

## TABLE DES MATIERES

Liste des figures	i
Liste des annexes	ii
Liste des acronymes	iii
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : CONTEXTE GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE	
I.1. Contexte administratif du Fokontany de Viliahazo	2
I.1.1- Contexte géographique	2
I.1.2- Contexte socio-économique	3
I.2. Contexte physique	5
I.2.1 Contexte géomorphologique	5
I.2.2 Contexte géologique	6
I.2.3 Contextes hydrologique et hydrogéologique	10
I.2.3.1 Réseau hydrographique	10
I.2.3.2 Aperçu hydrogéologique	10
I.2.4 Données climatiques	11
DEUXIEME PARTIE : RAPPELS METHODOLOGIQUES ET ACQUISITION DES DONNEES	
I.1. Rappels de notions essentielles en hydrogéologie	14
II.1.1 La nappe souterraine	14
II.1.1.1 Condition d'existence des nappes	14
II.1.1.2 Trois types d'aquifère	15
II.1.2 Notion de porosité et de chargeabilité	16
II.2. Rappel de méthode d'approche en prospection géophysique d'eau souterraine	17
II.2.1 Documentation	17
II.2.1.1 Etude cartographique	17
II.2.1.2 Intérêt de la géologie	18
II.2.1.3 Intérêt du contexte hydrogéologique	18
II.2.1.4 Photo interprétation	18
II.2.2 Phase de reconnaissance	21
II.2.3 Etude de faisabilité	22
II.3 Réalisation de la prospection géophysique proprement dite	23
II.3.1 Sondage électrique	23
II.3.1.1 Principe	23
II.3.1.2 Mise en œuvre du sondage électrique avec dispositif Schlumberger	25
II.3.1.3 Interprétation	26
II.3.2 Panneau électrique	26
II.3.2.1 Principe	27
II.3.2.2 Mise en œuvre	27

---

## TROISIEME PARTIE : INTERPRETATION ET RESULTATS

III.1 Interprétation de la photographie aérienne	32
III.2 Sondage	33
III.2.1 Sondage électrique n°1	33
III.2.2 Sondage électrique n°2	35
III.3 Les coupes géoélectriques	37
III.3.1 Panneaux électriques avec le rouleau de fil de 155m	38
III.3.1.1.Panneau électrique P1	38
III.3.1.2 Panneau électrique P2	40
III.3.1.3 Panneau électrique P3	42
III.3.1.4 Panneau électrique P4	44
III.3.2 Panneau avec le rouleau de fil de 310m	46
III.3.2.1 Panneau électrique P5	46
III.3.2.2 Panneau électrique P6	48
CONCLUSION	51
ANNEXES	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

## Liste des figures

Figure 1: Carte de localisation du site .....	3
Figure 2: Photographie aérienne de Viliahazo .....	6
Figure 3: Carte géologique d'Antananarivo Avaradrano .....	9
Figure 4: Variation des précipitations mensuelles .....	11
Figure 5 : Variation des températures mensuelles entre 2004 et 2008.....	12
Figure 6: Subdivision en saison sèche et humide dans l'année.....	13
Figure 7: Caractéristique d'un aquifère à nappe libre .....	15
Figure 8: Caractéristique d'un aquifère à nappe captive.....	15
Figure 9: Caractéristique d'une nappe semi –captive .....	16
Figure 10 : Plan de masse du site de Viliahazo.....	23
Figure 11: Principe de sondage électrique avec le dispositif Schlumberger.....	24
Figure 12 : Dispositif Schlumberger .....	25
Figure 13: Profondeur d'investigation avec écartement de AB .....	25
Figure 14: Arrangement des électrodes pour une acquisition en dispositif Wenner.....	27
Figure 15 : Disposition des matériels pour le panneau électrique .....	29
Figure 16: Profil géophysique en résistivités apparentes .....	31
Figure 17: Profil géophysique en chargeabilité.....	31
Figure 18: Linéaments dans la vallée de Viliahazo.....	31
Figure 19: Position du sondage électrique n°1 .....	33
Figure 20 : Courbe de sondage n°1 .....	33
Figure 21 : Position du sondage électrique n°2.....	35
Figure 22: Courbe de sondage n°2 .....	35
Figure 23: Position du profil géoélectrique P1 .....	37
Figure 24: Coupes géoélectriques du panneau P1 .....	38
Figure 25 : Position du profil géoélectrique P2.....	39
Figure 26: Coupes géoélectriques du panneau 2 .....	40
Figure 27: Position du profil géoélectrique P3.....	41
Figure 28: Coupes géoélectriques du panneau P3.....	42
Figure 29: Position du profil géoélectrique P4.....	43
Figure 30: Coupes géoélectriques du panneau P4.....	44
Figure 31: Position du profil géoélectrique P5.....	45
Figure 32: Coupes géoélectriques du panneau P5.....	46
Figure 33: Position du profil géoélectrique P6.....	47
Figure 34: Coupes géoélectriques du panneau P6.....	48

## Liste des annexes

Annexe 1: DONNEES CLIMATIQUES.....	I
Annexe 2: FEUILLE DE MESURES SONDAGE S1 .....	IV
Annexe 3: FEUILLE DE MESURE S2 .....	V
Annexe 4: EXEMPLE RESULTATS DE MESURE D'UN PANNEAU ELECTRIQUE.....	VI

## **LISTE DES ACRONYMES**

BD : Bases de Données

ITE : Imagerie par Tomographie Electrique

IOGA : Institut et Observatoire de Géophysique d'Antananarivo

MSTGA : Maîtrise des Sciences et Techniques en Géophysique Appliquée

PA : Photographie Aérienne

GPS : Global Positionning System

PCD : Plan Communal de Développement

CSB I : Centre de Santé de Base niveau I

## INTRODUCTION

Sur notre planète terre, selon la statistique d'un ONG « ACTION CONTRE LA FAIM » dirigé par Eric Drouart et Jean-Michel Vouillamoz, on constate la mauvaise répartition de l'eau. Les 97,25% sont localisés dans les mers et les océans, 2,05% dans la calotte glaciaire (cryosphère), 0,68% dans les eaux souterraines, 0,01% dans les lacs, 0,0001% dans les rivières. En plus, moins de 0,1% de l'eau présente sur terre est susceptible d'être consommée (eau potable) et encore emmagasinée à l'intérieur de la terre. Des problèmes se posent sur la localisation et l'exploitation des nappes souterraines.

A Madagascar, en 2007, le taux d'accès en eau potable est de 38%. C'est pour cela qu'actuellement, de nombreux projets d'exploitation d'eau souterraine sont en cours de réalisation pour atteindre l'Objectif du Millénaire pour le Développement. On cherche à doubler l'accès en eau potable d'ici à 2012.

Comme dans plusieurs régions, surtout en milieu rural, le Fokontany de Viliahazo, Commune Rurale de Viliahazo, District d'Antananarivo Avaradrano, Région Analamanga, fait partie des zones où l'accès à l'eau potable est déficitaire. L'alimentation en eau potable de la population de ce village est assurée par l'existence de deux puits qui ne peuvent pas satisfaire leurs besoins en eau surtout en période d'étiage.

C'est pour ces raisons que l'équipe de l'IOGA est venue effectuer une prospection géophysique pour recherche d'eau souterraine dans le village de Viliahazo cette année 2009 pour aider les villageois à résoudre ce problème d'eau potable et pour participer au développement du pays surtout en milieu rural. Mais aussi cette activité entre dans le cadre de la réalisation du mémoire de fin d'études en MSTGA. L'objectif de la présente étude est de localiser de point d'implantation de puits. La méthode utilisée est la méthode électrique.

La première partie se consacre à la description du contexte général de la zone d'étude, la deuxième partie traite des rappels méthodologiques et acquisition des données, et la troisième l'interprétation et les résultats.

PREMIERE PARTIE

CONTEXTE GENERAL  
DE LA ZONE D'ETUDE

Rapport-Gratuit.com

Pour la description du contexte général de la zone d'étude, on va décrire en premier le contexte administratif et en deuxième partie le contexte physique.

### **I.1- CONTEXTE ADMINISTRATIF DU FOKONTANY DE VILIAHAZO**

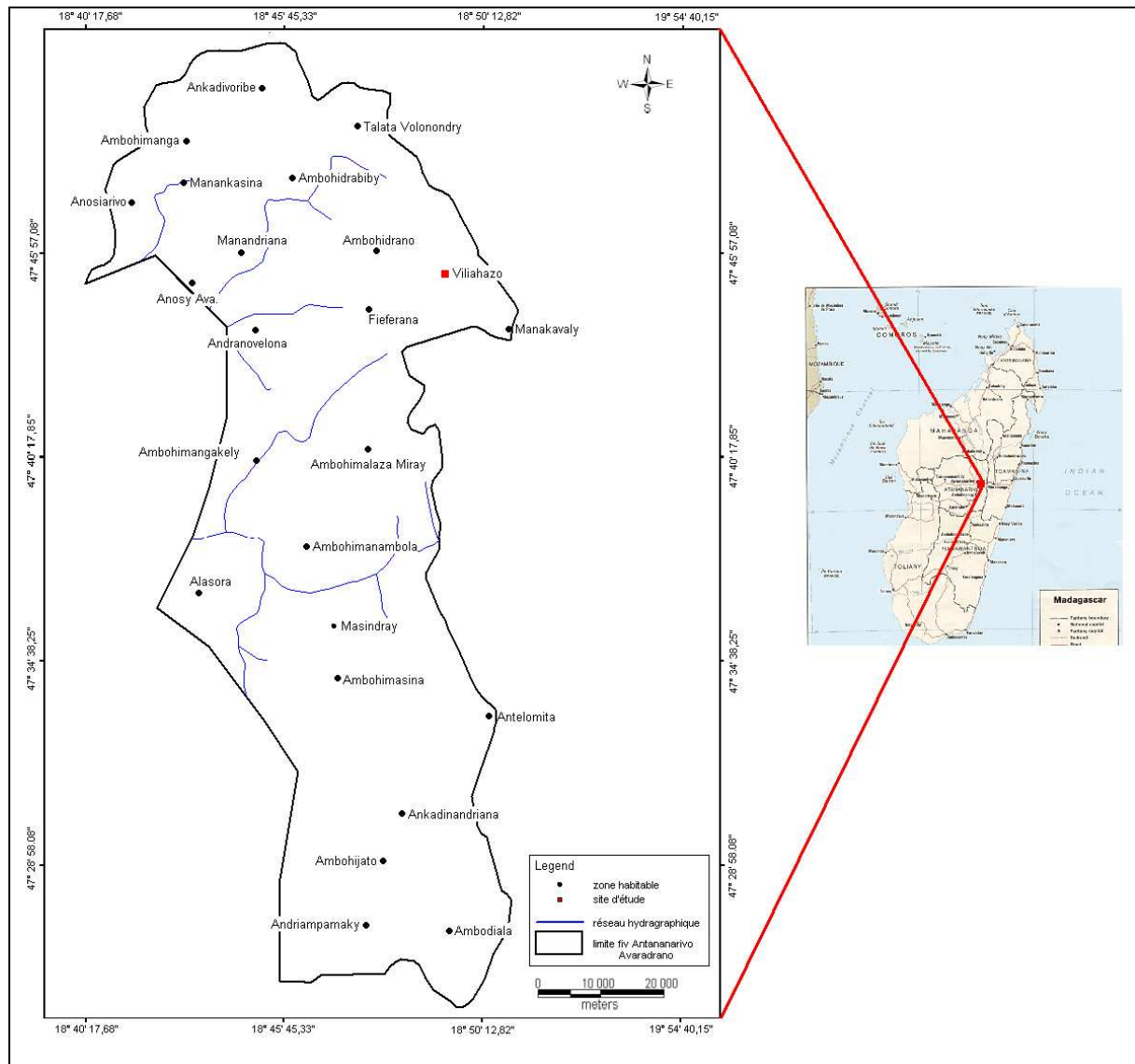
Dans ce paragraphe, nous allons voir les contextes géographique et socio-économique.

#### **I.1.1- Contexte géographique**

Le Fokontany de Viliahazo qui fait partie des 11 Fokontany constituant la Commune Rurale de Viliahazo, Région d'Analamanga, District d'Antananarivo Avaradrano.

Ce village se trouve à 20km au Nord-Est d'Antananarivo, plus précisément à l'Est de la Commune Rurale de Sabotsy Namehana, avec une superficie d'environ 4ha.





Source : BD 500FTM

Figure 1: Carte de localisation du site

### I.1.2- Contexte socio-économique

L'étude du contexte socio-économique de la zone d'étude est importante en prospection géophysique pour la recherche d'eau souterraine.

- Population

Le village de Vilihazo qui est notre zone d'étude compte 200 habitants environ.

- Activités

Comme dans tous les autres milieux ruraux, le genre de vie des populations de Vilihazo est de type agropastoral.

L'agriculture occupe la plus grande part des activités et les cultures pratiquées sont:

- les cultures vivrières, généralement à destination mixte : le riz, le manioc, le maïs, la patate douce, le haricot, l'arachide, la pomme de terre, le « voanjobory » ;
- les cultures de rente : la tomate

L'élevage se consacre surtout à l'élevage des bœufs et des volailles.

- Education

Sur le plan éducatif, le « Fokontany » de Viliahazo est le seul « Fokontany » dans la Commune qui dispose d'un Collège d'Enseignement Général (CEG), et de deux écoles primaires dont l'une privée, et l'autre publique. C'est pour cette raison que la plupart des élèves, surtout ceux du CEG ne résident pas dans le « Fokontany » de Viliahazo. Ils viennent des « Fokontany » environnants.

- Santé

Les infrastructures sanitaires sont insuffisantes dans la commune où se situe la zone d'étude.

Il n'existe qu'un CSB I localisé dans le Fokontany de Viliahazo, alors que la majorité de la population n'a pas accès aux soins médicaux corrects.

Après le contexte administratif, on passe au contexte physique de la zone d'étude.

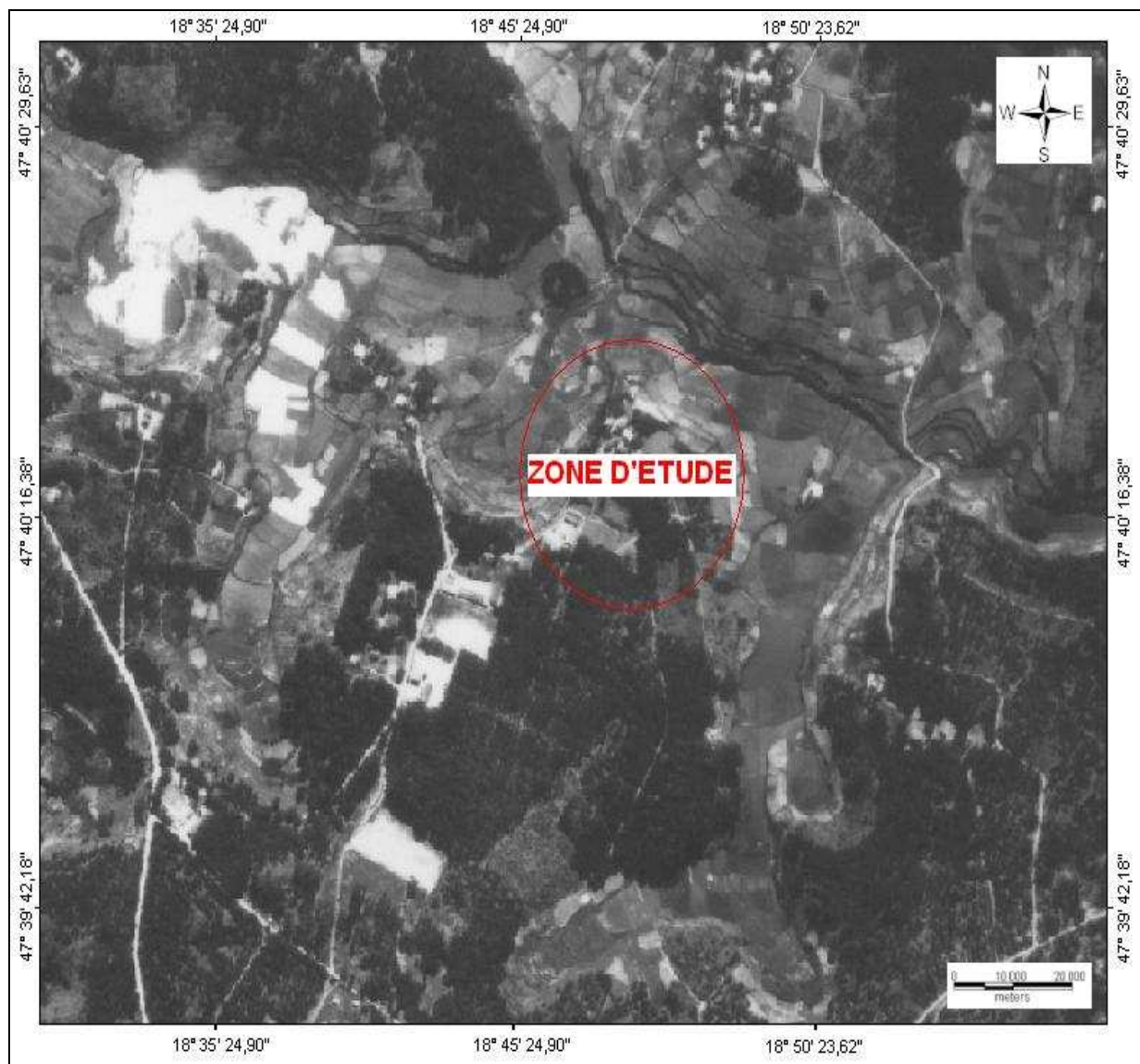
## I.2 CONTEXTE PHYSIQUE

C'est dans cette partie que nous allons décrire le contexte géomorphologie, le contexte géologique, le contexte hydrologique et hydrogéologique et aussi le contexte climatologique de Viliahazo.

### I.2.1 Contexte géomorphologique

La Commune de Viliahazo se trouve sur les Hautes Terres de Madagascar qui forment un terrain plus ou moins accidenté. Elle est caractérisée par un réseau très dense de bas-fond et de plaines alluviales, emboîté dans les interfluves.

La zone d'étude est formée visiblement par des couches latéritiques plus ou moins épaisses. Elle est caractérisée par l'existence de fracture qui se transforme en des rizières entre les vallées. En effet, le domaine est limité par des bassins au Nord et à l'Ouest. Ces traits caractéristiques sont illustrés dans la photo aérienne dans la figure 2.



Source : FTM (échelle : 1/25 000)

Figure 2: Photographie aérienne de Viliahazo

### I.2.2 Contexte géologique

La commune Rurale de Viliahazo se trouve au centre de la région des Hautes Terres, ce qui explique sa structure géologique correspondant au système du graphite qui domine en partie le socle cristallin. Caractérisé par un large développement des migmatites avec des granites associés à des charnockites et des gneiss, le système est constitué surtout par le groupe des

migmatites, des migmatites granitoïdes et des granites (Etude géologique et prospection des feuilles Antananarivo-Manjakandriana au 1/100.000).

### Les migmatites

Les migmatites granites fortement granitisés, et les proches des granites, connues sous le nom de migmatites granitoïdes, présentant beaucoup d'analogie avec les granites migmatitiques et étant difficilement séparables d'eux seront étudiées conjointement à eux sous le titre « Roche de granitisation ».

