1	541,471	27,462	90	10	3	439,217	10,179	210	10	4	1145,519	10,54
570	10	1	307,604	36,459	120	10	3	334,786	11,562	220	10	4	1239,3149	13,578
10	10	2	233,088	11,939	130	10	3	309,773	11,337	230	10	4	1317,411	14,718
20	10	2	274,222	10,635	150	10	3	826,053	19,285	240	10	4	1421,03	9,243
30	10	2	235,519	11,743	160	10	3	544,846	11,714	250	10	4	1151,884	13,388

IP	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
260	10	4	864,391	14,349	380	10	5	1100,056	12,781	80	10	7	1752,694	13,291
270	10	4	751,073	11,54	390	10	5	1179,285	19,776	90	10	7	2008,21	19,64
280	10	4	1326,91	19,301	400	10	5	822,958	28,367	110	10	7	749,697	10,024
290	10	4	2149,4189	15,491	410	10	5	714,537	16,209	120	10	7	753,764	8,32
300	10	4	1489,745	16,969	420	10	5	1041,423	25,575	130	10	7	882,491	11,769
310	10	4	1050,873	16,857	430	10	5	2533,7271	23,558	150	10	7	1065,952	28,406
320	10	4	824,46	19,927	440	10	5	2406,7429	29,708	160	10	7	1256,979	11,616
330	10	4	826,921	9,65	450	10	5	2339,7141	28,091	170	10	7	2596,3091	21,428
340	10	4	2089,4961	18,035	460	10	5	1578,845	62,471	180	10	7	1980,1429	8,028
350	10	4	1164,6479	25,847	470	10	5	1153,392	20,882	190	10	7	1843,5	14,765
360	10	4	643,983	27,62	480	10	5	1058,074	60,511	200	10	7	1640,004	17,069
370	10	4	895,487	32,933	490	10	5	2122,167	17,183	210	10	7	1694,502	10,089
380	10	4	901,025	20,535	20	10	6	875,411	19,323	220	10	7	1434,198	15,324
390	10	4	1108,2729	22,919	50	10	6	423,164	30,15	230	10	7	1164,762	14,221
400	10	4	1081,181	15,097	60	10	6	779,677	10,878	240	10	7	890,559	26,094
410	10	4	745,343	32,544	90	10	6	1763,9659	11,77	250	10	7	1649,955	18,042
420	10	4	628,429	81,825	110	10	6	2644,6721	15,265	260	10	7	2558,24	17,957
430	10	4	904,44	17,49	120	10	6	705,106	10,738	270	10	7	1942,4091	16,783
440	10	4	2011,116	20,078	130	10	6	721,873	10,126	280	10	7	1503,0861	27,463
450	10	4	2006,104	26,786	150	10	6	1134,27	27,323	290	10	7	1302,328	27,142
460	10	4	1917,6121	34,682	160	10	6	987,663	12,615	300	10	7	1245,743	31,397
470	10	4	1350,998	24,258	170	10	6	895,589	28,583	310	10	7	2998,7849	25,75
480	10	4	1027,515	49,664	180	10	6	2464,355	17,747	320	10	7	1729,46	21,593
490	10	4	946,237	12,941	190	10	6	1734,532	17,218	330	10	7	1054,7419	8,994
500	10	4	1759,389	43,216	200	10	6	1777,1949	7,613	340	10	7	1492,417	11,679
510	10	4	1423,575	36,96	210	10	6	1588,78	8,719	350	10	7	1312,5291	21,905
10	10	5	288,542	12,656	220	10	6	1557,77	14,477	360	10	7	1202,002	25,552
20	10	5	377,14	10,071	230	10	6	1251,979	16,126	370	10	7	1180,371	13,904
70	10	5	636,616	13,017	240	10	6	968,564	32,815	380	10	7	944,363	13,025
90	10	5	1292,076	13,445	250	10	6	975,951	14,813	390	10	7	985,954	15,195
120	10	5	1757,896	10,381	260	10	6	1555,978	13,428	400	10	7	1476,9351	20,037
130	10	5	731,271	15,412	270	10	6	2310,948	12,067	410	10	7	3351,345	22,176
150	10	5	731,188	19,185	280	10	6	1821,665	24,073	420	10	7	3286,2539	78,838
160	10	5	998,869	9,124	290	10	6	1412,009	34,664	430	10	7	3164,6709	21,15
170	10	5	694,26	27,509	300	10	6	1148,171	28,602	440	10	7	2142,322	57,541
180	10	5	913,994	20,206	310	10	6	1106,152	22,527	450	10	7	1717,871	41,455
190	10	5	2057,7271	20,916	320	10	6	2587,728	23,585	30	10	8	686,909	13,757
200	10	5	1433,788	15,851	330	10	6	1526,605	9,337	40	10	8	1093,314	7,401
210	10	5	1504,635	9,509	340	10	6	945,08	17,827	70	10	8	2182,1909	16,668
220	10	5	1542,411	7,051	350	10	6	1363,264	26,4	90	10	8	3471,6931	11,74
230	10	5	1475,829	12,898	360	10	6	1233,449	14,258	100	10	8	3475,571	14,853
240	10	5	1084,618	29,427	370	10	6	1166,782	23,806	110	10	8	833,802	11,684
250	10	5	933,349	16,887	380	10	6	1091,778	20,891	120	10	8	903,327	11,105
260	10	5	848,088	15,166	390	10	6	931,422	12,416	130	10	8	1481,455	11,997
270	10	5	1527,809	10,533	400	10	6	855,995	15,428	150	10	8	1415,921	21,341
280	10	5	2191,4021	16,564	410	10	6	1303,3521	21,308	160	10	8	3315,8679	6,476
290	10	5	1662,032	19,047	420	10	6	2838,9021	39,154	170	10	8	1892,875	17,762
300	10	5	1228,843	25,563	430	10	6	2796,95	25,829	180	10	8	1948,698	19,281
310	10	5	989,81	28,123	440	10	6	2774,7891	47,723	190	10	8	1787,4771	19,172
320	10	5	947,058	21,892	450	10	6	1856,24	22,708	200	10	8	1896,998	18,266
330	10	5	2298,9241	8,918	460	10	6	1437,679	80,726	210	10	8	1618,105	9,308
340	10	5	1386,0959	19,168	470	10	6	1259,635	35,826	220	10	8	1164,9871	13,56
350	10	5	783,563	29,429	10	10	7	650,419	14,788	230	10	8	1004,617	17,181
360	10	5	1157,3719	24,593	40	10	7	577,15	11,528	240	10	8	1699,312	48,022
370	10	5	1086,827	29,141	70	10	7	5875,7031	10,617	250	10	8	2755,905	31,544