#### - Les migmatites granitoïdes

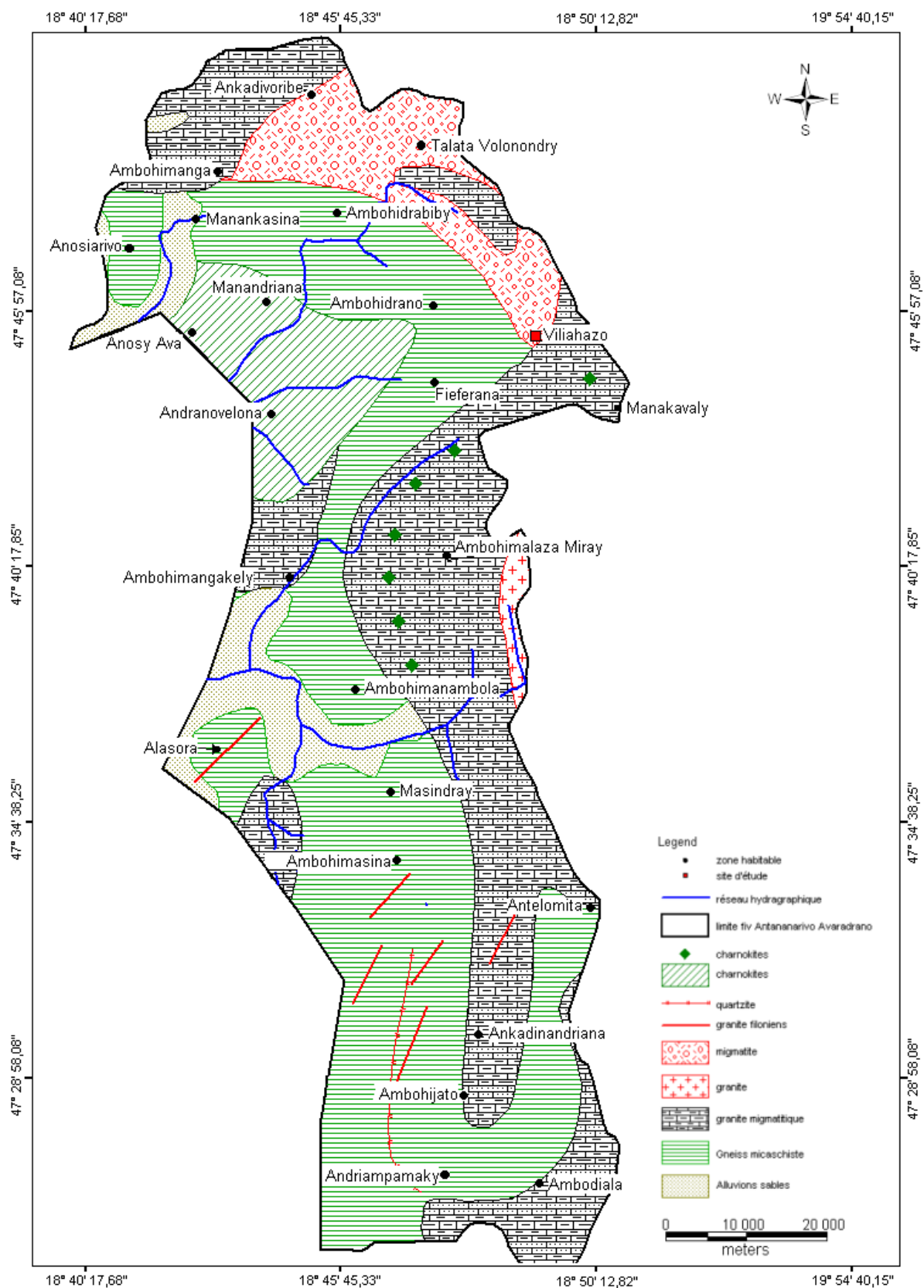
Ce sont des roches généralement leucocrate, avec un alignement discontinu des minéraux colorés, indiquant sur le terrain une schistosité gneissique et rubanée. Elles ont un caractère granitique et non gneissique. Dans les granites migmatitiques, la schistosité disparaît, mais il subsiste néanmoins une certaine orientation. Le caractère devient très granitique. La roche renferme des septums et des enclaves gneissique ou migmatitique, et des zones ondulées ou tourbillonnaires soulignées par des minéraux colorés. Les enclaves schisteuses incluses dans ces granites sont à bords francs, ce qui est peu compatible avec l'idée d'une intrusion d'origine magmatique. On se trouverait en présence de zones granitisés qui seraient le résultat d'une métasomatose régionale poussée, d'un ultra métamorphisme. Ce granite résulterait ainsi d'une transformation chimique et minéralogique in situ des roches originelles du socle, avec rhéomorphisme possible dans certains cas.

#### - Les charnockites

Le faciès charnockite est présent dans la plupart de ces formations granitisées. Bien caractérisé par sa couleur spécial, ce faciès ne n'apparaît que sur des roches fraîches et n'est souvent pas visible dans la croûte superficielle au manteau. Un seul massif important a été décelé. Il s'agit d'une importante formation à granodioritique, présentant un faciès très uniforme dans l'ensemble de la région qu'elle occupe. Ces charnockites semblent formés le cœur d'un grand synclinal qui se fermerait vers le sud, entre Tananarive et Ambohimangakely. Il est caractérisé par une région à relief très adouci, région de petites collines boisées où les affleurements sont essentiellement représentées par de grandes dalles dans le lit des cours d'eau.

## **Pétrographie**

Les charnockites sont surtout granodioritiques. La teneur en plagioclase est toujours visible au moins en lame mince. Elles renferment : quartz, orthose, plagioclase oscillant entre oligoclase et andésine, biotite, apatite, zircon. Les feldspaths sont souvent schillerisés, la myrmekite est fréquente. La biotite qui est très caractéristique est accompagnée d'une petite quantité d'hornblende brune, d'hypersthène ou de diopside claire. La structure est granoblastique et ces roches ont souvent une texture rubanée. On trouve aussi des roches à faciès malgachitique franc, mais sans hypersthène ni pyroxène monoclinique.



Source : BD500 FTM.

Figure 3: Carte géologique d'Antananarivo Avaradrano

### I.2.3 Contextes hydrologique et hydrogéologique

Tout d'abord, on va regarder les réseaux hydrographiques de la zone avant de faire un aperçu hydrographique.

#### I.2.3.1 Réseau hydrographique

En réalité, aucun cours d'eau ne traverse le Fokontany de Viliahazo même aux alentours. C'est pour cette raison que les villageois rencontrent des grands problèmes pour leurs activités agricoles, qui ne peuvent être réalisées qu'en saison de pluies.

#### I.2.3.2 Aperçu hydrogéologique

L'hydrogéologie des hauts plateaux de Madagascar est caractérisée par trois sortes de nappe : la nappe d'altération, la nappe de socle fissuré et la nappe d'alluvion (RAKOTONDRAINIBE J.H, [1]).

#### Nappe d'altération

Elle renferme deux types d'aquifères :

- ✓ Aquifère à nappe libre logée (nappe d'altérite) rencontrée dans les formations altérées argilo sablo kaolinite, elle est alimentée par l'eau de pluies. C'est de l'eau déminéralisée à conductivité égale à  $40\mu\text{s/cm}$  ;
- ✓ Aquifère à nappe semi-captive, nappe d'arène rencontrée sous les formations micacées argileuses. Elle est peu minéralisée à conductivité égale à 200 à  $300\mu\text{s/cm}$ .

#### Nappe d'alluvion

Les nappes des alluvions intercollinaires sont rencontrées en outre dans les bas-fonds. Cette nappe est profonde de 5 à 20m et le débit d'exploitation de ces nappes est relativement limité. Cette eau est peu minéralisée mais riche en fer.

#### Nappe de socle fissuré

La nappe de socle fissuré a une perméabilité supérieure à celle de la nappe d'altération. Elle donne un débit d'exploitation intéressant, supérieur à  $3\text{m}^3/\text{h}$ , dans les



fractures de roches sous la couverture latéritique. et profonde de 25 à 100m, l'eau est peu minéralisée.

#### I.2.4 Données climatiques

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques caractérisant un espace ou une région.

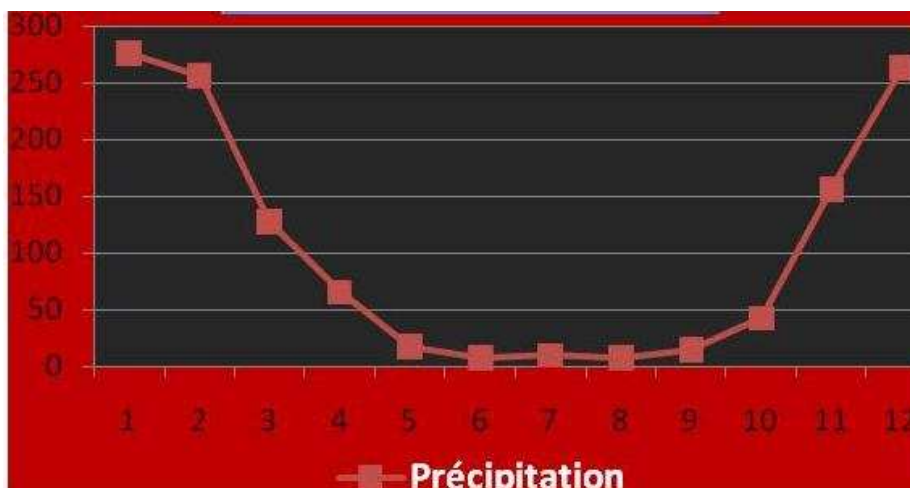
A Madagascar, la position géographique, la forme du relief, l'influence maritime et le régime des vents conditionnent le climat.

La zone d'étude se trouve au Nord d'Antananarivo. Son climat est celui des Hautes Terres. Avec une altitude moyenne de 1200m à 1 500m, ces Hautes Terres connaissent un climat tropical d'altitude caractérisé par des températures allant jusqu'à 0°C en hiver et 25°C en été, et des précipitations moyennes de 1357mm. Les données climatologiques proviennent de la direction générale de la météorologie à Ampandrianomby

##### Précipitations

Les Hautes Terres de Madagascar peuvent être subdivisées en deux zones, l'une à pluviométrie annuelle inférieure à 800mm au Sud et l'autre supérieure à 800mm.

La région d'Antananarivo dont fait partie notre zone d'étude, possède une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 0,2mm et 300mm avec 5 mois secs ( $P < 50\text{mm}$ ) du Mai au Septembre. 95% des pluies sont tombées en Décembre et Janvier contre 0,05% seulement en mois de juin, juillet, août.



Source : Station météorologique d'Ampandrianomby, année 2009

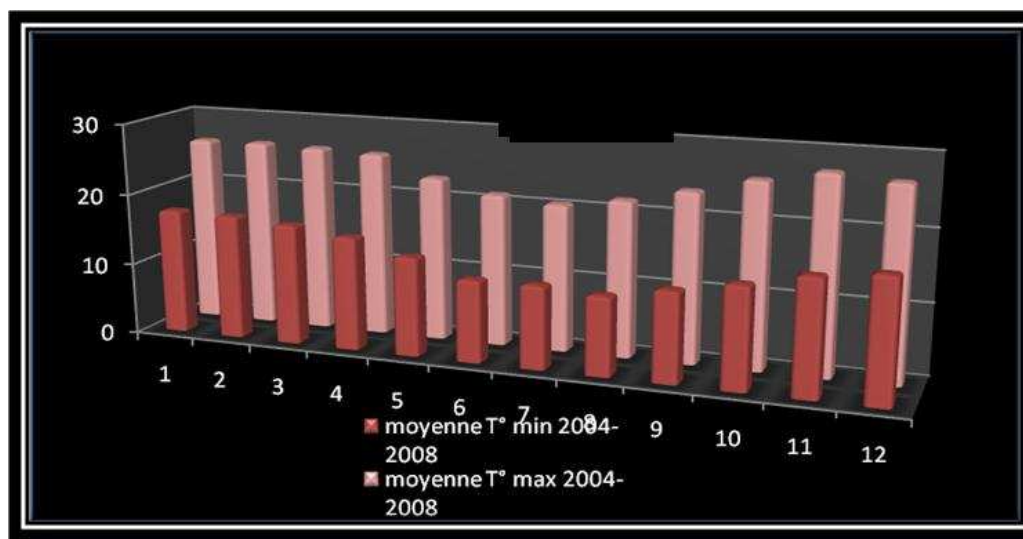
Figure 4: Variation des précipitations mensuelles entre 2004 et 2008

Cette courbe confirme ce que nous avons annoncé précédemment sur la succession des pluies par saison.

Pendant la saison humide, les précipitations sont maximales et pourront atteindre 280mm en Janvier. La saison sèche (Juin à Septembre) les pluviométries sont faibles, presque nulles en Juin.

### Température

Elle décroît une fois que l'on pénètre vers les zones d'altitude. En effet, la température annuelle moyenne varie de 0° à 25°C. Les zones de basses pressions intertropicales et la cellule océanique de hautes pressions jouent un rôle important dans l'alternance de la saison chaude et fraîche, ainsi que les vents dominants des moussons - alizés.



Source : Station météorologique d'Ampandrianomby, année 2009

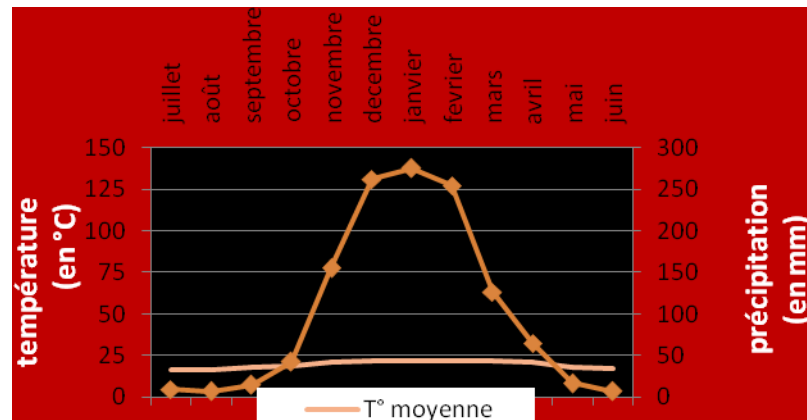
Figure 5 : Variation des températures mensuelles entre 2004 et 2008

En effet, les températures mensuelles varient de 10,3°C en Juillet à 25,8°C en Décembre. En se référant de la figure 4 et de la figure 5, on constate que les mois les plus chauds sont les mois les plus pluvieux.

On constate aussi que les écarts de température mensuelle entre le maximum et le minimum sont considérables. Ces grands écarts vont favoriser l'évaporation.

Il permet de présenter, sur un même graphique, les précipitations des 12 mois de l'année et les températures moyennes mensuelles d'un lieu en tenant compte de la règle importante  $P = 2T$  peuvent présenter sur un même graphique qu'on nome courbe ombrothermique

### COURBE OMBROTHERMIQUE DE GAUSSEN



Source : Station météorologique d'Ampandrianomby, année 2009

Figure 6: Subdivision en saison sèche et humide dans l'année

Dans cette figure 6 nous avons représenté les températures moyennes et les précipitations mensuelles sur une même graphique. Cette figure montre que pendant la saison des pluies la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures. On pourrait déduire que pendant cette période l'eau s'infiltre pour alimenter les aquifères.

Pendant la saison sèche, c'est le fait contraire. Les températures sont au-dessus. Cette situation signifie une forte évaporation des eaux retenues dans les réservoirs de surface. (Lacs, rivières...etc.).

En outre, de Novembre à Mars les valeurs pluviales dépassent largement celle de la température. Ceci signifie que pendant cette période les réserves d'eau se reconstituent.

DEUXIEME PARTIE

**RAPPELS METHODOLOGIQUES  
ET  
ACQUISITION DES DONNEES**



## II.1 RAPPELS DE NOTIONS ESSENTIELLES EN HYDROGEOLOGIE

En prospection d'eau souterraine, les thèmes importants à savoir en hydrogéologie sont la nappe souterraine, la chargeabilité.

### II.1.1 La nappe souterraine

Une nappe est une accumulation d'eau dans les pores d'un terrain perméable. Son existence est conditionnée par la jonction de trois facteurs : alimentation, facteurs lithologiques (aquifère poreux et perméable avec une formation imperméable à la base), et facteur de structure (de préférence une structure synclinale).

#### II.1.1.1 Condition d'existence des nappes

L'infiltration souterraine assure l'alimentation d'une nappe souterraine.

##### a) Processus général pour l'infiltration souterraine

Par le jeu de la pesanteur, une partie de l'eau de pluie s'infiltré dans le sol, soit directement, soit après circulation à la surface de celui-ci.

Selon la perméabilité des terrains rencontrés, elle descend à une plus ou moins grande profondeur. Cette circulation, approximativement verticale, est interrompue par la rencontre d'un terrain de faible perméabilité.

Sous des terrains perméables, cette formation « imperméable » représente en quelque sorte « le fonds du récipient ». L'eau s'y accumule en saturant l'ensemble des vides des terrains sus-jacents plus perméables. Ainsi se constituent des formations relativement perméables appelées aquifères (qui portent l'eau des nappes).

Lorsque le « récipient » est plein, il déborde vers l'extérieur ou en direction d'autres terrains perméables.

##### b) Facteurs d'existence d'une nappe

L'existence d'une nappe est conditionnée par la conjonction de trois facteurs: le facteur lithologique, le facteur d'alimentation et le facteur de structure

- Le facteur lithologique : il doit exister une roche « réservoir » à la fois poreuse et perméable qui constituera le terrain aquifère. Cette roche doit avoir à sa base un mur imperméable pour soutenir la nappe ou plus simplement qui servira de fond « étanche » au réceptacle constitué par le réservoir. Pour notre zone d'étude, elle est occupée par des formations cristallines, le type de nappe existé est la nappe de fissure.

- Facteur d'alimentation : il faut que de l'eau puisse venir remplir les pores de l'aquifère ;
- Facteur de structure : il est nécessaire d'avoir une structure favorable à l'accumulation de l'eau (une structure anticlinale est défavorable).

Ces trois facteurs ont une influence variable selon les types d'aquifère rencontrés. Les conditions d'alimentation, lithologiques et structurales ne peuvent pas être considérées isolément.

#### II.1.1.2 Trois type d'aquifère

##### a) Aquifère à nappe libre

Il est formé d'une couche perméable suivie de l'eau souterraine qui se trouve en dessous de la surface du sol et reposant sur le substratum imperméable. La couche sus-jacente représente le toit de la nappe aquifère. La surface piézométrique qui constitue la limite supérieure de la nappe sous une zone non saturée peut fluctuer librement selon la recharge et la vidange. Ce type de nappe se renouvelle en général toutes les années par infiltration.

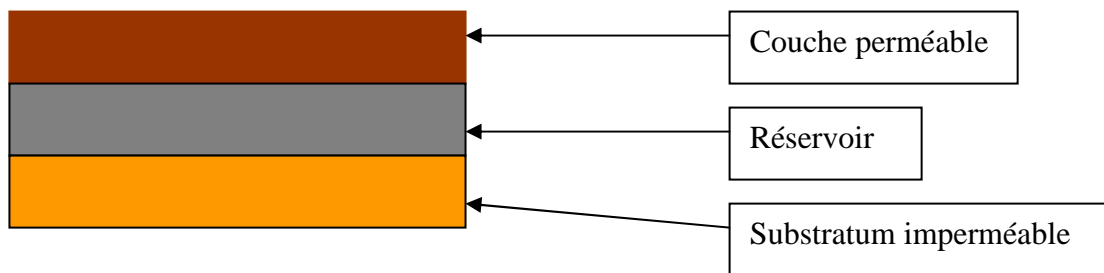


Figure 7: Caractéristique d'un aquifère à nappe libre

##### b) Aquifère à nappe captive

Il est constitué de l'eau souterraine reposant entre deux couches imperméables représentant le toit et le substratum, la nappe considérée est alimentée par une autre.

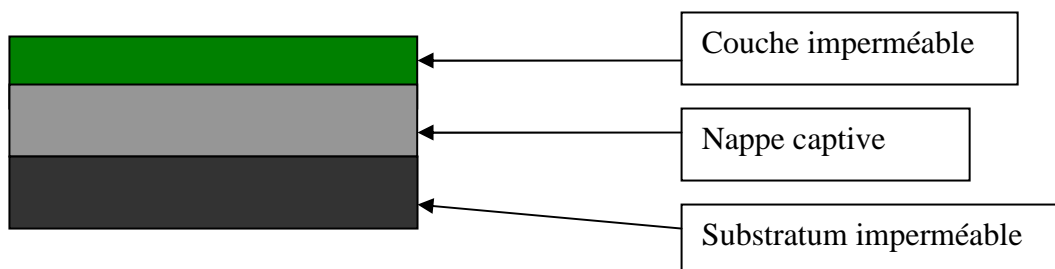


Figure 8: Caractéristique d'un aquifère à nappe captive

### c) Aquifère à nappe semi captive

C'est un aquifère reposant sur un substratum imperméable et sous un toit semi-perméable qui permet l'intercommunication avec la nappe de la couche hydrogéologique perméable sus-jacente.