IP	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
260	10	8	2071,126	19,5	20	10	10	1332,854	13,667	280	10	11	2039,47	27,598
270	10	8	1624,037	14,694	70	10	10	4337,1401	12,456	290	10	11	1076,243	13,579
280	10	8	1427,116	30,05	80	10	10	952,573	14,455	300	10	11	1717,265	15,531
290	10	8	1401,906	31,113	90	10	10	1040,7629	14,399	310	10	11	1561,618	15,206
300	10	8	3432,6509	28,133	100	10	10	1823,931	22,772	320	10	11	1532,4041	16,809
310	10	8	1993,589	22,965	110	10	10	1851,551	10,584	330	10	11	1527,458	7,604
320	10	8	1079,86	13,186	120	10	10	1542,176	6,065	340	10	11	1215,308	17,962
330	10	8	1515,011	8,461	130	10	10	1681,713	9,691	350	10	11	1182,205	15,211
340	10	8	1329,578	18,101	150	10	10	2409,613	24,438	360	10	11	1901,936	27,753
350	10	8	1322,873	13,241	160	10	10	2415,9331	12,87	370	10	11	4783,772	23,324
360	10	8	1309,829	14,557	170	10	10	2113,249	20,358	30	10	12	3524,769	14,272
370	10	8	1048,365	17,479	180	10	10	2213,1089	17,703	60	10	12	1235,03	9,755
380	10	8	1003,645	16,173	190	10	10	1788,756	20,655	70	10	12	1252,809	11,243
390	10	8	1630,161	15,631	200	10	10	1400,561	22,5	80	10	12	1433,871	6,912
400	10	8	3697,083	27,991	210	10	10	1218,688	13,909	90	10	12	2256,9231	11,187
410	10	8	3695,3369	19,293	220	10	10	2044,699	19,844	100	10	12	2209,6721	26,443
420	10	8	3645,248	110,537	230	10	10	3078,1069	23,106	110	10	12	1942,634	11,325
430	10	8	2482,7339	36,608	240	10	10	2214,9309	74,824	120	10	12	4351,3462	11,315
20	10	9	792,836	9,05	250	10	10	1845,335	28,558	130	10	12	2995,272	10,422
30	10	9	1210,5	11,948	260	10	10	1679,307	19,247	150	10	12	2365,6201	28,002
60	10	9	4393,187	10,167	270	10	10	1677,917	14,873	160	10	12	2637,49	14,865
80	10	9	3684,793	10,053	280	10	10	3819,6699	14,874	170	10	12	2035,527	74,688
90	10	9	936,693	14,045	290	10	10	2127,5559	22,749	180	10	12	1651,089	30,693
100	10	9	1877,714	28,13	300	10	10	1091,516	28,748	190	10	12	1432,196	30,531
110	10	9	1006,369	11,891	310	10	10	1598,191	12,431	200	10	12	2372,7749	27,7
120	10	9	1647,423	10,319	320	10	10	1429,408	13,435	210	10	12	3682,012	13,278
130	10	9	1451,875	10,692	330	10	10	1494,947	7,502	220	10	12	2693,6541	19,591
150	10	9	3377,6389	17,7	340	10	10	1502,2629	14,454	230	10	12	2082,106	23,567
160	10	9	2239,3	12,254	350	10	10	1179,123	16,953	240	10	12	1759,308	21,286
170	10	9	1901,516	25,654	360	10	10	1117,286	24,821	250	10	12	1721,23	21,263
180	10	9	2014,084	20,833	370	10	10	1752,681	16,097	260	10	12	3707,8391	19,549
190	10	9	2156,355	16,516	380	10	10	4237,96	22,426	270	10	12	2080,783	9,598
200	10	9	1659,506	15,808	390	10	10	4766,8271	19,411	280	10	12	1110,3361	15,196
210	10	9	1245,205	10,495	10	10	11	1448,1021	47,451	290	10	12	1836,385	16,939
220	10	9	1128,7271	18,208	40	10	11	4591,1309	8,247	300	10	12	1631,259	20,226
230	10	9	1856,307	28,999	70	10	11	1024,155	12,705	310	10	12	1626,95	15,626
240	10	9	2764,019	60,445	80	10	11	1137,9301	13,163	320	10	12	1544,4301	21,786
250	10	9	2208,196	24,662	90	10	11	1149,3409	12,514	330	10	12	1218,564	7,236
260	10	9	1732,246	20,825	100	10	11	2776,075	8,897	340	10	12	1276,0601	19,247
270	10	9	1564,849	15,85	110	10	11	1634,1591	9,639	350	10	12	2094,9441	21,536
280	10	9	1542,665	27,048	120	10	11	1787,59	10,826	20	10	13	3613,303	14,942
290	10	9	3802,866	27,73	130	10	11	4036,199	11,422	30	10	13	3818,646	14,612
300	10	9	2098,8279	15,202	150	10	11	2619,2639	20,288	40	10	13	8291,2627	10,233
310	10	9	1102,752	19,742	160	10	11	2340,7471	11,612	50	10	13	8401,9854	21,292
320	10	9	1490,3199	21,982	170	10	11	2153,8401	28,139	60	10	13	1366,226	5,845
330	10	9	1334,229	6,75	180	10	11	1947,6949	27,164	70	10	13	1366,891	10,149
340	10	9	1430,36	11,883	190	10	11	1519,6801	40,424	80	10	13	2392,8711	13,948
350	10	9	1443,934	16,445	200	10	11	1315,526	25,519	90	10	13	1913,006	13,594
360	10	9	1109,915	18,591	210	10	11	2166,3379	12,456	100	10	13	2570,1599	29,217
370	10	9	1078,9091	18,054	220	10	11	3363,2461	21,213	110	10	13	4796,0991	10,337
380	10	9	1659,135	20,705	230	10	11	2427,802	26,527	120	10	13	3089,562	10,336
390	10	9	4037,5601	14,147	240	10	11	1907,203	58,387	130	10	13	3017,541	11,942
400	10	9	4216,9482	31,034	250	10	11	1748,719	25,664	150	10	13	2801,0759	73,677
410	10	9	4106,085	31,605	260	10	11	1735,23	12,279	160	10	13	2381,272	15,926
10	10	10	881,049	18,068	270	10	11	3792,3501	13,432	170	10	13	1706,709	46,457

IP	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP	PE	DI	Niv	Rho	IP
180	10	13	1565,502	33,896	110	10	15	3529,51	16,355	120	10	17	3245,396	13,514
190	10	13	2607,2371	35,719	120	10	15	3276,282	13,623	130	10	17	2498,5049	14,742
200	10	13	3966,696	24,649	130	10	15	3365,217	14,544	150	10	17	3168,4121	35,679
210	10	13	2887,1819	12,595	150	10	15	2101,3999	59,292	160	10	17	4554,6211	15,993
220	10	13	2135,575	12,408	160	10	15	1896,703	15,776	170	10	17	2929,417	17,288
230	10	13	1820,635	20,133	170	10	15	2953,261	48,235	180	10	17	2309,4399	16,156
240	10	13	1626,489	60,996	180	10	15	4259,8052	15,789	190	10	17	2078,314	18,23
250	10	13	3748,219	13,045	190	10	15	2881,698	25,728	200	10	17	1955,624	18,619
260	10	13	2127,0649	12,49	200	10	15	2094,293	25,634	210	10	17	4006,198	10,02
270	10	13	1157,25	11,182	210	10	15	1897,652	8,605	220	10	17	2224,6899	19,768
280	10	13	1864,692	19,649	220	10	15	1762,922	12,646	230	10	17	1098,625	14,323
290	10	13	1693,933	17,469	230	10	15	3954,957	15,48	240	10	17	1937,845	75,689
300	10	13	1677,934	28,424	240	10	15	2044,405	33,78	250	10	17	1873,053	21,002
310	10	13	1608,2841	14,126	250	10	15	1120,6591	16,59	10	10	18	1834,689	18,994
320	10	13	1269,804	23,702	260	10	15	1949,605	19,388	20	10	18	1682,9301	13,587
330	10	13	1322,813	8,416	270	10	15	1724,071	10,577	30	10	18	3229,1931	14,47
10	10	14	3707,4021	25,949	280	10	15	1819,682	30,174	40	10	18	2739,76	12,745
20	10	14	2997,3511	13,528	290	10	15	1817,463	22,386	50	10	18	4445,9092	73,58
30	10	14	6753,5518	12,687	20	10	16	1627,089	14,35	70	10	18	4585,646	15,619
40	10	14	1403,3979	5,978	30	10	16	1586,061	13,774	80	10	18	4366,3799	20,229
50	10	14	4028,865	17,691	40	10	16	1738,907	11,222	90	10	18	4122,1499	20,042
60	10	14	1305,016	10,2	50	10	16	5002,6729	20,238	100	10	18	4464,605	47,799
70	10	14	2622,481	12,082	60	10	16	2351,8879	9,797	110	10	18	3448,3101	14,556
80	10	14	2141,115	14,808	70	10	16	2577,363	12,66	120	10	18	2577,4221	9,668
90	10	14	2356,9551	12,175	80	10	16	5806,9702	17,466	130	10	18	2107,04	13,26
100	10	14	6087,2549	22,721	90	10	16	3971,6069	21,521	150	10	18	4315,498	17,268
110	10	14	3313,771	11,835	100	10	16	4194,1431	49,203	160	10	18	3274,124	10,944
120	10	14	3270,2981	12,823	110	10	16	3525,614	14,374	170	10	18	2333,405	23,027
130	10	14	3054,5271	16,572	120	10	16	3588,0701	14,261	180	10	18	2269,416	21,287
150	10	14	2495,2339	46,01	130	10	16	3012,8999	15,687	190	10	18	2055,719	18,815
160	10	14	1965,984	16,809	150	10	16	1977,118	47,779	200	10	18	4079,697	24,886
170	10	14	1633,868	59,994	160	10	16	3220,5759	10,757	210	10	18	2253,9131	9,369
180	10	14	2840,6279	30,138	170	10	16	4068,468	36,004	220	10	18	1192,2841	21,331
190	10	14	4204,5601	31,281	180	10	16	2931,5449	30,849	230	10	18	2093,5911	19,93
200	10	14	2926,7261	14,267	190	10	16	2209,686	14,411	10	10	19	1944,682	25,716
210	10	14	2128,0879	11,531	200	10	16	1969,639	14,566	20	10	19	3753,335	18,211
220	10	14	1851,024	19,922	210	10	16	1875,774	9,849	30	10	19	2934,095	21,738
230	10	14	1743,516	12,618	220	10	16	3922,2329	15,6	40	10	19	3317,2051	13,504
240	10	14	3803,7771	21,908	230	10	16	2164,595	15,909	60	10	19	4909,0171	13,245
250	10	14	2197,606	16,119	240	10	16	1096,66	59,49	70	10	19	4660,9741	16,94
260	10	14	1142,985	15,364	250	10	16	1951,214	14,887	80	10	19	4412,9849	18,753
270	10	14	1938,4611	11,401	260	10	16	1796,8979	20,874	90	10	19	4423,1519	18,493
280	10	14	1694,485	27,297	270	10	16	1925,741	13,324	100	10	19	3828,8101	19,727
290	10	14	1757,434	15,6	10	10	17	1700,24	22,638	110	10	19	2588,1841	13,096
300	10	14	1709,744	31,575	20	10	17	1686,171	15,327	120	10	19	2108,5959	13,69
310	10	14	1371,566	19,459	30	10	17	1929,218	12,3	130	10	19	3349,533	9,578
30	10	15	1480,248	11,308	40	10	17	3031,2859	10,252	150	10	19	3333,666	22,931
40	10	15	1478,575	10,733	50	10	17	3811,429	28,022	160	10	19	2534,7971	13,095
50	10	15	3258,106	25,552	60	10	17	2967,825	11,993	170	10	19	2257,554	23,982
60	10	15	2976,554	10,651	70	10	17	6174,8608	17,982	180	10	19	2048,166	30,474
70	10	15	2333,082	10,971	80	10	17	4264,2852	18,979	190	10	19	4155,417	16,613
80	10	15	2398,292	13,166	90	10	17	4089,3101	18,212	200	10	19	2348,8091	27,827
90	10	15	5391,2031	14,31	100	10	17	4064,0349	58,213	210	10	19	1230,7159	11,498
100	10	15	4155,3208	40,603	110	10	17	3862,8821	15,49					