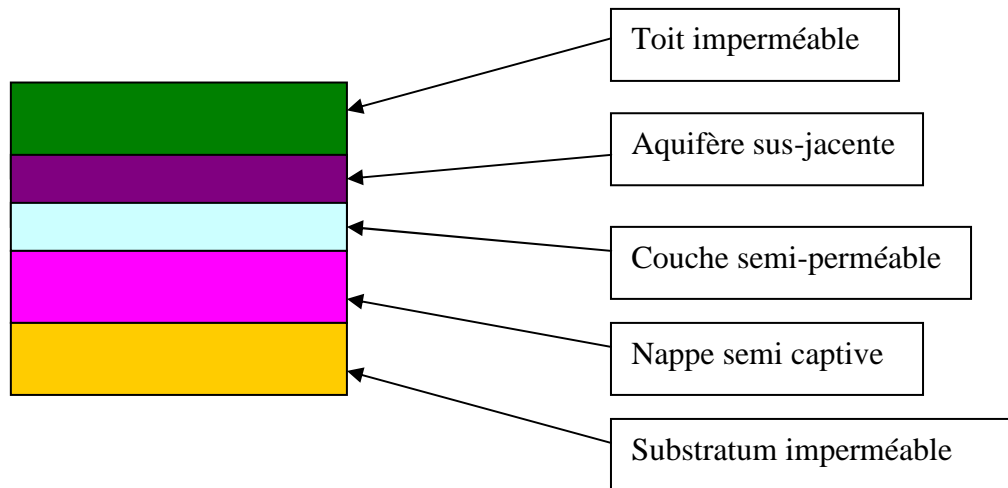


Figure 9: Caractéristique d'une nappe semi –captive

#### II.1.2 Notion de porosité et de chargeabilité

Lorsqu'on injecte du courant dans le sous-sol, on suppose que le potentiel mesuré en surface est obtenu instantanément et que d'une façon similaire, lorsque le courant est coupé, le potentiel tombe instantanément. En pratique ce n'est pas le cas, il existe un délai entre le temps où le voltage atteint le maximum et aussi qu'il tombe en zéro, c'est la chargeabilité. En général, elle caractérise la capacité des roches à se polariser d'un courant, elle est due surtout aux effets du sol. La chargeabilité s'exprime en  $mV/V$ . Une grande chargeabilité relative à des valeurs de chargeabilité supérieures à  $10mV/V$  correspond à une faible porosité. On rappelle que la plus plupart des roches contiennent naturellement un certain pourcentage de vide qui peut être occupé par de l'eau, c'est la porosité. On distingue généralement deux types de porosité données par la nature géologique de l'aquifère. La porosité en petit correspond à la porosité intrinsèque des roches, la porosité en grande à la porosité induite par des fractures.

Par contre, une faible chargeabilité des valeurs relatives inférieure à  $10mV/V$  correspond à une grande porosité de la roche, l'emmagasinement d'eau importante dans la roche.

## II.2 RAPPEL DE METHODE D'APPROCHE EN PROSPECTION GEOPHYSIQUE D'EAU SOUTERRAINE

La prospection des eaux souterraines consiste à différents outils permettant d'évaluer les ressources au niveau local. Cette méthodologie est un processus continu et les résultats obtenus sont confrontés aux hypothèses émises et la stratégie d'implantation corrigée par la suite.

En prospection géophysique et en particulier pour la recherche d'eau souterraine, nous devons collecter des informations dans le domaine géologique, géomorphologique, hydrologique et hydrogéologique afin de pouvoir déterminer la méthode adoptée à ce projet. En faisant l'étude cartographique de la zone d'étude accompagnée par une descente sur terrain. Puis, on passe à l'étude de faisabilité et en fin la réalisation de la prospection géophysique proprement dite.

### II.2.1 Documentation

C'est dans cette phase que nous avons cherché les informations nécessaires concernant la zone d'étude à savoir, la géologie, la géomorphologie, l'hydrologie ..., ainsi que les études antécédentes réalisées dans ce village. La documentation nous aide à déterminer la technique adoptée à ce projet.

#### II.2.1.1 Etude cartographique

Cette étude est très importante en prospection géophysique, pour la recherche d'eau souterraine, elle nous permet d'identifier les grands traits structuraux comme le type de milieu (zone de socle, zone alluviale, bassin sédimentaire), le réseau hydrographique et le relief alors, elle doit être effectuée en premier.

Les documents doivent utiliser pour cet étude sont les carte géologique, topographique et aussi la photographie aérienne de la région.

Lors de cette étude, nous avons pu apprécier les paramètres liés à la végétation, les paramètres structuraux, et les paramètres géomorphologiques.

- les paramètres liés à la végétation

Le type de végétation permet d'identifier des ensembles géologiques et de savoir l'humidité de la zone

- les paramètres structuraux



Les linéaments sont généralement identifiables à partir des photos aériennes. Ils peuvent être également soulignés par le réseau hydrographique (parfois mis en évidence sur la carte topographique) ;

- les paramètres géomorphologiques

Les réseaux de drainage (concentration du ruissellement), les zones de ruissellement (pente) et les zones d'infiltration préférentielles sont bien mises en évidences.

A part la cartographie, nous avons effectué une descente sur terrain pour avoir plus d'information.

#### II.2.1.2 Intérêt de la géologie

La géologie joue un rôle très important en prospection d'eau souterraine. On doit en tenir compte pour la réalisation des sondages électriques et des panneaux. Elle aide aussi à faciliter l'interprétation des sondages et des panneaux lors de leurs traitements.

L'étude géologique nous permet de savoir la formation du sous-sol avec leurs structures qui nous donne des idées sur l'existence ou non de l'aquifère, sa nature...

#### II.2.1.3 Intérêt du contexte hydrogéologique

Cette étude est basée sur l'identification géologique de la zone. Lors du traitement, nous devons déterminer les caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère comme la nature (aquifère du socle ou alluvionnaire, etc....).

#### II.2.1.4 Photo-interprétation

Les géophysiciens doivent se fier aux indices visibles en surface. Par exemple, l'accumulation d'un type de végétation dans un secteur géographique particulier est du à la présence d'un cours d'eau souterrain ; conséquence indirecte d'un événement géologique profond ayant souvent des répercussions en surface. Ces répercussions se présentent sous la forme de linéaments. On peut percevoir les éléments rectilignes ou curvilignes à la surface de la croûte terrestre et qui traduisent la présence de phénomènes plus profonds, comme par exemple des failles, des fractures, et des contacts géologiques. Ce qui nous permet de déterminer le point de sondage et la direction des profils des panneaux lors de la prospection.

Il est primordial de localiser les fissures et les linéaments ce qui ne peut pas fait que par l'interprétation da la photographie aérienne. En effet la stéréographie permet de localiser les linéaments à partir de la photographie aérienne. Mais ils doivent être vérifiés sur le terrain.

### a)Principes

La photo-interprétation consiste à identifier des objets (géologique, morphologiques,...) sur une photographie aérienne, à les repérer et à les comprendre. Elle se porte sur l'étude et l'analyse des morphologies et sur la délimitation des différentes entités observées sur la photographie aérienne (PA). La photographie aérienne constitue le document de base, et elle complète efficacement les cartes existantes (topographiques, géologiques,...)

Dans notre étude, intéresse sur les éléments du relief, les éléments du milieu naturel et les zone attaquées par l'érosion. Avec ces éléments, on peut faire l'identification des objets géologiques à savoir les linéaments, rivière,...

Types d'objets :

\* Les éléments du relief (vallée, crête, versant,...) :

Dans les vallées, on peut observer les cours d'eau avec ses formes et sa largeur, la plaine alluviale, les zones inondables, les alluvions anciennes qui forment les terrasses.

\* Les éléments du milieu naturel :

La végétation plus ou moins homogène nous donne des informations indirectes. Elle est le reflet de ce qu'il y a dans le sol. Dans les sites où la végétation est favorisée, elle apparaît avec des teintes généralement plus sombres (forêt).

\* Les zones attaquées par l'érosion (glissement, effondrement, lavaka...) :

- les linéaments, cassures qui facilitent l'infiltration d'eau et se traduisent par une ligne de végétation plus dense voire différente.

- les réseaux hydrographiques, en relation avec la lithologie et la morphologie dynamique.

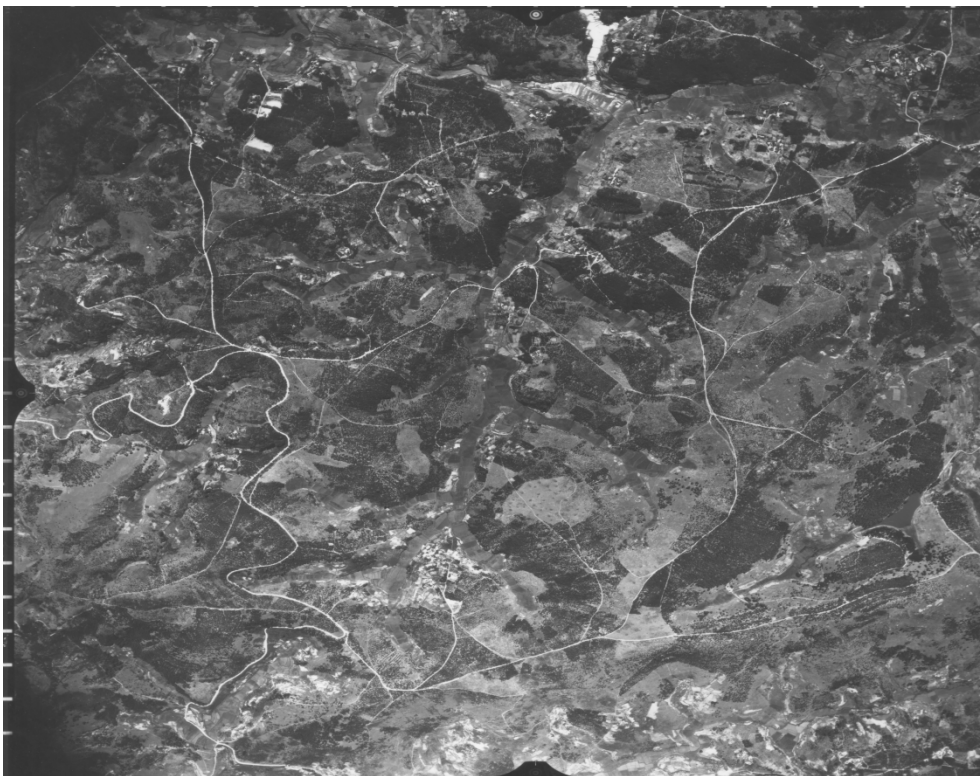
Les principes généraux se basent sur le principe de restitution du relief qui est obtenue en utilisant deux (02) prises de vue d'une même scène recueillie depuis deux points de vue différentes (stéréogramme) avec l'aide d'un stéréoscope. Ces deux images doivent posséder en surface commune d'au moins 60%.

Pour cela, on doit effectuer les étapes suivantes : déterminer les points principaux qui sont les centres des deux PA, repérer les points homologues (les deux points précédents, mais cette fois-ci le 1<sup>er</sup> centre dans la PA n°2 et le 2<sup>ème</sup> centre dans la PA n°1), relier les points principaux et homologues de chaque PA, placer les deux PA de façon à ce que les points

reliés précédemment forme la ligne de vol, déplacer enfin l'une des deux PA en translation suivant la ligne de vol jusqu'à l'obtention de l'écartement désiré pour l'examen stéréoscopique



Photographie Aérienne A



Photographie Aérienne B

#### b) Clés de la photo-interprétation

La méthodologie de l'interprétation des PA comporte deux (02) phases :

- ☞ Phase d'identification
- ☞ Phase d'interprétation

##### Phase d'identification

Cette phase consiste à identifier sur la photo le réseau hydrographique, la tonalité ou teinte, et les failles et linéaments.

##### Phase d'interprétation

Cette phase consiste à comprendre les objets identifiés précédemment : origine, cause,...

Après avoir effectué l'étude sur table, on doit faire une première descente sur terrain considérée comme phase de reconnaissance.

#### II.2.2 Phase de reconnaissance

Cette phase consiste à :

- faire une enquête auprès des autorités et de la population locale concernant la démographie, la situation socio-économique, les travaux antérieurs, le nombre de puits existants et ses caractéristiques, la géomorphologie des sites, etc.
- vérifier et compléter les informations données par la documentation
- les collecter les documents techniques à la zone d'étude
- déterminer le contexte hydrogéologique des sites et inventorier les eaux de surface et puits existants dans les villages, etc.

Après, lorsqu'on a eu tous les informations, nous rentrerons dans l'étape suivante : l'étude de faisabilité

### II.2.3 Etude de faisabilité

Elle doit être faite avant la réalisation de la prospection. Elle assure les résultats. C'est dans cette partie qu'on peut faire :

- 1) la détermination de la méthode de prospection à adopter

Il existe plusieurs variantes de méthodes de prospection géophysique. La plus appropriée pour la détection d'aquifères est la méthode électrique mais aussi correspondante aux caractéristiques du terrain.

Alors, d'après notre première descente dans le village de Viliahazo, nous décidons de faire des sondages électriques et des panneaux électriques.

Les valeurs des résistivités obtenus par les sondages électriques nous donnent le nombre du terrain, la succession des couches dans le sous sol ainsi que la nature de chaque couche en se référant par les

Tandis que, le panneau électrique nous permet de déterminer la couche considérée comme aquifère, son profondeur ainsi que son épaisseur lorsqu'on a connu la géologie du site.

- 2) la planification du travail, c'est-à-dire que, l'étude de faisabilité nous permet de déterminer la procédure de notre mission, de savoir en avant la durée de notre campagne ainsi que celle du traitement des données.

## II.3 Réalisation de la prospection géophysique proprement dite

Lors de notre première campagne géophysique réalisée dans le village de Viliahazo, nous avons fait deux sondages électriques et quatre panneaux à distance inter-électrodes de 5m. Mais après avoir effectué les traitements des données, nous nous décidons de retourner de nouveau à Viliahazo pour faire deux panneaux à distance inter-électrodes de 10 m.

Le choix des points de mesure ainsi que la direction sont conditionnés par la géologie, la géomorphologie c'est-à-dire le caractère de la zone d'étude.

En principe, les sondages doivent être faits avant les panneaux pour avoir une idée sur la nature du sous sol, donnée par les valeurs de résistivité obtenues (terrain conducteur ou résistante), la succession des couches. En plus, après avoir eu les résultats du sondage, on a déjà la caractéristique (nature, profondeur de la nappe, substratum, épaisseur de la nappe) de l'aquifère s'il existe.

Or, pour le panneau, il est complémentaire au sondage électrique. Il vérifie les résultats du sondage électrique. La courbe géoélectrique obtenue par le traitement du panneau détermine la porosité du terrain, plus clairement l'existence ou non d'une nappe

souterraine avec son caractéristique par la courbe de chargeabilité. Tandis que, la courbe de résistivité donne la résistivité de chaque formation, son épaisseur.

Cette quatrième phase comporte:

- l'acquisition des données avec de sondages et panneaux électriques, les traitements des données
- l'interprétation des données de prospection électrique

Voici la figure qui montre les points sondages et les profils géoélectriques réalisées à Viliahazo

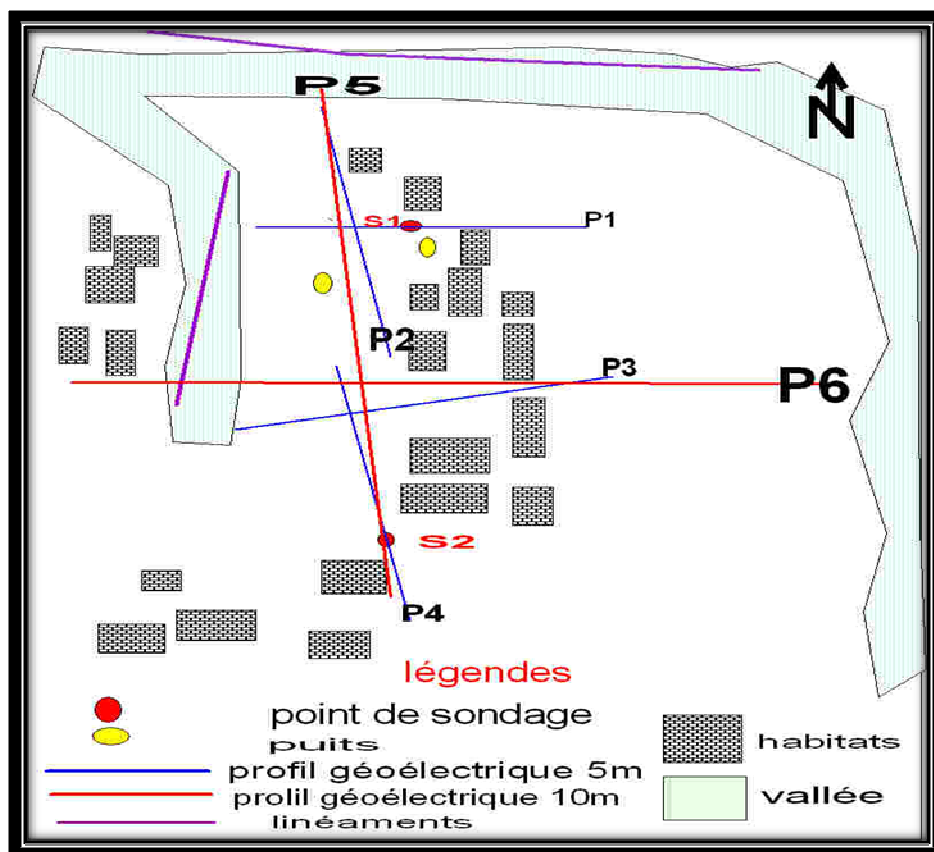


Figure 10 : Plan de masse du site de Viliahazo

### II.3.1 Sondage électrique

#### II.3.1.1 Principe

Les roches peuvent conduire le courant électrique mais de façon différente.

La méthode consiste à estimer la résistivité des terrains, pour apprécier leur nature leur aptitude à contenir de l'eau souterraine.

Pour mesurer ces résistivités, on injecte un courant continu dans le sol au moyen des

deux électrodes A et B ; une différence de potentiel ( $\Delta V$ ) apparaît alors entre A et B, que l'on mesure entre deux électrodes M et N. la résistivité électrique du terrain traversé est calculée par la formule :

$$\rho_a = K \cdot \Delta V(MN) / I$$

Avec  $\rho_a$  la résistivité apparente ( $\Omega m$ ).  $\Delta V(MN)$  la différence de potentiel (volt),  $I$  l'intensité (ampère) et  $K$  un facteur géométrique.

$$K = 2\pi \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

La résistivité  $\rho_a$  est appelée résistivité apparente, car elle correspond à la résistivité de l'ensemble des terrains traversés. On la distingue des résistivités vraies qui correspondent aux résistivités de chaque terrain. Ces résistivités vraies sont estimées à partir des résistivités apparentes par différentes méthodes d'interprétation.

Pour une formation donnée, la profondeur d'investigation dépend de l'écartement des électrodes A-B. On estime l'épaisseur de cette tranche de terrain comprise entre  $AB/4$  et  $AB/10$ . En effet, si le terrain étudié est résistant, le courant a tendance à pénétrer en profondeur  $AB/4$ . Dans le cas contraire c'est-à-dire si la zone est conductrice, le volume de terrain concerné est plus faible.