ANNEXE 6 : Résistivité des roches et des minéraux

La résistivité électrique est la propriété physique qui montre les plus forts contrastes en géophysique. Par exemple, l'argent natif présente une résistivité de $1.6 \times 10^{-8} \Omega m$, alors que celle du soufre est de $10^{16} \Omega m$. On distingue trois grandes classes de conducteurs :

- $10^8 - 1 \Omega m$: bon conducteurs,
- $1 - 10^7 \Omega m$: conducteurs intermédiaires,
- $10^7 - \infty$: faibles conducteurs.

Résistivités de différentes roches (Michel Chouteau et Bernard Giroux)

type de roche	Gamme de résistivité (Ωm)	type de roche	Gamme de résistivité (Ωm)
Granité	$3 \times 10^{-1} - 10^0$	Ardoises	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Granité porphyre	4.5×10^3 (humide) - 1.3×10^6 (sec)	Gneiss (divers)	6.8×10^4 (humide) - 3×10^6 (sec)
Feldspath porphyre	4×10^3 (humide)	Marbre	$10^3 - 2.5 \times 10^8$ (sec)
Albite	3×10^3 (humide) - 3.3×10^3 (sec)	Skarn	2.5×10^2 (humide) - 2.5×10^8 (sec)
Syénite	$10^2 - 10^6$	Quartzites (diverses)	$10 - 2 \times 10^8$
Diorite	$10^4 - 10^8$	Shales consolidés	$20 - 2 \times 10^3$
Diorite porphyre	1.9×10^3 (humide) - 2.8×10^4 (sec)	Argilites	$10 - 8 \times 10^2$
Porphyrite	5×10^4 (humide) - 3.3×10^3 (sec)	Conglomérés	$2 \times 10^3 - 10^4$
Porphyre Carbonate	2.5×10^3 (humide) - 6×10^4 (sec)	Grès	$1 - 6.4 \times 10^8$
Quartz porphyre	$3 \times 10^2 - 9 \times 10^8$	Calcaires	$50 - 10^7$
Quartz diorite	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (humide) - 1.8×10^5 (sec) $60 - 10^4$	Dolomie	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Porphyre (divers)	$60 - 10^4$	Argile humide non consolidée	20
Dacite	2×10^4 (humide)	Marnes	3-70
Andésite	4.5×10^4 (humide) - 1.7×10^3 (sec)	Argiles	1-100
Diabase porphyre	10^3 (humide) - 1.7×10^4 (sec)	Alluvions et sables	10-800
Diabase (divers)	$20 - 5 \times 10^7$	Sables bitumineux	4-800
Laves	$10^2 - 5 \times 10^4$	Péridotite	3×10^3 (humide) - 6.5×10^3 (sec)
Gabbro	$10^3 - 10^6$	Olivine norite	$10^3 - 6 \times 10^4$ (humide)

Résistivités de différentes roches en fonction de la teneur en eau

roche	% H2O	$\rho\Omega\text{m}$	roche	% H2O	$\rho\Omega\text{m}$
Pélite	0.54	1.5×10^4	Péridotite	0	1.8×10^7
Pélite	0.44	8.4×10^6	Pyrophyllite	0.76	6×10^6
Pélite	0.38	5.6×10^8	Pyrophyllite	0.72	5×10^7
Pélite à grain grossier	0.39	9.6×10^5	Pyrophyllite	0.7	2×10^8
Pélite à grain grossier	0.18	10^8	Pyrophyllite	0	10^{11}
Pélite à grain moyen	1.0	4.2×10^3	Granite	0.31	4.4×10^3
Pélite à grain moyen	1.67	3.2×10^6	Granite	0.19	1.8×10^6
Pélite à grain moyen	0.1	1.4×10^8	Granite	0.06	1.3×10^8
Grauwacke	1.16	4.7×10^3	Granite	0	10^{10}
Grauwacke	0.45	5.8×10^4	Diorite	0.02	5.8×10^5
Grès feldspathique	1.26	10^3	Diorite	0	6×10^6
Grès feldspathique	1.0	1.4×10^3	Basalte	0.95	4×10^4
Calcaire organique	11	0.6×10^3	Basalte	0.49	9×10^5
Dolomie		5.3×10^3	Basalte	0.26	3×10^7
Dolomie	1.3	6×10^3	Basalte	0	1.3×10^8
Dolomie	0.96	8×10^3	Olivine-pyrox.	0.028	2×10^4
Péridotite	0.1	3×10^3	Olivine-pyrox.	0.014	4×10^5
Péridotite	0.03	2×10^4	Olivine-pyrox.	0	5.6×10^7
Péridotite	0.016	10^6			

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	ii
LISTE DES ACRONYMES	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES PHOTOS	vii
LISTE DES ORGANIGRAMMES.....	viii
LISTES DES ANNEXES.....	ix
INTRODUCTION.....	1
Chapitre 1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	2
1.1. Situation géographique de la zone d'étude	2
1.1.1. Localisation.....	2
1.1.2. Hydrographie et climat	3
1.1.3. Population	3
1.1.4. Agriculture et élevage	4
1.1.5. Pédologie.....	4
2.1. Cadre géologique.....	5
2.1.1. Pétrographie et pétrologie de la zone d'étude.....	5
2.1.3. Historique de la zone aurifère de Maevatanana.....	6
Chapitre 2. METALLOGENIE DE L'OR	7
2.1- Généralités.....	7
2.2. Formations des gites aurifères	9
2.2.1. Gîtes primaires	9
2.2.2. Gîtes secondaires.....	12
2.3. Propriétés géochimiques des éléments	13