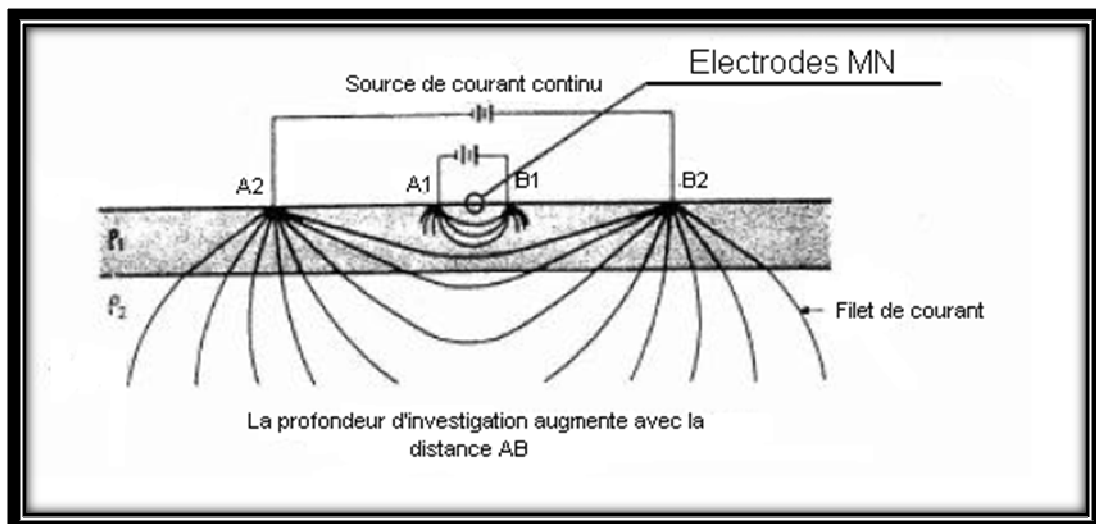


Figure 11: Principe de sondage électrique avec le dispositif Schlumberger

### II.3.1.2 Mise en œuvre du sondage électrique avec dispositif Schlumberger

C'est une technique d'investigation verticale du sous-sol. Elle donne à la verticale du point de mesure la distribution des résistivités du sous-sol. On utilise le dispositif Schlumberger dans lequel les 4 électrodes sont alignées et chaque paire d'électrodes (électrodes d'injection et électrodes de potentiel) est disposée symétriquement de part et d'autre du point de mesure.

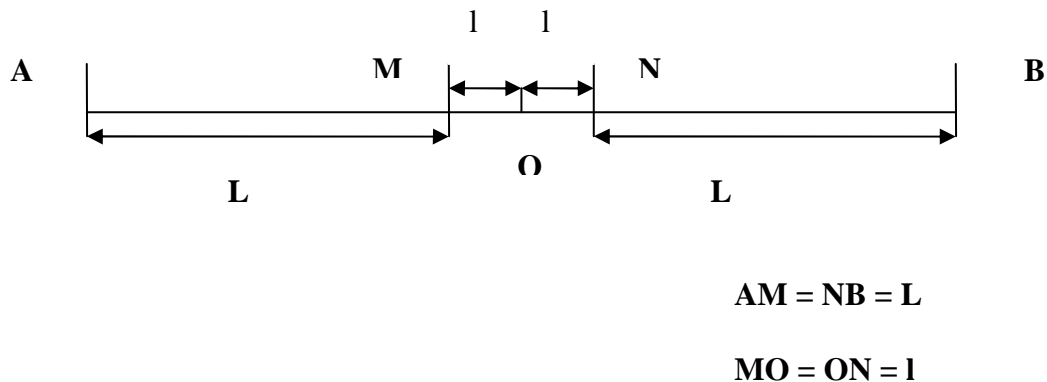


Figure 12 : Dispositif Schlumberger

Il est réalisé en écartant progressivement les électrodes A et B selon les distances déjà consignées dans la feuille de mesure, parfois l'électrode MN doit être changé.

Au fur et à mesure que l'on écarte les électrodes d'injection, les lignes de courant pénètrent de plus en plus dans le sous-sol et un volume de terrain de plus en plus grand sera concerné.

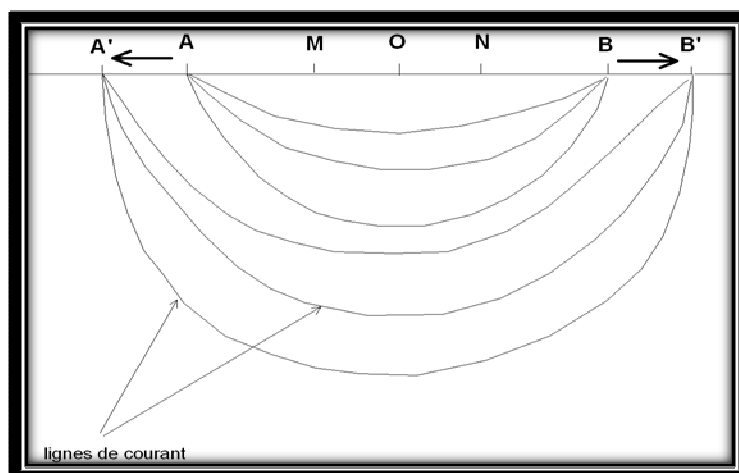


Figure 13: Profondeur d'investigation avec écartement de AB



Durant notre prospection, pour la réalisation des sondages, nous avons utilisé :

Un résistivimètre SYSCAL R2 développé par Iris instruments. Ce résistivimètre est caractérisé par :

- une tension de sortie de 800Volts (1600V crête à crête)
- un courant de sortie maximum jusqu'à 2.5A
- une puissance de sortie maximum de 1600Watts
- une impédance d'entrée de 10M $\Omega$
- une gamme de tension d'entrée de -5 à +5V
- une compensation automatique de la PS (-5 à +5V) avec une correction linéaire de la dérive (jusqu'à 1mV/s) ;
  - ❖ une mesure de la prise de résistance de prise de terre de 0.1 à 1000K $\Omega$ . ;
  - ❖ un convertisseur (courant continu – courant continu) ;
  - ❖ une feuille de mesure pour l'enregistrement des résultats ;
  - ❖ une batterie GM de 12Vqui alimente le convertisseur DC/DC de 250Watts ;
  - ❖ des fils électriques ;
  - ❖ quatre électrodes ;
  - ❖ Un GPS
  - ❖ et des marteaux

Le modèle de résistivimètre que nous avons utilisé peut directement calculer la résistivité Apparente.

### II. 3.1.3 Interprétation

Pour l'interprétation de la courbe de sondage nous utilisons le logiciel QWSEL. Avec cette traitement par ordinateur, on saisi les valeurs de mesure, un modèle en tenant compte de la géologie et l'ordinateur calcule la réponse du modèle. Puis, on fait la modification du modèle donnée par l'ordinateur de manière à ce que la courbe calculée corresponde aux mesures sur terrain. Le programme QWSEL utilise la méthode des moindres carrés pour estimer l'écart quadratique moyen entre le modèle introduit et les points expérimentaux.

### II.3.2 Panneau électrique

L'imagerie électrique 2D ou panneau électrique 2D est une exploration en deux dimensions du sous sol, la méthode consiste à la fois en une investigation verticale (sondage électrique) et une investigation latérale (profilage électrique). Ce qui nécessite alors l'utilisation de plusieurs électrodes. Dans notre cas, 32 électrodes ont été utilisées.

#### II-3-2-1 Principe

Comme déjà annoncé précédemment, le principe d'acquisition est basé sur l'utilisation d'un grand nombre de sondages électriques le long d'un profil à partir de diverses combinaisons de quatre électrodes, spécifiques au dispositif de type Wenner, parmi les 32 électrodes. La distance entre chaque électrode est constante. Et plus la distance inter électrode est grande plus la profondeur d'investigation atteinte est grande.

Un modèle géoélectrique est obtenu alors en inversant automatiquement les données expérimentales en modèle 2-D, grâce au programme Res2dinv de M.H. Loke.

#### II.3.2.2 Mise en œuvre

Le panneau électrique exige l'utilisation du dispositif multi électrode comme dispositif de base. Soit "a" la distance entre deux électrodes consécutives. Chaque électrode est utilisée comme électrode d'injection du courant puis électrode de potentiel.

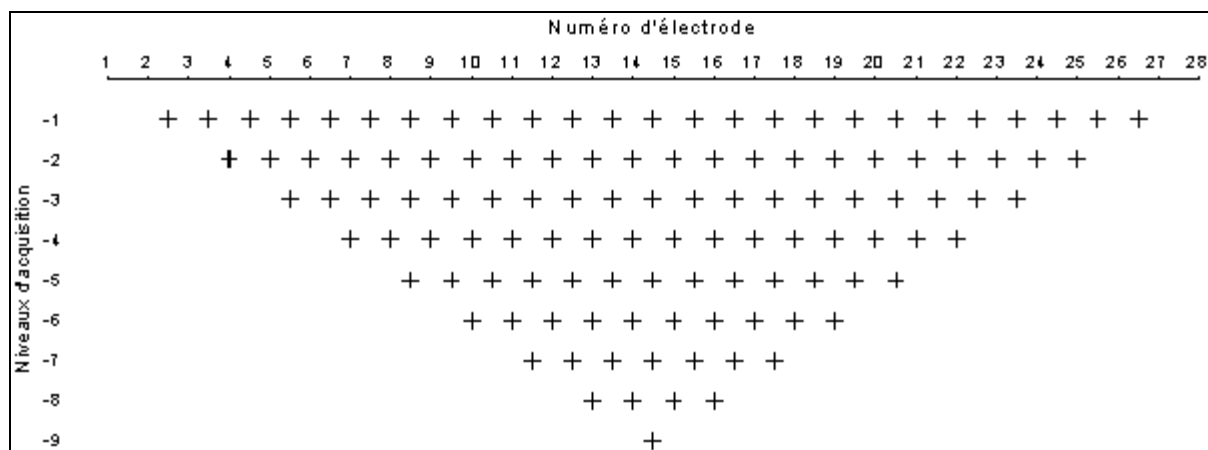


Figure 14: Arrangement des électrodes pour une acquisition en dispositif Wenner

Soit "na" la distance inter électrode où n est le niveau d'acquisition des mesures qui s'incrémente de 1 à (N-2)/3, si le nombre d'électrode total N est égal à un multiple de 3 plus 2.

Pour le premier niveau d'acquisition, la distance inter électrode est égale à  $a$ . La première mesure du fichier d'acquisition va se faire d'abord à l'aide des électrodes 1, 2, 3 et 4 ; les électrodes 1 et 4 sont utilisées comme électrodes d'injection de courant et les 2 et 3 à la mesure du potentiel. Tout le dispositif va ensuite se déplacer d'une distance  $a$ . Les électrodes 2 et 5 serviront alors d'injection du courant et les 3 et 4 de mesure du potentiel. Le processus se répète jusqu'à l'électrode 32. Ce qui fait qu'on a 29 points de mesure pour le premier niveau d'acquisition. Comme on a intérêt à garder une distance constante entre les électrodes, on va donc prendre une distance inter électrode égale à  $2a$ . La première mesure pour le deuxième niveau s'effectue alors avec l'électrode 1, 3, 5 et 7. Les mêmes opérations se répètent alors jusqu'à l'électrode 32. Ainsi on effectue les mesures de chaque niveau d'acquisition. Ici il existe 10 niveaux pour 32 électrodes en dispositif Wenner. Il est clair donc que plus la distance inter- électrode augmente, plus le nombre de points de mesures diminue. Au niveau 10, il n'existe que deux points de mesure. Le nombre total de points de mesures est donc de 155.

- a) Acquisition des données
  - appareillage

Pour les matériels utilisés, c'est à peu près la même avec celle du sondage électrique :

- ❖ un résistivimètre SYSCAL R2
- ❖ un convertisseur (courant continu – courant continu)
- ❖ un RCM (Remote Control Multiplexor)
- ❖ deux multinodes (1 à 16 et 16 à 32)
- ❖ une batterie GM pour le convertisseur
- ❖ une batterie PM pour le RCM
- ❖ un rouleau de mesure
- ❖ des fils électriques
- ❖ 32 électrodes
- ❖ des marteaux
- ❖ des câbles pour relier les appareils
- ❖ un GPS

On utilise le système multi-électrodes pour les mesures et l'acquisition des données. L'appareil, utilisé pour effectuer une telle campagne, est le résistivimètre Syscal R2. Il dispose d'une liaison série RS232 pour le transfert des données du résistivimètre vers un micro-ordinateur. Ce résistivimètre est équipé d'un convertisseur AC/DC de 250w qui est alimenté par une batterie de 12V, de deux multinodes. Chaque multinode est relié aux électrodes qui sont au nombre de 16 électrodes « intelligentes » inox pour un multinode.

Il faut, pour donner une bonne image du sous-sol, une densité de points suffisante. Les électrodes, permettant l'injection du courant et la mesure du potentiel, sont placées le long d'un profil. La distance entre chacune d'elle est constante (3, 5, 10m).

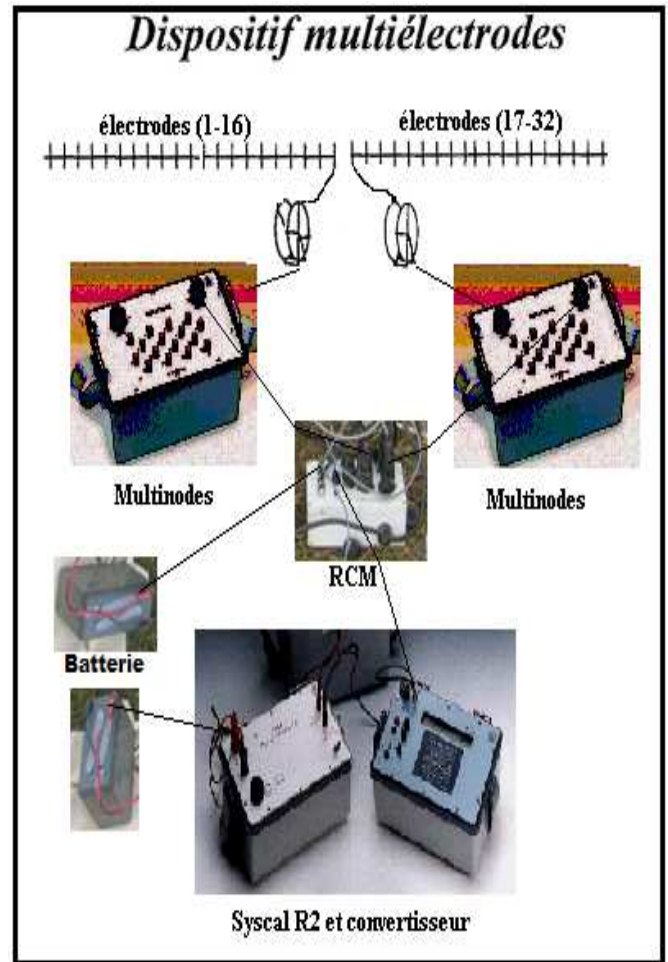


Figure 15 : Disposition des matériels pour le panneau électrique

#### b) Traitements des données

Les valeurs obtenues sur le terrain sont des résistivités apparentes. A partir de ces valeurs, on cherche à retrouver les épaisseurs et résistivités vraies des différents corps en présence. Pour ce faire, on utilise un programme d'inversion (Res2Dinv ; Loke, 1997) qui, par une méthode itérative (Loke & Barker, 1996a), va donner un modèle géologique ou archéologique correspondant aux données de terrain : l'inversion.

- Traitement des données avant l'inversion

Avant l'inversion, il est parfois nécessaire de faire quelques traitements. Ceci afin d'obtenir un meilleur résultat. Parmi ces opérations, on peut citer : soustractions des valeurs négatives, introduction de la topographie, élimination des valeurs aberrantes, etc.... Cette

dernière consiste généralement à faire réduire le Root-Mean-Squared (RMS) ou écart quadratique moyen.

- Principe de l'inversion

La méthode d'inversion utilisée par le programme est basée sur la méthode des moindres carrés, en utilisant la méthode de différence finie pour le calcul de la résistivité. Elle utilise la méthode de lissage par contrainte pour déterminer le modèle approximatif.

Tenant compte des points expérimentaux, le RES2DINV subdivise le modèle 2D en blocs rectangulaires dont la taille augmente avec la profondeur, à cause de la perte de résolution de la méthode électrique. A l'intérieur de chacun de ces blocs, le logiciel attribue une valeur de résistivité apparente calculée à partir des points de mesure

Grâce à la méthode itérative, le logiciel essaie de réduire la différence entre les valeurs calculées et mesurées de résistivité apparente en ajustant la résistivité vraie de chaque bloc. Une mesure de cette différence est donnée par l'erreur RMS. En général, le modèle le plus fiable est habituellement obtenu après 4 à 6 itérations.

En ce qui concerne la méthode itérative, le logiciel RES2DINV calcule, à l'aide d'une matrice de dérivée partielle, la valeur de résistivité vraie de chaque bloc.

Pour cette opération, les premières valeurs qu'il introduit dans cette matrice sont les valeurs apparentes qui lui permettent de donner un premier modèle approximatif. A partir de ce modèle, il injecte un courant fictif et recalcule les valeurs apparentes. Il compare ensuite cette coupe de résistivité apparente avec celle qui a été dessinée à l'aide des valeurs mesurées (La comparaison lui permet de corriger la matrice et de recalculer un modèle plus précis. Il en est de même pour la chargeabilité.

Voici par exemple un modèle géoélectrique après inversion :

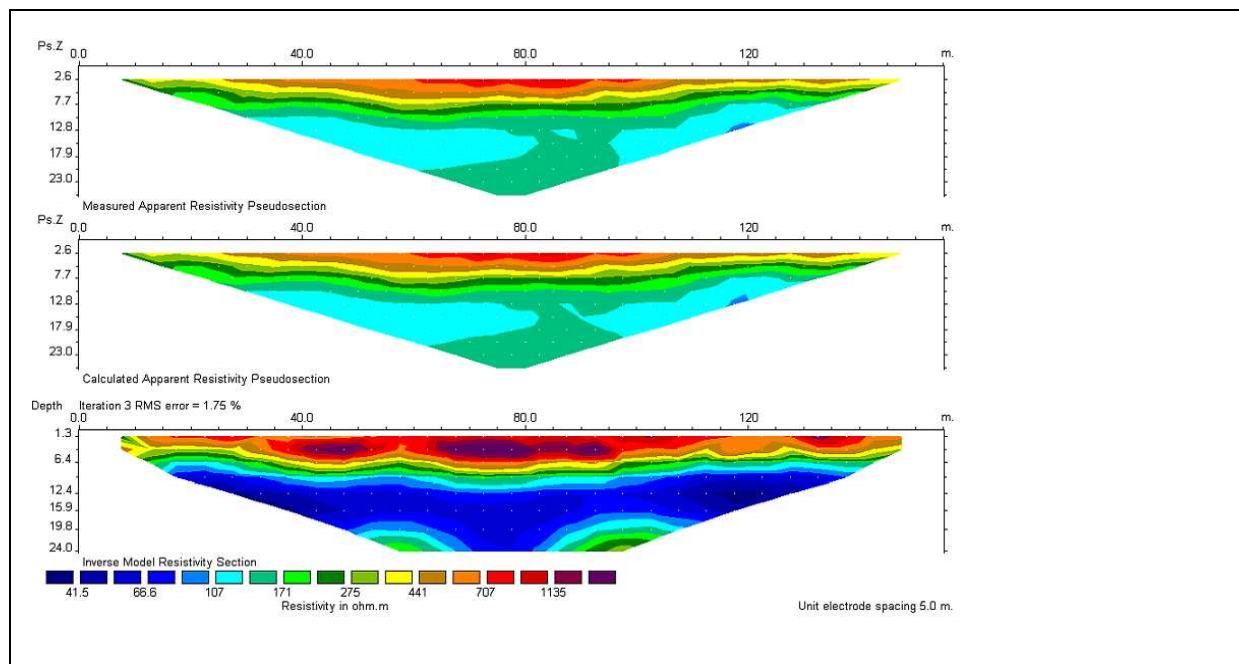


Figure 16: Profils géoélectrique en résistivités apparentes

De même pour la chargeabilité, il y a les valeurs mesurées, ensuite les valeurs recalculées par le logiciel et enfin la chargeabilité vraie affinée après plusieurs itérations.

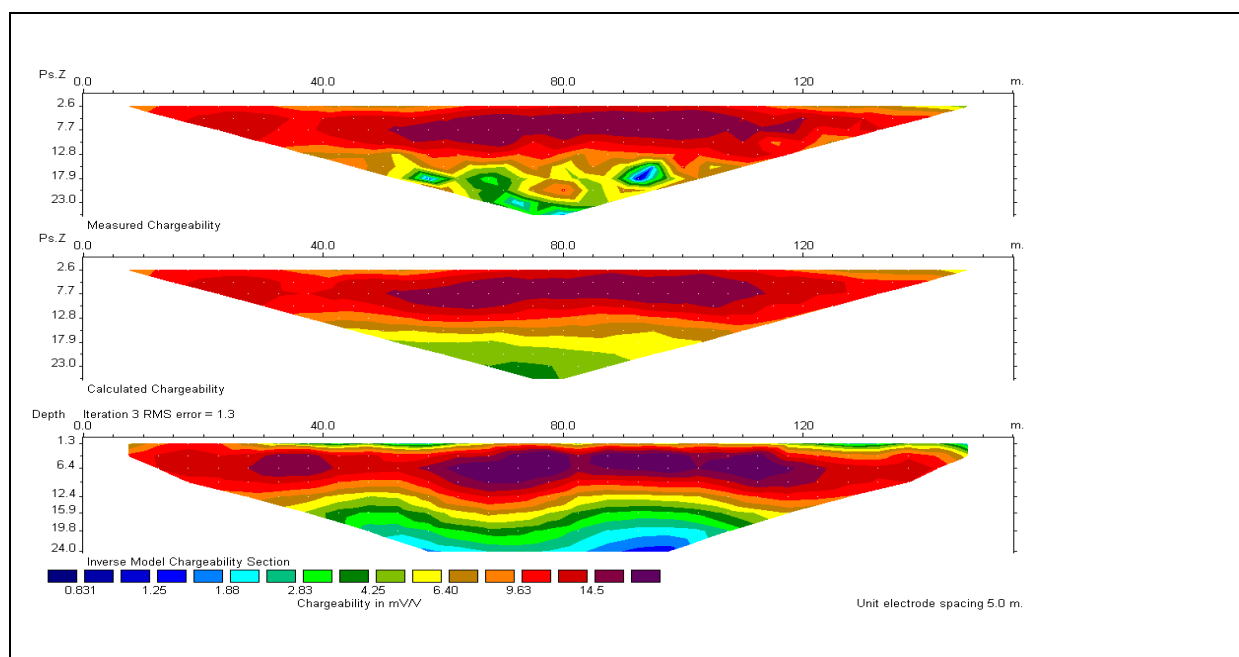


Figure 17: Profils géoélectrique en chargeabilité

TROISIEME PARTIE

# INTERPRETATION ET RESULTATS

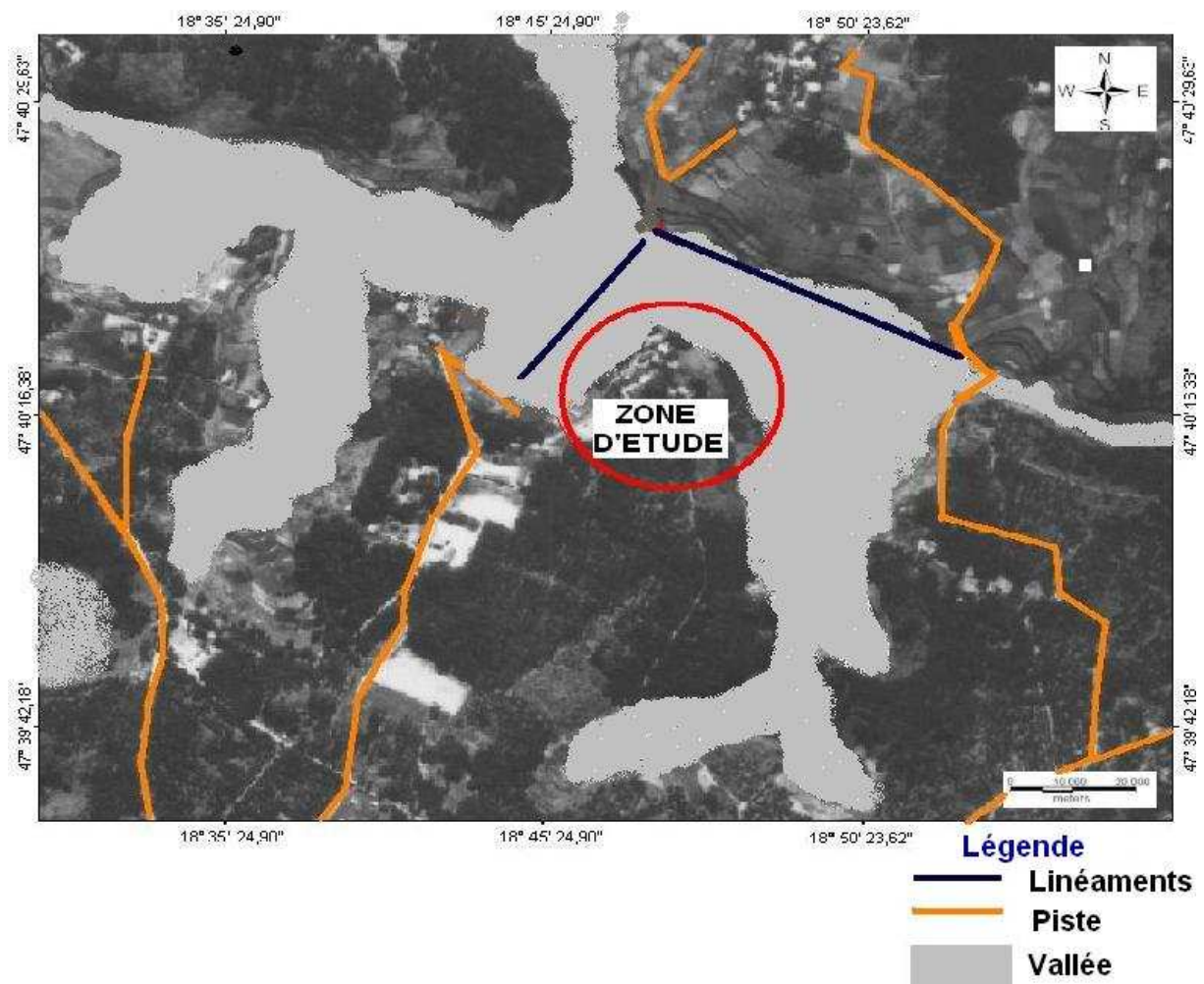
*Rapport-gratuit.com*   
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



Dans cette partie on donne les interprétations et les résultats de la photographie aérienne, des courbes de sondages et des coupes géoélectriques.

### III.1 INTERPRETATION DE LA PHOTOGRAPHIE AERIENNE

Les linéaments et/ou les fractures ont été identifiés à l'aide d'un stéréoscope. On a alors constaté que le site d'étude se trouvant à l'intérieur des vallées est généralement situé sur des lignes de crête, suivant une direction généralement NNE-SSW. Le village de Viliahazo est entouré par des linéaments représentés par les lignes bleues sur la photo ci-dessous.



Source : FTM

Figure 18: Linéaments dans la vallée de Viliahazo

Sur la photographie aérienne, on a deux linéaments, un au Nord-Est de notre zone d'étude juste à la limite de la vallée et suit une direction N 120°, il est du type structural,



tandis que, l'autre se situe à l'intérieur de la vallée à l'Ouest du village et c'est un linéament morphologique, sa direction est N 45°.

Lors de notre descente sur terrain, on constate que le linéament structural se ressemble à une faille et il favorise la circulation de l'eau en surface par rapport au linéament de type morphologique. Et après analyse, le point d'intersection des deux linéaments est la zone importante à l'accumulation d'eau. Alors, l'interprétation de la photographie aérienne nous permet de déterminer le sens d'écoulement souterrain. Ici, le sens d'écoulement souterrain pourrait être vers le N330°.

On a alors effectué des sondages et des panneaux dont les directions des lignes telluriques et des profils ont été choisies perpendiculaires à celles des linéaments indiqués ci-dessus. Ceci pour mettre en évidence clairement la présence éventuelle de zones aquifères caractérisées par des résistivités inférieures à 400  $\Omega$ m.

## III.2 SONDAGES

C'est une technique d'investigation verticale du sous-sol. Elle donne à la verticale du point de mesure la distribution des résistivités du sous-sol. On utilise le dispositif Schlumberger dans lequel les 4 électrodes sont alignées et chaque paire d'électrodes (électrodes d'injection et électrodes de potentiel) est disposée symétriquement de part et d'autre du point de mesure.

Les données de sondages obtenus sont représentées sur du papier bilogarithmique tel que la distance AB/2 se trouve en abscisses et la résistivité apparente en ordonnées. Cela nous donne une courbe appelée courbe de sondage électrique qui constitue le document d'interprétation du sondage. Le nombre de paliers ou de points d'inflexion de la courbe est le nombre de terrains ou couches tandis que l'interprétation à 1D des données de résistivité apparente à l'aide des abaques nous donnera un modèle approximatif caractérisé par les valeurs de résistivité vraie et d'épaisseur de chaque couche.

### III.2.1 Sondage électrique n°1

Le sondage n°1 dont le centre des mesures a pour coordonnées : S18°48'24.6''/ E047°40'12.4'' a une ligne tellurique dirigée vers la direction Est-Ouest. Il a été implanté tout près de l'un des deux puits à Viliahazo. La longueur de ligne AB adoptée a été de 300m ce

qui correspond à une profondeur d'investigation de l'ordre de  $AB/10 = 30$  m environ dans cette zone.

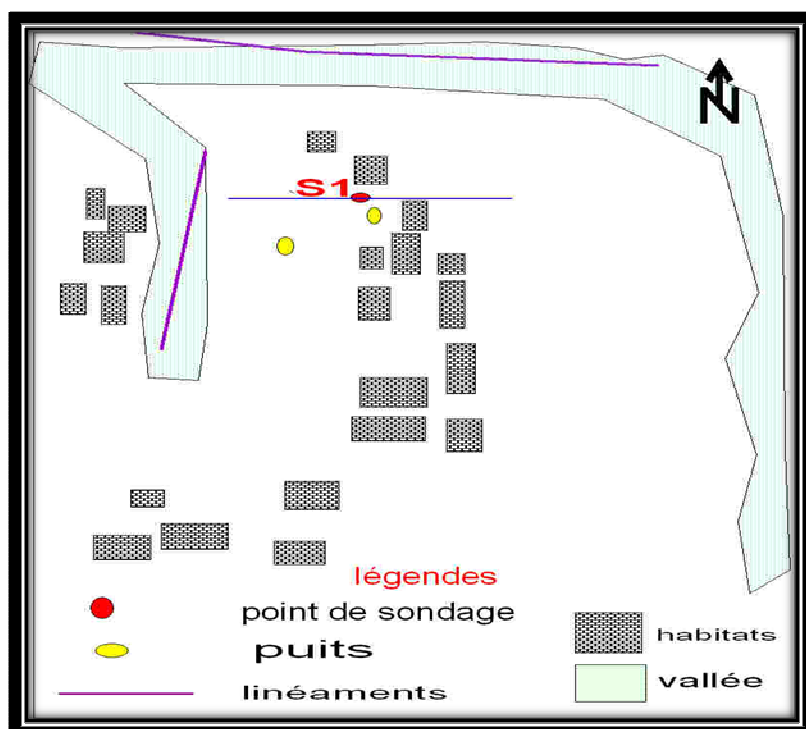


Figure 19: Position du sondage électrique n°1

On a alors obtenu la courbe de sondage ci-après :

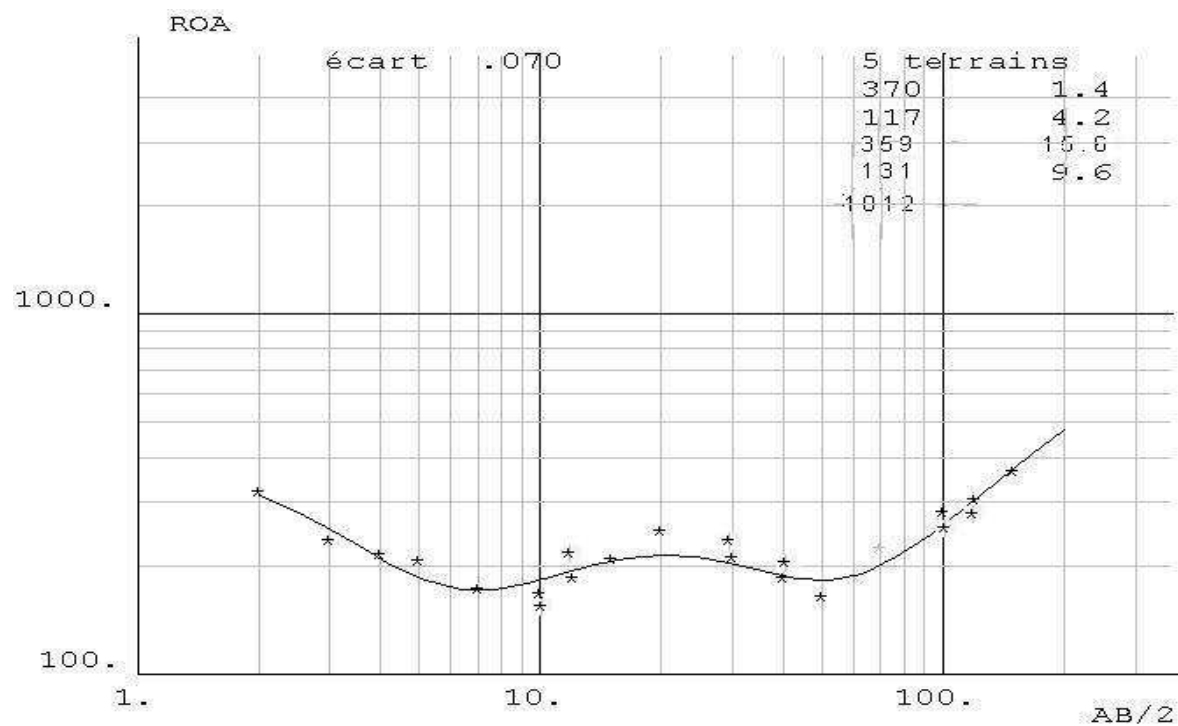


Figure 20 : Courbe de sondage n°1

### Interprétation de la courbe de Sondage n°1

La courbe de sondage montre la présence de 5 couches ayant des résistivités variant entre 117 et 1012  $\Omega$ m.

Sur la courbe de sondage n°1, on observe la succession de quatre terrains :

- une couche superficielle de résistivité 370  $\Omega$  m ayant une épaisseur 1,4m correspondant à la formation latéritique qui couvre toute la zone.
- la deuxième couche la moins résistante avec une résistivité de 117  $\Omega$  m et une épaisseur de 4,2m pourrait être la même formation que la précédente mais humide.
- la troisième couche ayant une résistivité de 359  $\Omega$  m avec une épaisseur d'environ 15,6m qui pourrait être la même formation que celle de la première couche c'est-à-dire des latérites.
- la quatrième couche est une couche conductrice de résistivité 131  $\Omega$  m et d'épaisseur 9,6m.
- et la dernière couche en profondeur très résistante, sa résistivité est de 1012  $\Omega$  m. elle pourrait être le socle.

### III.2.2 Sondage électrique n°2

Le deuxième sondage est réalisé sur un point ayant une altitude plus élevée que celle du premier sondage. Il est situé tout près du panneau numéros 4, de coordonné :

S18°48'28.7'' et E047°40'09.3''. Il s'étire dans une direction ESE-WNW, presque parallèle au sondage S1 et la longueur de ligne AB est de 300m ce qui correspond à une profondeur d'investigation de l'ordre de  $AB/10 = 30$  m environ pour la formation conductrice.

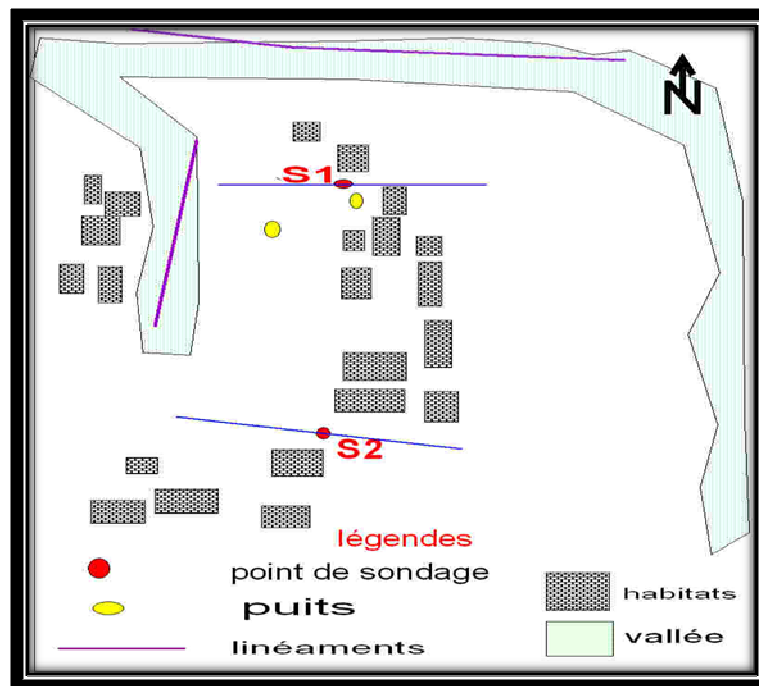


Figure 21 : Position du sondage électrique n°2

Après le traitement par ordinateur, on a obtenu la courbe de sondage représentée dans la figure 22

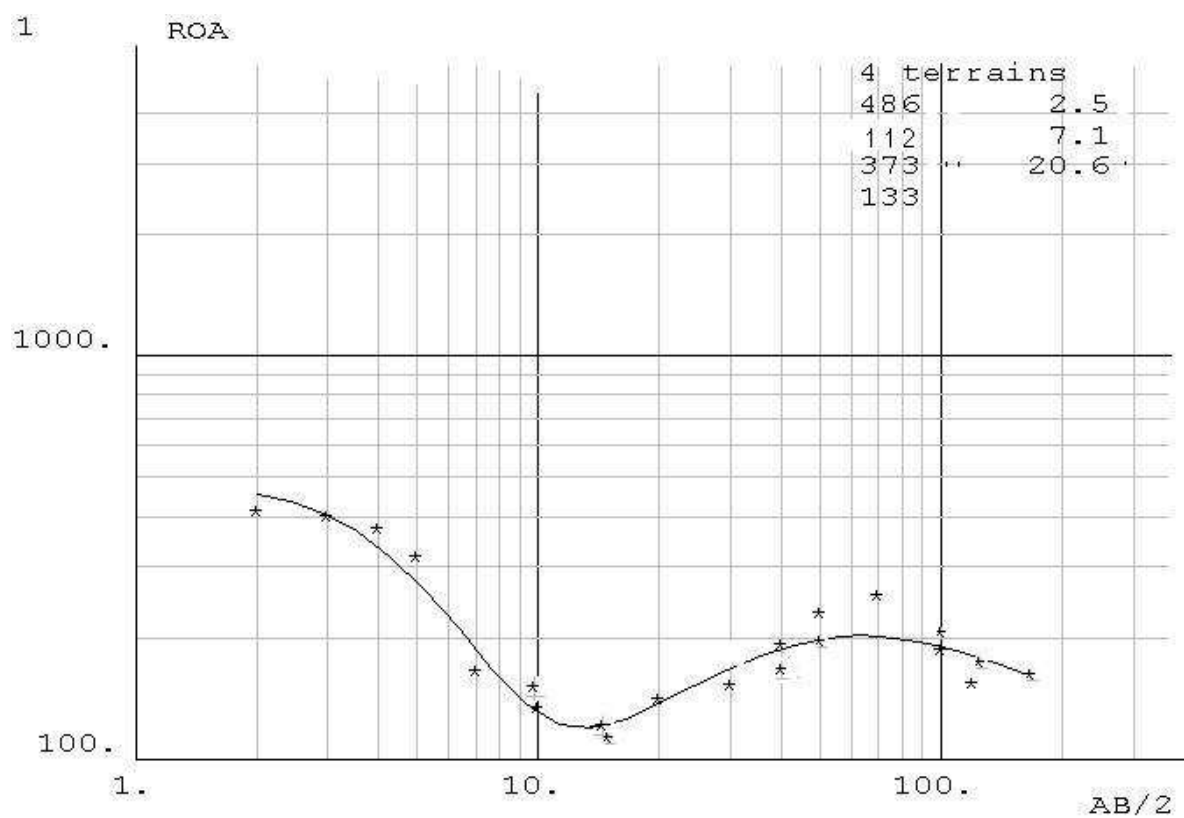


Figure 22: Courbe de sondage n°2

### Interprétation de la courbe de Sondage n°2

La courbe de sondage montre la présence de quatre formations dont,

- une couche superficielle résistante de résistivité  $486 \Omega \text{ m}$  ayant une épaisseur 2, 5m correspondant à une formation latéritique rencontrée en surface.
- une couche très conductrice de résistivité  $112 \Omega \text{ m}$  et d'épaisseur 7,1m ; elle peut être de l'argile.
- puis une couche résistante dont la résistivité est d'ordre de  $375 \Omega \text{ m}$  et la plus épais 20,6m. Cette couche pourrait être une altération de migmatite.
- la dernière couche conductrice, sa résistivité est de  $133 \Omega \text{ m}$ .