2.3.1	Affinité chimique des éléments.....	13
2.3.2.	Potentiel redox des éléments	14
2.3.3.	Potentiel ionique des éléments	16
2.3.4.	Affinité chimique de l'or.....	17
Chapitre 3. METHODOLOGIE.....		18
3.1.	La MNT.....	18
3.2.	La télédétection	18
3.2. 1.	Application de la télédétection sur la géologie	18
3.2.2.	Les matériels et les données utilisées.....	19
3.2.3.	Les caractéristiques de l'image satellitale Landsat 7 ETM+ :.....	19
3.2.4.	Méthode de traitement des images satellitales.....	20
3.2.4.1.	Composition colorée.....	20
3.2.3.2.	Analyse en composantes principales	21
3.2.3.3.	Les techniques de filtrage spatial.....	21
3.3.	La cartographie détaillée	24
3.4.	La méthode géophysique.....	27
3.4.1.	Généralités	27
3.4.2	La méthode électrique de polarisation provoqué (PP).....	27
3.4.2.1.	La résistivité électrique et la polarisation induite.....	28
3.4.2.2.	Intérêt de la méthode PP dans la prospection aurifère.....	29
3.4.2.3.	Dispositif utilisé.....	29
3.4.2.4.	Installation de l'appareil géophysique.....	31
3.4.2.5.	Mesures.....	32
3.4.2.6.	Méthode de traitement des données géophysiques.....	32
Chapitre 4. TRAITEMENTS ET INTERPRETATIONS.....		35
4.1.	Traitement par MNT	35
4.2.	Traitements des images satellitales	35
4.2.1.	Effets des composantes colorées.....	36

4.2.2.	Effets de l'analyse en composantes principales (ACP)	39
4.2.3.	Effets des techniques de filtrage spatial	42
4.2.4.	Interprétations tectono-structurales.....	45
4.2.5.	Application du SIG	48
4.2.6.	Interprétations de la carte.....	49
4.2.6.1.	Les formations archéennes	50
4.2.6.2.	Les formations précambriennes.....	50
4.3.	Traitements des données de terrain	51
4.3.1.	La cartographie sur terrain du secteur d'étude.....	51
4.3.2.	Traitements et interprétations des résultats de la géophysique électrique de PP... 54	
4.4.	Modèle de la concentration aurifère.....	64
4.4.1.	Origine de minéralisation.....	66
4.4.2.	Mode de précipitation de l'or :.....	67
4.5.	Les zones favorables pour les gîtes aurifères	69
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS		70
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		72

Auteur:

RAKOTOBE Safidy Nambinintsoa

Adresse: Lot III G 22 Antoabe Ambohimahasoa 305

E-mail : onyx.alpha@hotmail.fr

Contact: 0348949433

Titre : « Apport de la télédétection et de la géophysique Polarisation Provoquée dans l'étude des prospectes aurifères de Beanana-Maevatanàna, Région Betsiboka »

Nombre de pages : 74

Nombre de tableaux : 5

Nombre de figures : 37

RESUME

Le District de Maevatanàna, située au Nord-Ouest de Madagascar, est connue pour ses potentialités en ressources aurifères. L'or se trouve dans des terrains alluvionnaires qui sont les résultats de l'altération des roches primaires.

Les gisements alluvionnaires sont les plus exploités par les gens locaux. La présence des indices alluvionnaires ne serait pas suffisante pour justifier une exploitation industrielle. Le MNT, la télédétection, la cartographie sur terrain et l'exploration par méthode électrique de polarisation provoquée permettent de définir les critères favorables à la mise en place des concentrations aurifères dans les gîtes primaires. Les résultats obtenus permettent d'établir un modèle qui peut être utilisé comme guide de prospection pour les travaux de recherches aurifères dans toute la région de Maevatanàna.

Dans ce présent mémoire, nous avons essayé de définir les roches hôtes et les zones favorables à la concentration minérale.

Mots clés : Maevatanàna, or, CRV, MNT, télédétection, polarisation provoquée, hydrothermalisme.

ABSTRACT

The District of Maevatanàna, in the North-West of Madagascar, is known for its potentialities in gold resources. Gold is in alluvial grounds which are the results of the deterioration of the primary rocks.

The alluvial deposits are exploited by local people. The presence of the alluvial indices would not be sufficient to justify an industrial operation. The MNT, the remote sensing, the cartography and the exploration by electric method of induced polarization make it possible to define the favorable criteria to the primary gold concentrations. The results obtained make it possible to establish a model which can be used to the exploration guides for the tasks of gold research throughout the Maevatanàna region.

In this dissertation, we tried to define the rocks hosts and the favorable zones to the mineral concentration.

Key words: Maevatanàna, gold, CRV, MNT, remote sensing, induced polarization, hydrothermalism.

Directeur de mémoire : Professeur RASOLOMANANA Eddy