En regardant les deux courbes de sondage, on trouve que la longueur de la ligne tellurique (300m) est insuffisante, nous devons continués d'écarter l'électrode AB, mais face à l'inaccessibilité du terrain nous n'avons pu faire plus.

D'après ces interprétations des courbes de sondage, la zone d'étude est constituée par de la latérite très épaisse et en dessous de cette couche latéritique on a une altération de la migmatite qui caractérise cette zone avec une profondeur plus ou moins grande. La variation de la résistivité est due à l'altération ou bien à l'humidité de cette couche latéritique pour les deux types de formation (latérite et migmatite) ou pourrait être due à l'existence de fractures remplies d'eau ou d'altérites pour les migmatites. Alors, la nature d'aquifère qu'on pourrait avoir dans cette zone est un aquifère d'altération de cette formation latéritique ou un aquifère de socle de fissure.

Après la réalisation des deux sondages électriques, on a fait quatre panneaux dans le village de Viliahazo pour faire la vérification des résultats des sondages électriques et d'identifier la couche aquifère si celle-ci existe par interprétation des coupes géoélectriques.

### **III.3 LES COUPES GEOELECTRIQUES**

Pour les panneaux, lors de la première campagne, nous n'avons que le rouleau de fil de longueur totale de 155m correspondant à 32 électrodes dont la distance entre deux électrodes consécutives est de 5m et donne une profondeur d'investigation moyenne de 25m environ. Cette profondeur est insuffisante pour détecter la nappe dans cette zone car d'après les informations concernant les deux puits existant dans le village de Viliahazo, les profondeurs des puits sont de 27 et 30m. Donc, pour qu'on puisse avoir un bon résultat, il vaut mieux

utiliser le rouleau de fil de 320m qui permet de réaliser des panneaux avec une distance inter-électrode plus grande (10m). Et c'est ce que nous avons fait lors de notre deuxième campagne à Viliahazo.

En général, les choix des emplacements et les directions des panneaux étaient déterminés par la géomorphologie du terrain représenté sur la photographie aérienne de cette zone, mais aussi par les résultats donnés par le sondage électrique.

### III.3.1 Panneaux électriques avec le rouleau de fil de 155m

Les panneaux de distance inter-électrode de 5m faits à Viliahazo est au nombre de quatre (4).

#### III.3.1.1. Panneau électrique P1

Le panneau P1 a été implanté sur le point où on a fait le premier sondage électrique tout près des deux puits (direction Est- Ouest) pour confirmer les résultats donnés par le sondage, le premier puits est situé entre les points d'abscisse  $x=75\text{m}$  et  $x=80\text{m}$ , et entre  $x=105\text{m}$  et  $x=110\text{m}$  pour le deuxième sur le profil.

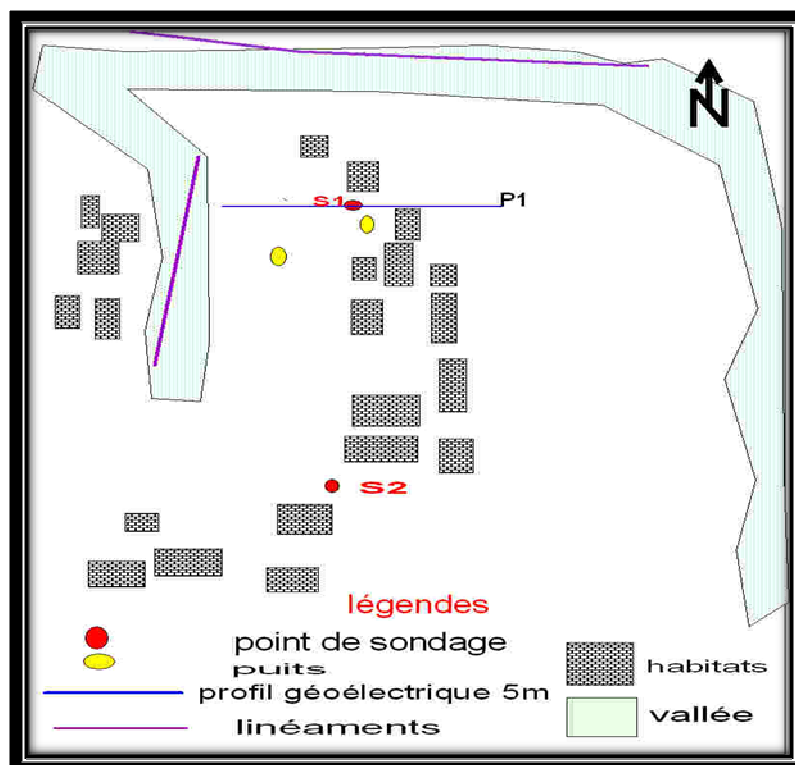


Figure 23: Position du profil géoélectrique P1

Le profil de ce panneau était perpendiculaire au linéament déjà indiqué auparavant dans la vallée à l'Ouest du village.

Le centre des mesures est situé à la latitude Sud 18°48'24.9'' et à la longitude Est 047°40'12.3''

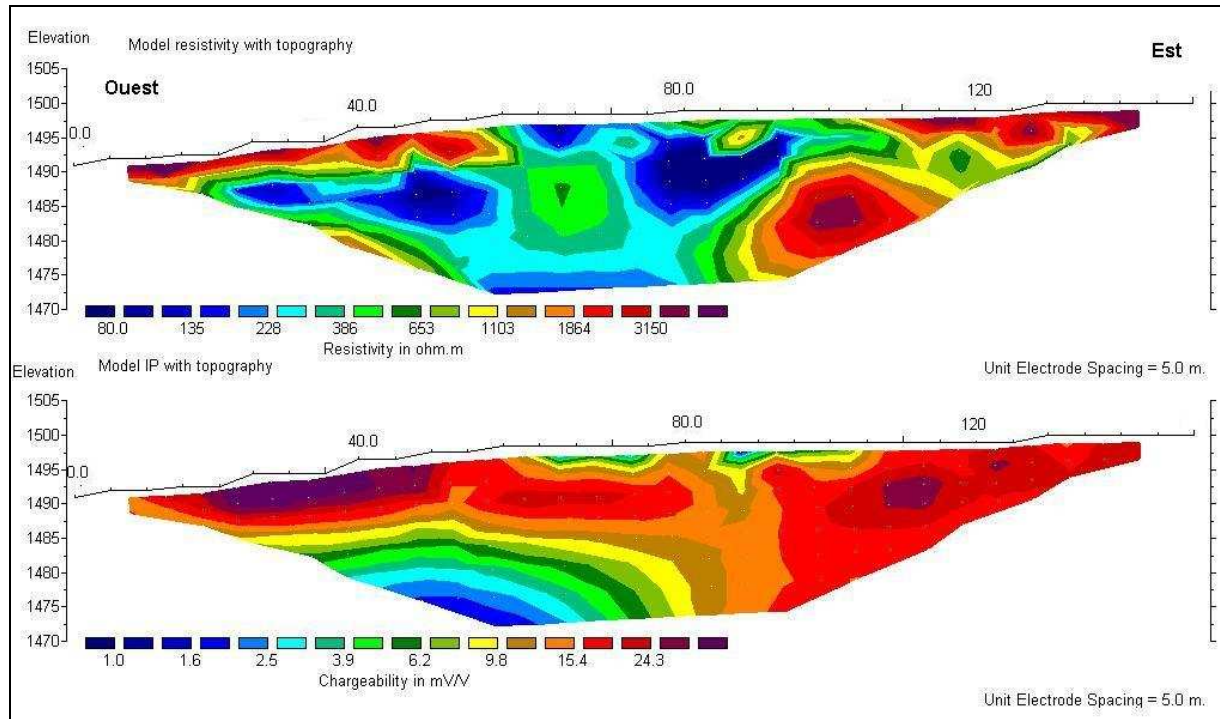


Figure 24: Coupes géoélectriques du panneau P1

La zone n'est pas tabulaire, on remarque une discontinuité latérale. Cette coupe montre la présence des trois (3) formations distinctes:

- une formation résistante (couleur variant de rouge foncé au marron) de résistivité variant de 1100Ωm à 3150Ωm d'épaisseur variable. Cette formation affleure en surface à la partie Ouest du profil entre les points de coordonnées x= 10 et x= 55m et à l'Est entre x=105m et x= 155m, dans cette zone, elle a une épaisseur à peu près 5m. Puis, on la rencontre aussi en profondeur de ce profil entre x= 30m et x= 65m avec une profondeur de 8m environ et d'épaisseur 15m. Cette formation correspond à la latérite qui recouvre cette zone.
- ensuite une formation intermédiaire moyennement résistante (couleur variant du jaune au vert foncé) de résistivité comprise entre 300Ωm à 1100Ωm, affleure en surface entre les coordonnées x=75 et x= 105m. Cette couche pourrait être de la migmatite moins altérée.
- enfin une formation conductrice (couleur bleu foncé au bleu clair) de résistivité inférieure à 300Ωm qui affleure en surface entre x=75 et x=55m. cette formation est

encaissée à l'intérieure de la formation moyennement conductrice. Elle pourrait être de la migmatite plus altérée et pourrait être la formation aquifère dans ce profil.

La coupe de chargeabilité (figure 24, bas) met surtout en évidence une zone de très faible chargeabilité (couleur allant de vert clair vers orange) variant de 1 à 6,2mV/V qui correspond à la zone identifiée comme l'aquifère dans la coupe de résistivité. Ce qui indiquerait que l'aquifère comporterait des formations plus ou moins poreuses. Le type de l'aquifère est donc un aquifère d'altération à nappe semi-captive.

### III.3.1.2 Panneau électrique P2

Après avoir vu le résultat du panneau P1, nous avons décidé pour le panneau P2 à une direction perpendiculaire et coupe le panneau P1 (direction NNW-SSE) pour voir l'extension de la nappe trouvée par le panneau P1; le centre des mesures se situe à la latitude Sud  $18^{\circ}48'24.3''$  et à la longitude Est  $047^{\circ}40'12.4''$ .

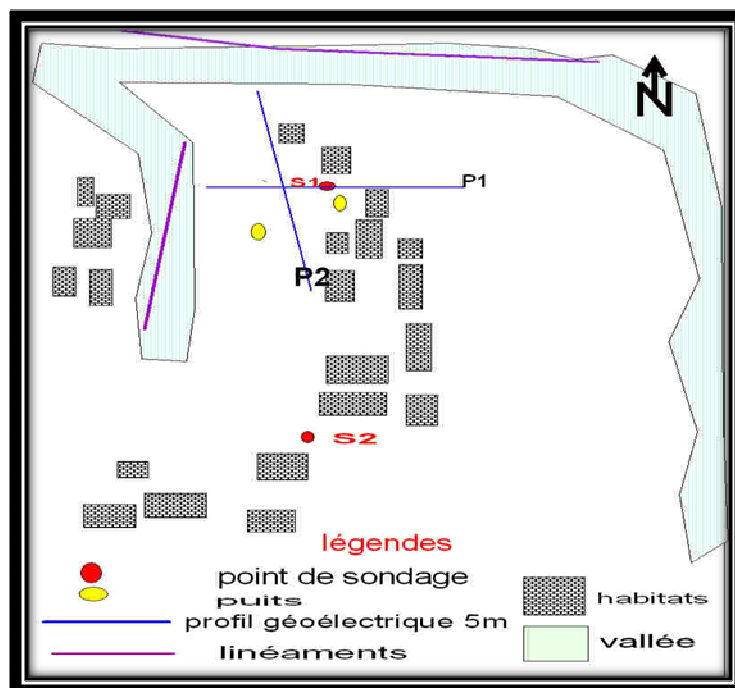


Figure 25 : Position du profil géoélectrique P2



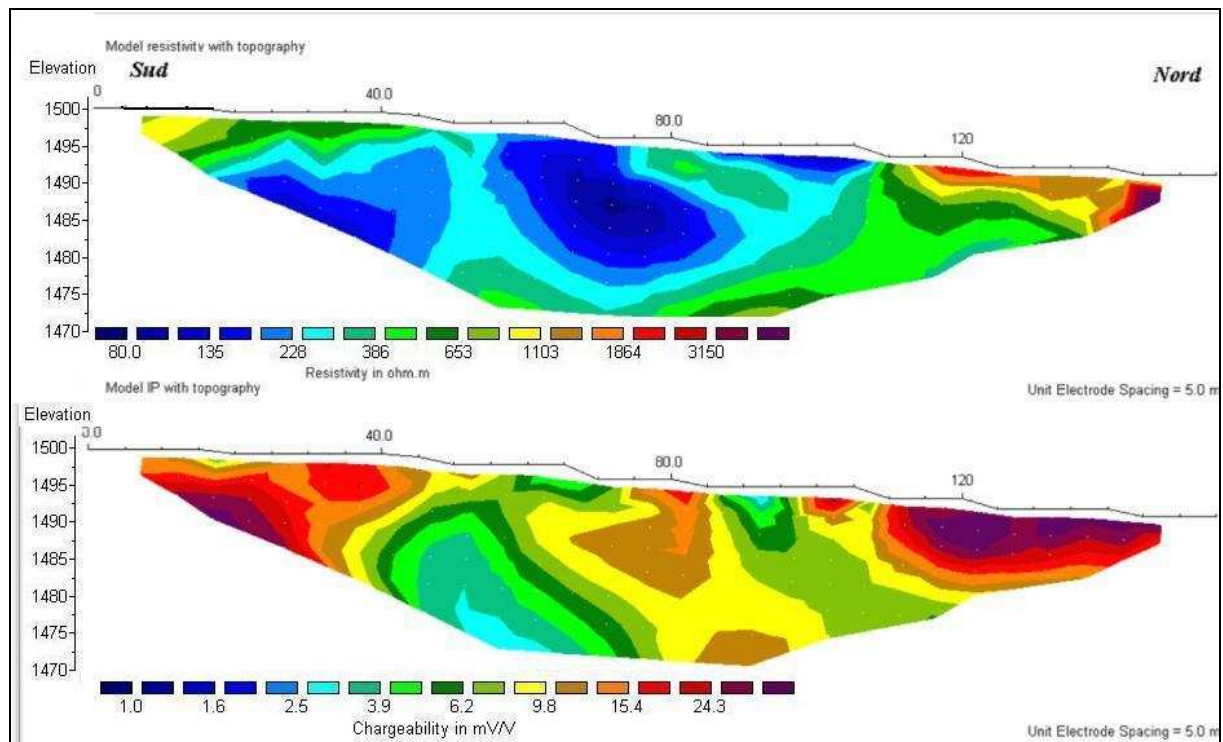


Figure 26: Coupes géoélectriques du panneau 2

Le panneau montre 3 formations :

- une formation résistante (couleur variant de marron au violet) de résistivité supérieure à  $1100\Omega\text{m}$ . elle s'affleure dans la partie Nord du profil (entre  $x=110$  et  $x=155\text{m}$ ), d'épaisseur moyenne de 6m et elle pourrait être de la latérite.
- ensuite une formation moyennement résistante (couleur variant du jaune au vert) qui recouvre en générale la formation la plus conductrice et en dessous de la formation la plus résistante. Cette formation s'affleure en surface dans la partie Sud du profil entre  $x=0$  et  $x=45\text{m}$  se et s'allonge vers la profondeur du profil vers la partie Nord. Sa résistivité comprise entre  $400\Omega\text{m}$  à  $1100\Omega\text{m}$ . Cette couche pourrait être de la migmatite plus ou moins altérée
- enfin, une formation conductrice (couleur bleu marine au bleu clair) de résistivité inférieur à  $400\Omega\text{m}$ . elle apparaît en surface entre  $x=45\text{m}$  et  $x=110\text{m}$ , en dehors de cette zone, elle est recouvert par les deux formations plus résistantes qu'elle. Son épaisseur moyenne égale à 10m. Elle pourrait représenter un aquifère.

La coupe de chargeabilité (figure, bas) met surtout en évidence une zone de très faible chargeabilité (couleur bleu vers vert) variant de 1 à  $6,2\text{mV/V}$  qui correspond à la zone identifié l'aquifère dans la coupe de résistivité. Ce qui indiquerait que l'aquifère comporterait des formations plus ou moins poreuses.

### III.3.1.3 Panneau électrique P3

Pour délimiter de la nappe observée sur la coupe géoélectrique du panneau P1, on a réalisé le troisième panneau P3. Il a été implanté avec la même distance inter-électrodes de celles des deux panneaux précédents (5 m), et nous l'avons effectué avec la direction ENE WSW. Il est presque parallèle au panneau P1, le centre des mesures se situe à la latitude Sud  $18^{\circ}48'26.9''$  et à la longitude Est  $047^{\circ}40'10.1''$ .

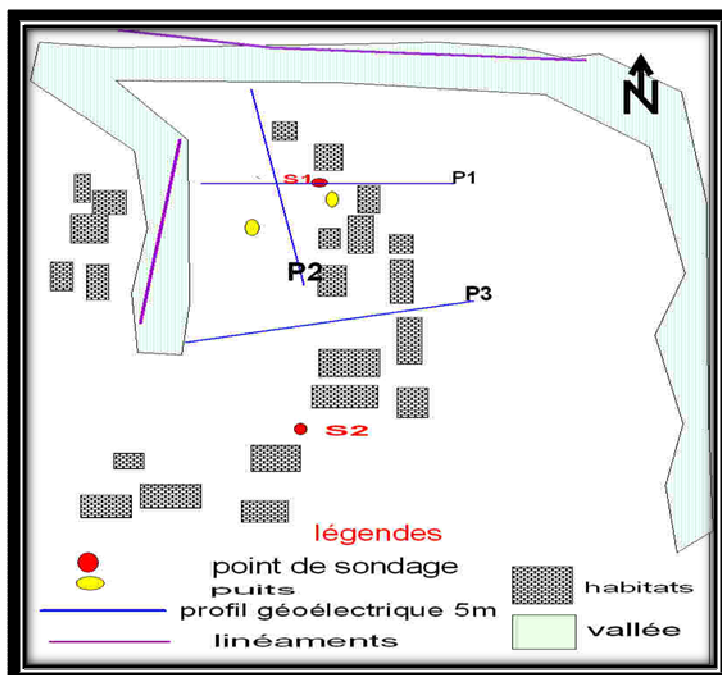


Figure 27: Position du profil géoélectrique P3

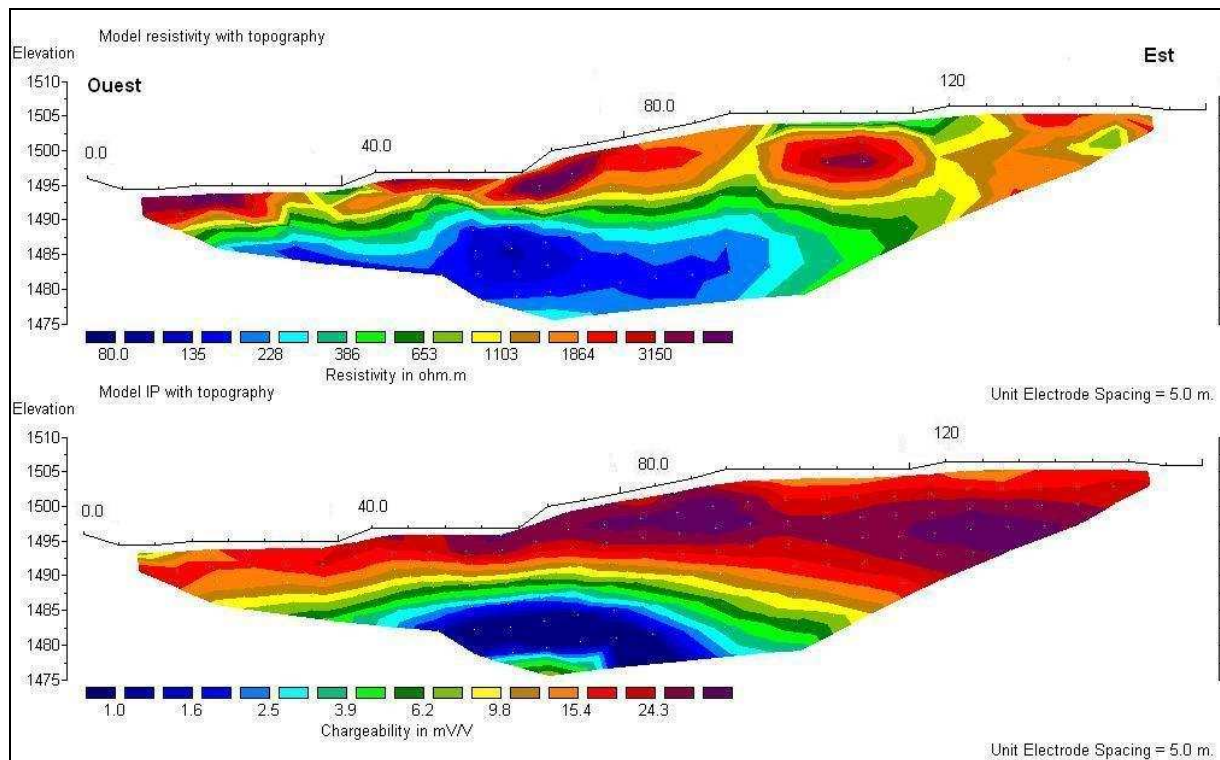


Figure 28: Coupes géoélectriques du panneau P3

La coupe de résistivité (figure, haut) montre l'existence de trois formations :

- une couche très résistante affleure entre l'abscisse  $x=5$  et  $x=30$ m, puis en  $x=60$  et  $x=115$ m, et en fin entre l'abscisse  $x=5$  et  $x=100$ m de couleur marron, rouge, violet, et de résistivité variant de 3200 à 1100  $\Omega$ m. Elle pourrait représenter la formation latéritique visualisée en surface.
- ensuite une formation moyennement résistante (de couleur verte à jaune) de résistivité entre 1100 à 400  $\Omega$ m. Cette formation affleure en surface par intercalation avec la première formation. Cette couche pourrait être une formation migmatitique plus ou moins altérée.
- et en fin une dernière formation conductrice en profondeur de ce profil (couleur bleu clair, bleu foncé) de résistivité inférieure à 400  $\Omega$ m. Elle a une épaisseur moyenne de 12m. Celle-ci est probablement l'aquifère vu la valeur de la chargeabilité (1 à 4 mV/V). Malgré la distance inter-électrode (5m) utilisée, on ne peut pas atteindre le substratum de la nappe.

#### III.3.1.4 Panneau électrique P4

Il est réalisé perpendiculairement au panneau P3 mais, parallèle à P2 pour voir l'extension de la nappe trouvée en P3. Le centre des mesures se situe à la latitude Sud  $18^{\circ}48'28.7''$  et à la longitude Est  $047^{\circ}40'09.3''$ , ce panneau est parallèle à P2, le profil est s'étirer suivant la direction N  $340^{\circ}$ .

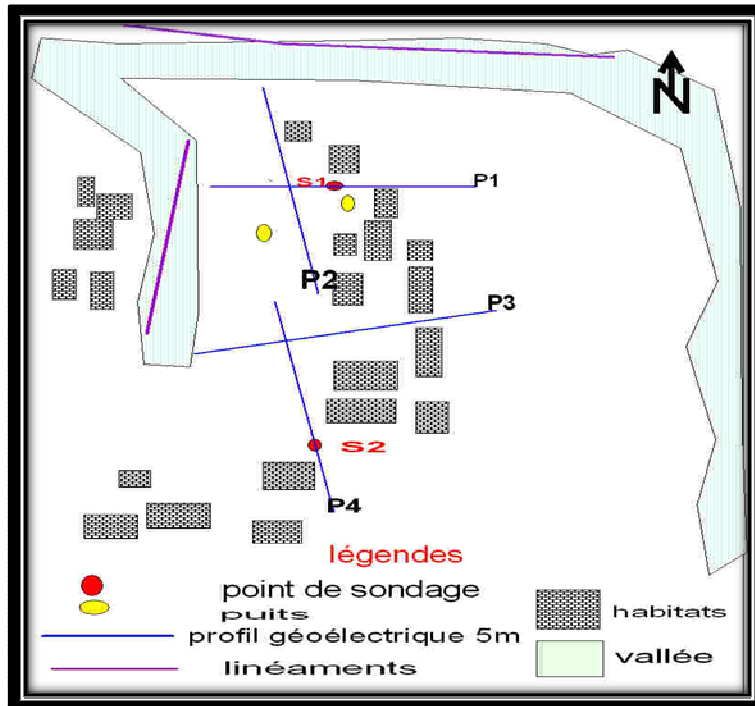


Figure 29: Position du profil géoélectrique P4

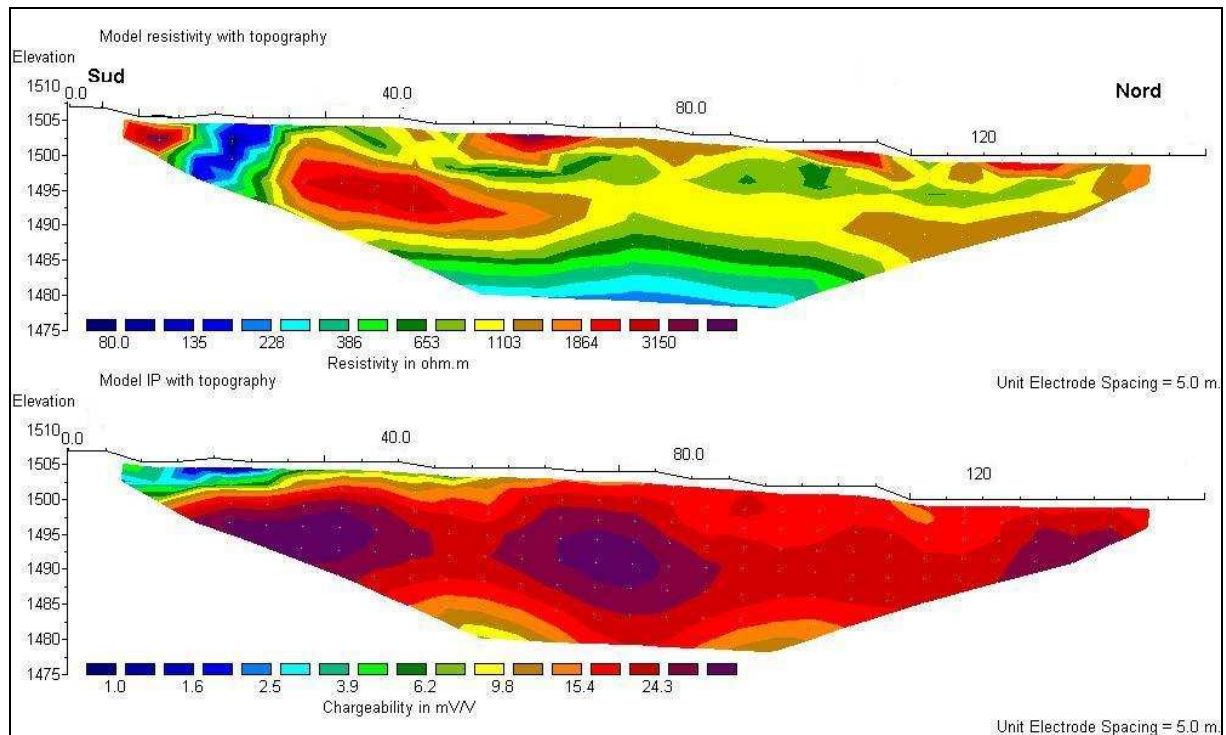


Figure 30: Coupes géoélectriques du panneau P4

La coupe de résistivité montre l'existence de trois formations :

- une formation superficielle (couleur marron, rouge, violet) très résistante de résistivité varie entre 3200 et 1200Ωm. Cette première couche correspond à la formation latéritique observée en surface sur le terrain.
- ensuite formation moyennement résistante (couleur vert claire, vert foncé, jaune) située en dessous de la formation précédente plus résistante. Cette deuxième formation a une résistivité varie entre 1200 et 400Ωm et pourrait être du socle altéré.
- et enfin, une troisième formation très conductrice (couleur bleu claire) au fond du profil, de résistivité inférieure à 400Ωm. avec cette valeur de résistivité, cette couche pourrait être du socle très altéré.

Malgré la profondeur d'investigation atteint pour ce panneau P4, la coupe de chargeabilité ne montre aucun indice sur l'aquifère. C'est pour cette raison que nous faisons le retour à Vilihazo pour refaire des panneaux mais avec le rouleau de fil de 320 m.

### III.3.2 Panneau avec le rouleau de fil de 310m

Le nombre de panneau réalisé durant cette nouvelle descente est au nombre de deux qui sont P5 et P6.

#### III.3.2.1 Panneau électrique P5

Le premier panneau de 10m noté P5 passe par l'extrémité Nord du panneau P2 et par le centre du sondage S2 dans la partie Sud et a une longueur de ligne deux fois plus grande que celle de P2. Le centre du panneau était placé sur le point de coordonné : S 18°48'25.7''/ E 047° 40'11.3''.

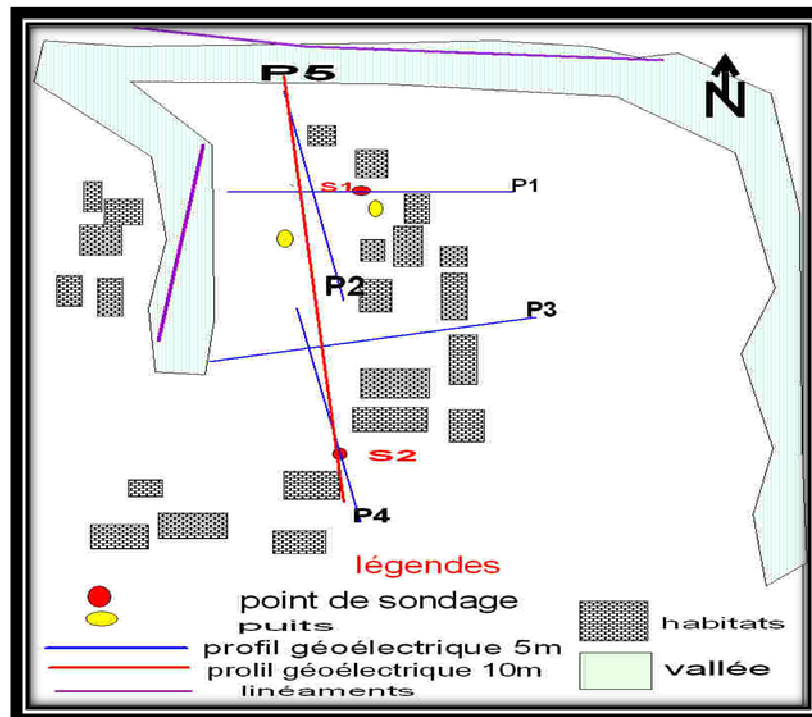


Figure 31: Position du profil géoélectrique P5



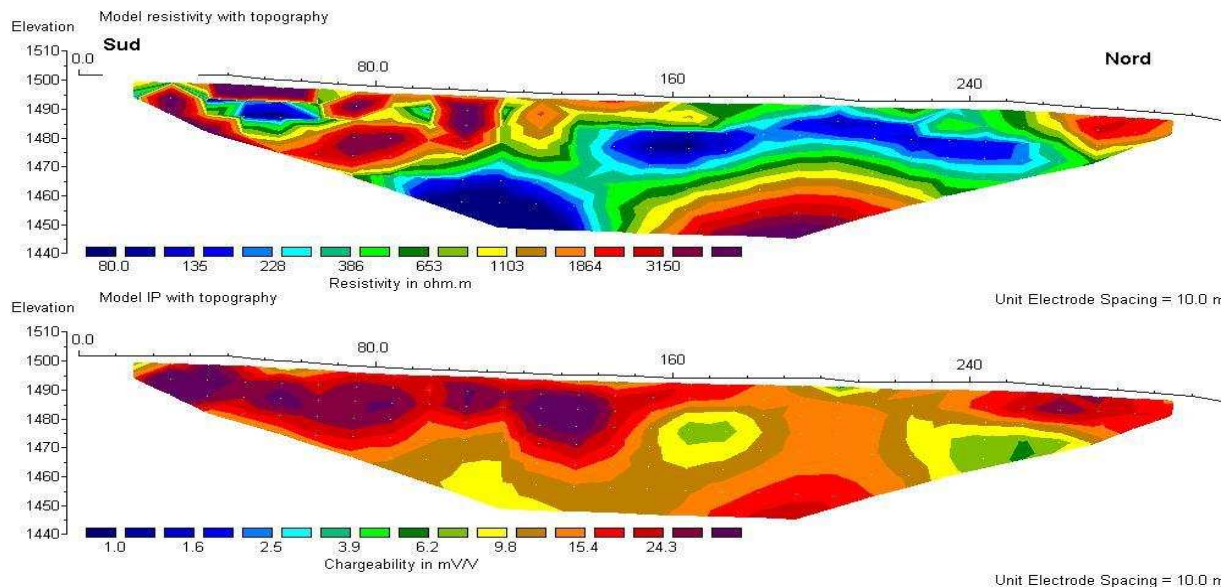


Figure 32: Coupes géoélectriques du panneau P5

Le panneau montre 3 formations :

- une formation superficielle résistante (couleur variant de rouge foncé au marron) de résistivité variant de 1200 à 32000Ωm avec une épaisseur moyenne de 10m, cette formation s'affleure en surface en x= 160m jusqu'à l'extrémité sud du profil puis, elle réapparaît entre x= 240m et x= 290m. Elle pourrait représenter la formation latéritique qui recouvre le village de Viliahazo.
- ensuite une couche moyennement résistante (couleur variant du jaune au vert foncé) de résistivité comprise entre 400 à 1200Ωm d'épaisseur moyenne de 5m. Elle occupe le long du profil. Cette couche pourrait être du socle altéré.
- enfin, une formation conductrice (couleur bleu foncé au bleu clair) de résistivité 80 à 400Ωm d'épaisseur moyenne de 10m, elle couvre le long du profil. Elle pourrait être aussi une formation latéritique humide et pourrait représenter un aquifère sur ce profil.

La coupe de chargeabilité montre des valeurs comprises entre 4 à 12mV/V dans la zone de localisation de l'aquifère indiquée par la coupe de résistivité, ceci indiquerait que l'aquifère comportait de formations plus ou moins poreuse.

### III.3.2.2 Panneau électrique P6

Pour pouvoir obtenir la profondeur, l'épaisseur de la nappe ainsi que celle du substratum observé par la coupe géoélectrique du panneau P3 réalisé avec le fil de 5m ce deuxième panneau de 10mètre P6 est placé sur le même emplacement du troisième panneau P3 c'est-à-dire il suit une direction Est-Ouest.

Centre: S18°48'27.1/ E O47°48'10.4''

E1: S18°48'28.8/ E O47°48'16.5''

E1: S18°48'25.3''/ E O47°48'06.1''

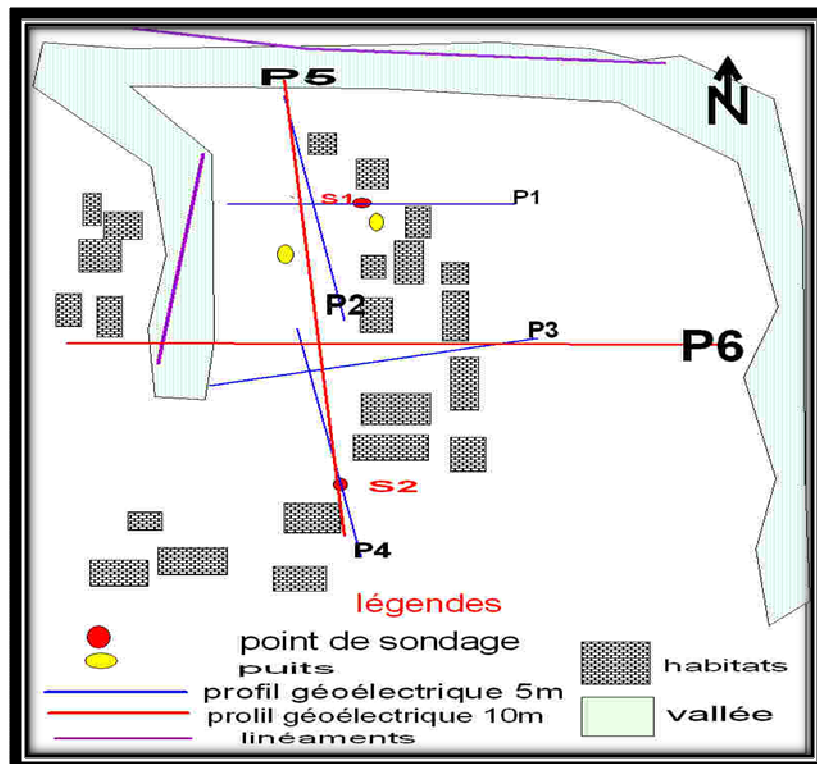


Figure 33: Position du profil géoélectrique P6



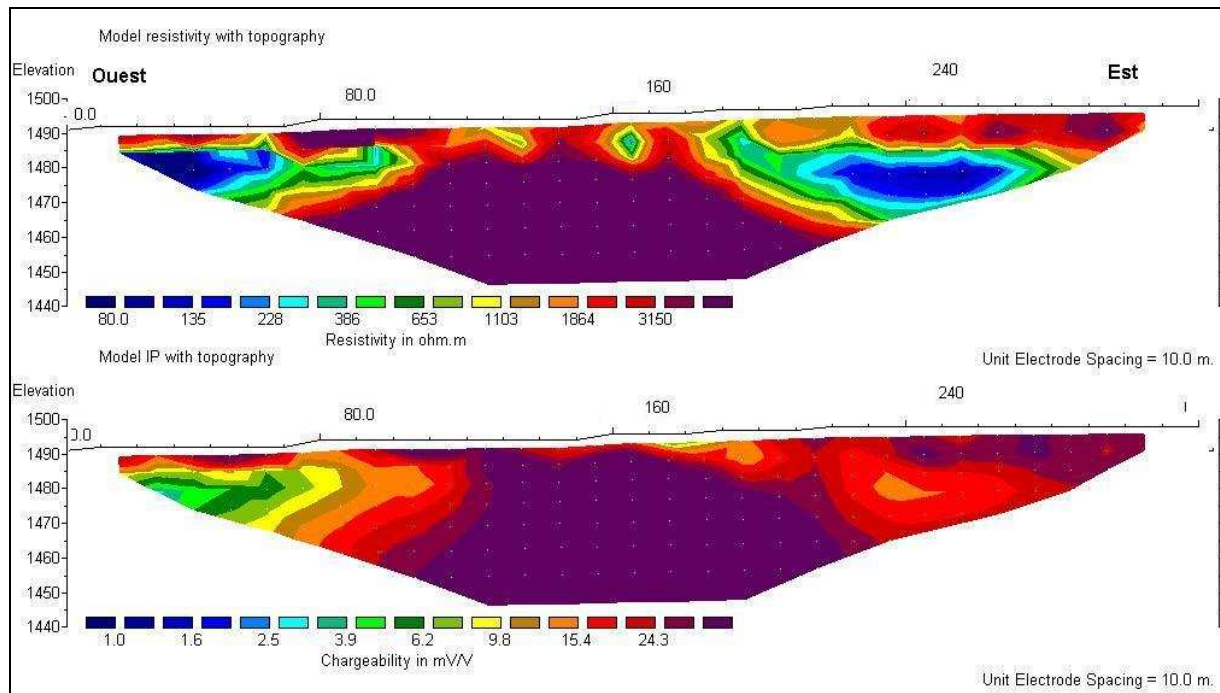


Figure 34: Coupes géoélectriques du panneau P6

Le panneau montre la présence de 3 formations :

- Puis une formation conductrice (couleur bleu foncé au bleu clair) de résistivité inférieure à 400  $\Omega\text{m}$ . Elle est présente dans la partie Ouest du profil entre  $x=5\text{m}$  et  $x=110\text{m}$  avec une épaisseur moyenne de 7m et dans la partie Est entre  $x=170\text{m}$  et 290m. Elle est encaissée à l'intérieur de la formation moyennement résistante. Elle pourrait représenter la formation migmatite très altérée et peut être la zone aquifère.
- une formation moyennement résistante (couleur variant du jaune au vert) de résistivité comprise entre 400 à 1100 $\Omega\text{m}$  d'épaisseur moyenne de 5m recouverte par la formation la plus résistante donc, elle n'affleure pas en surface. Elle a une épaisseur environ 15 mètres. Cette couche pourrait être de la migmatite moins altérée.
- enfin, une formation très résistante (couleur variant de rouge foncé au marron) de résistivité 1200 à 3200 $\Omega\text{m}$ . Ici, le profil est occupé généralement par cette formation. Cette couche pourrait être la formation migmatite saine qui caractérise cette zone et elle forme le substratum de la nappe dans ce profil.

Pour cette formation aquifère se trouvant à une profondeur environ 15m, la valeur de la chargeabilité est très intéressante (1 à 8mV/V), elle montre que la formation est poreuse.

En conclusion, pour le village de Viliahazo, d'après les résultats des panneaux réalisés, on a bien détecté l'eau souterraine avec une profondeur plus ou moins profonde comprise entre 15 et 27m. Cette variation est due à la variation topographique de la zone et aussi à la formation géologique présente. L'aquifère est un aquifère d'altération à nappe semi-captive dans cette zone.

## CONCLUSION

D'après les calculs faits, les deux puits existants à Viliahazo ne peuvent pas satisfaire les besoins en eau de sa population. Or, l'analyse des photos aérienne, le linéament observées après traitement passe dans ce secteur est un lieu préférentiel de la circulation d'eau.

L'existence de nappe est probable pour le village de Viliahazo.

En effectuant cette campagne géophysique, pour la prospection d'eau souterraine, on a fait le bon choix de la méthode de prospection lors de l'étude de faisabilité, qui est la méthode électrique par la réalisation des sondages électriques qui nous donnent les contrastes de résistivité permettant à la détermination du nombre du terrain ainsi que sa nature, et des panneaux qui vérifient, contrôlent les résultats obtenus par les courbe de sondage. Les valeurs de la résistivité plus chargeabilité représentés sur les coupes géoélectrique déterminent la formation aquifère suivant le profil.

Avec les panneaux de distance inter-électrode 5m, la profondeur d'investigation moyenne de 25m ne peut pas donner un résultat satisfaisant pour cette étude. C'est pourquoi, nous avons refaire deux panneaux de distance inter-électrode de 10m pour bien déterminer la cible.

Alors, pour le point favorable à l'implantation d'un puits, par le traitement des données des six (6) panneaux et leurs interprétations, nous décidons de le mettre suivant le profil géoélectrique donné par le panneau P6 sur  $x = 70m$ . Sur ce profil, la nappe est très visible, avec faible profondeur (15m), et l'épaisseur de la nappe est importante face aux autres nappes trouvées sur les autres profils.

Pour conclure, on a atteint notre objectif pour cette étude à Viliahazo. En plus, ce stage au sein de l'Institut d' Observation Géophysique Appliquée m'a permis de renforcer ma connaissance acquis durant les deux ans de formation en MSTGA. A vrai dire, après avoir effectué cette campagne de prospection géophysique par réalisation des sondages électriques et des panneaux on est sûr qu'en sortant dans cet établissement on sera capable de diriger une équipe pour les travaux de prospection électrique, notamment le sondage et le panneau électriques.

# ANNEXES



## Annexe 1: DONNEES CLIMATIQUES

PLUVIOMETRIE (en mm)

TEMPERATURE MAXIMALE

TEMPERATURE MINIMALE (en °C)

Année 2004- 2008

Station météorologique d'Ampandrianomby

### Année 2004

Mois	Pluviométrie (mm)	Nb de jours	T° max	T° min
Janvier	<b>252.7</b>	<b>23</b>	<b>26.8</b>	<b>17.8</b>
Février	<b>247.6</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>17.5</b>
Mars	<b>100.1</b>	<b>17</b>	<b>24.5</b>	<b>17</b>
Avril	<b>39.5</b>	<b>11</b>	<b>25.8</b>	<b>15.5</b>
Mai	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>13.2</b>
Juin	<b>5.6</b>	<b>10</b>	<b>20.1</b>	<b>11.1</b>
Juillet	<b>2.3</b>	<b>3</b>	<b>21.6</b>	<b>11.2</b>
Août	<b>23.7</b>	<b>5</b>	<b>22.5</b>	<b>11.2</b>
Septembre	<b>6.6</b>	<b>5</b>	<b>24.6</b>	<b>13</b>
Octobre	<b>7.2</b>	<b>4</b>	<b>26.4</b>	<b>7</b>
Novembre	<b>145.6</b>	<b>14</b>	<b>26.3</b>	<b>15.4</b>
Décembre	<b>304.9</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>17.2</b>

### Année 2005

Mois	Pluviométrie (mm)	Nb de jours	T° max	T° min
Janvier	<b>268.8</b>	<b>19</b>	<b>26.7</b>	<b>17.6</b>
Février	<b>223.4</b>	<b>19</b>	<b>27.7</b>	<b>17.9</b>
Mars	<b>207.8</b>	<b>19</b>	<b>27</b>	<b>17.6</b>
Avril	<b>86.9</b>	<b>12</b>	<b>26.3</b>	<b>16.1</b>
Mai	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>22.8</b>	<b>14.2</b>
Juin	<b>1.6</b>	<b>3</b>	<b>21.9</b>	<b>12.5</b>
Juillet	<b>28.1</b>	<b>4</b>	<b>20.5</b>	<b>10.4</b>
Août	<b>5.6</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>10.7</b>
Septembre	<b>4.1</b>	<b>5</b>	<b>22.1</b>	<b>11.6</b>

Octobre				
Novembre	<b>143.6</b>	<b>13</b>	<b>24.1</b>	<b>15.3</b>
Décembre	<b>271</b>	<b>26</b>	<b>27.4</b>	<b>17.4</b>

Année 2006

Mois	Pluviométrie (mm)	Nb de jours	T° max	T° min
Janvier	<b>222.6</b>	<b>13</b>	<b>26.1</b>	<b>16.9</b>
Février	<b>69</b>	<b>14</b>	<b>26.6</b>	<b>17.2</b>
Mars	<b>197.9</b>	<b>11</b>	<b>26.9</b>	<b>17.2</b>
Avril	<b>44.4</b>	<b>7</b>	<b>26.1</b>	<b>16.1</b>
Mai	<b>6.6</b>	<b>6</b>	<b>24.8</b>	<b>14.3</b>
Juin	<b>5.1</b>	<b>2</b>	<b>22.3</b>	<b>12.2</b>
Juillet	<b>2.5</b>	<b>3</b>	<b>20.3</b>	<b>11.2</b>
Août	<b>4.4</b>	<b>3</b>	<b>21.9</b>	<b>11.6</b>
Septembre	<b>4.7</b>	<b>2</b>	<b>23.8</b>	<b>12.1</b>
Octobre	<b>47</b>	<b>6</b>	<b>25.4</b>	<b>13.7</b>
Novembre	<b>112.3</b>	<b>10</b>	<b>27.3</b>	<b>16.1</b>
Décembre	<b>203.4</b>	<b>12</b>	<b>26.3</b>	<b>17.3</b>

Année 2007

Mois	Pluviométrie (mm)	Nb de jours	T° max	T° min
Janvier	<b>441.6</b>	<b>29</b>	<b>25.5</b>	<b>18.2</b>
Février	<b>397.8</b>	<b>21</b>	<b>26.2</b>	<b>18.1</b>
Mars	<b>75.5</b>	<b>12</b>	<b>26.5</b>	<b>16.9</b>
Avril	<b>55.9</b>	<b>8</b>	<b>25.2</b>	<b>16.0</b>
Mai	<b>41.6</b>	<b>4</b>	<b>24.2</b>	<b>14.7</b>
Juin	<b>4.8</b>	<b>2</b>	<b>21.3</b>	<b>10.8</b>
Juillet	<b>8.6</b>	<b>4</b>	<b>20.9</b>	<b>11.7</b>
Août	<b>0.2</b>	<b>1</b>	<b>22.0</b>	<b>10.8</b>
Septembre	<b>5.6</b>	<b>3</b>	<b>23.1</b>	<b>12.7</b>
Octobre	<b>86.0</b>	<b>6</b>	<b>25.3</b>	<b>13.5</b>
Novembre	<b>111.8</b>	<b>8</b>	<b>28.1</b>	<b>16.2</b>
Décembre	<b>270.7</b>	<b>12</b>	<b>27.2</b>	<b>16.5</b>

Mois	Pluviométrie (mm)	Nb de jours	T° max	T° min
Janvier	<b>192.0</b>	<b>14</b>	<b>26.5</b>	<b>17.8</b>
Février	<b>337.6</b>	<b>12</b>	<b>25.0</b>	<b>17.3</b>
Mars	<b>52.7</b>	<b>11</b>	<b>25.7</b>	<b>16.2</b>
Avril	<b>98.6</b>	<b>5</b>	<b>25.7</b>	<b>16.0</b>
Mai	<b>19.1</b>	<b>3</b>	<b>22.8</b>	<b>13.2</b>
Juin	<b>6.8</b>	<b>7</b>	<b>21.3</b>	<b>11.2</b>
Juillet	<b>5.5</b>	<b>7</b>	<b>22.0</b>	<b>10.8</b>
Août	<b>0.2</b>	<b>1</b>		
Septembre	<b>51.3</b>	<b>6</b>	<b>25.3</b>	<b>13.5</b>
Octobre	<b>28</b>	<b>7</b>	<b>26.3</b>	<b>14</b>
Novembre	<b>256</b>	<b>18</b>	<b>27.6</b>	<b>17.7</b>
Décembre				

## Annexe 2: FEUILLE DE MESURES SONDAGE S1

Sondage électrique S<sub>01</sub>

Lieu : village de Viliahazo

Date : 23 novembre 2009

Direction : Est-Ouest

Observateurs :

ALTITUDE : 1493m

latitude : S18°48'24.6''

Longitude : E047°40'12.6''

AB/2 (m)	MN (m)	$\rho_a$ ( $\Omega.m$ )
2	1	320
3	1	233
4	1	214
5	1	206
7	1	171
10	1	156
10	2	163
12	2	184
12	1	175
15	2	208
20	2	249
30	2	210
30	10	197
40	2	183
40	10	193
50	10	255
70	10	277
100	10	301
100	40	324
120	40	352
120	10	525
150	10	768



### Annexe 3: FEUILLE DE MESURE S2

Sondage électrique S<sub>02</sub>

Lieu : village de Viliahazo

Date : 24 novembre 2009

Direction : Est- Ouest

Observateurs :

ALTITUDE : 1493m

latitude : S18°48'28.7''

Longitude : E047°40'12.6''

AB/2 (m)	MN (m)	$\rho_a$ ( $\Omega.m$ )
2	1	410
3	1	399
4	1	370
5	1	315
7	1	165
10	1	134
10	2	124
12	2	129
12	1	134
15	2	113
20	2	140
30	2	152
30	10	176
40	2	191
40	10	228
50	10	230
70	10	252
100	10	185
100	40	166
120	40	142
120	10	169
150	10	173

#### Annexe 4: EXEMPLE RESULTATS DE MESURE D'UN PANNEAU ELECTRIQUE

N° Mesure	Electrode A	Electrode M	Electrode N	Electrode B	Résistivité ( $\Omega m$ )	Chargeabilité (mV/V)
1	0	150	50	100	474.8	2.3
2	0	135	45	90	564.6	5.3
3	0	120	40	80	559.8	7.6
4	0	105	35	70	524.6	8.5
5	0	90	30	60	541.9	10.9
6	0	75	25	50	726.9	8.9
7	0	60	20	40	1038.5	13.5
8	0	45	15	30	1480.3	15.0
9	0	30	10	20	2147.9	14.1
10	0	15	5	10	1840.8	10.7
11	5	155	55	105	448.4	8.8
12	5	140	50	95	475.5	8.7
13	5	125	45	85	565.6	12.2
14	5	110	40	75	592.6	6.5
15	5	95	35	65	575.1	11.3
16	5	80	30	55	645.8	10.9
17	5	65	25	45	784.6	12.1
18	5	50	20	35	1312.7	15.0
19	5	35	15	25	1515.8	15.0
20	5	20	10	15	3102.7	12.1
21	10	145	55	100	459.2	6.7
22	10	130	50	90	557.4	9.5
23	10	115	45	80	617.3	9.2
24	10	100	40	70	597.3	11.1
25	10	85	35	60	685.7	12.3
26	10	70	30	50	770.9	11.8
27	10	55	25	40	1007.8	15.6
28	10	40	20	30	1637.7	15.5
29	10	25	15	20	1191.3	12.3
30	15	150	60	105	514.0	8.8
31	15	135	55	95	521.0	12.6
32	15	120	50	85	653.5	13.0
33	15	105	45	75	783.4	9.5
34	15	90	40	65	820.1	14.1
35	15	75	35	55	1016.6	12.3
36	15	60	30	45	1056.2	16.4

37	15	45	25	35	1602.4	16.6
38	15	30	20	25	2304.5	13.5
39	20	155	65	110	501.1	9.1
40	20	140	60	100	575.3	9.8
41	20	125	55	90	649.5	13.5
42	20	110	50	80	688.4	14.1
43	20	95	45	70	811.6	14.7
44	20	80	40	60	969.7	14.6
45	20	65	35	50	1091.8	15.8
46	20	50	30	40	1261.5	19.4
47	20	35	25	30	1429.7	14.4
48	25	145	65	105	567.5	9.4
49	25	130	60	95	664.6	12.8
50	25	115	55	85	732.1	14.0
51	25	100	50	75	844.8	12.6
52	25	85	45	65	1060.2	16.8
53	25	70	40	55	1198.8	14.8
54	25	55	35	45	1239.8	19.1
55	25	40	30	35	1329.7	17.3
56	30	150	70	110	557.7	9.6
57	30	135	65	100	664.4	9.6
58	30	120	60	90	766.2	14.2
59	30	105	55	80	818.4	14.2
60	30	90	50	70	984.5	16.8
61	30	75	45	60	1334.8	16.6
62	30	60	40	50	1361.4	19.5
63	30	45	35	40	1666.9	20.1
64	35	155	75	115	513.6	11.6
65	35	140	70	105	673.9	11.4
66	35	125	65	95	755.9	14.5
67	35	110	60	85	830.1	15.8
68	35	95	55	75	966.1	15.0
69	35	80	50	65	1227.0	19.2
70	35	65	45	55	1493.5	19.8
71	35	50	40	45	1490.7	21.2
72	40	145	75	110	536.9	13.7
73	40	130	70	100	804.3	13.9
74	40	115	65	90	868.0	15.4
75	40	100	60	80	979.0	15.9
76	40	85	55	70	1179.4	18.9

77	40	70	50	60	1524.4	19.8
78	40	55	45	50	2084.8	23.7
79	45	150	80	115	561.3	11.7
80	45	135	75	105	670.7	17.3
81	45	120	70	95	874.9	15.0
82	45	105	65	85	1018.9	16.0
83	45	90	60	75	1264.4	17.1
84	45	75	55	65	1656.0	21.1
85	45	60	50	55	1878.5	25.4
86	50	155	85	120	593.5	10.6
87	50	140	80	110	710.0	13.5
88	50	125	75	100	968.2	15.5
89	50	110	70	90	1057.1	15.5
90	50	95	65	80	1343.4	17.1
91	50	80	60	70	1674.3	21.7
92	50	65	55	60	2070.8	26.1
93	55	145	85	115	677.8	11.1
94	55	130	80	105	982.3	16.1
95	55	115	75	95	1110.4	17.3
96	55	100	70	85	1465.4	16.6
97	55	85	65	75	1891.4	19.3
98	55	70	60	65	2371.5	24.1
99	60	150	90	120	663.6	12.9
100	60	135	85	110	890.1	15.9
101	60	120	80	100	1191.2	17.3
102	60	105	75	90	1450.1	18.1
103	60	90	70	80	2056.3	18.5
104	60	75	65	70	2440.5	22.6
105	65	155	95	125	675.7	14.2
106	65	140	90	115	905.4	15.6
107	65	125	85	105	1272.7	17.5
108	65	110	80	95	1464.7	19.8
109	65	95	75	85	2270.4	20.7
110	65	80	70	75	2863.7	18.9
111	70	145	95	120	857.8	15.2
112	70	130	90	110	1281.8	17.3
113	70	115	85	100	1590.3	19.5
114	70	100	80	90	2084.9	20.1
115	70	85	75	80	3031.0	18.3
116	75	150	100	125	805.3	17.6

117	75	135	95	115	1185.4	16.0
118	75	120	90	105	1675.5	17.7
119	75	105	85	95	2101.1	19.6
120	75	90	80	85	3149.6	19.2
121	80	155	105	130	938.0	14.0
122	80	140	100	120	1217.6	16.7
123	80	125	95	110	1777.5	17.1
124	80	110	90	100	2110.2	19.7
125	80	95	85	90	2743.2	19.1
126	85	145	105	125	1138.7	17.9
127	85	130	100	115	1731.8	17.6
128	85	115	95	105	2196.1	19.3
129	85	100	90	95	2745.3	18.8
130	90	150	110	130	1215.0	15.6
131	90	135	105	120	1523.3	17.2
132	90	120	100	110	2058.6	16.7
133	90	105	95	100	2287.7	17.3
134	95	155	115	135	1361.7	16.1
135	95	140	110	125	1400.9	18.3
136	95	125	105	115	1907.6	16.1
137	95	110	100	105	1989.6	15.7
138	100	145	115	130	1537.2	16.5
139	100	130	110	120	1881.9	16.4
140	100	115	105	110	1987.2	13.6
141	105	150	120	135	1676.3	15.9
142	105	135	115	125	1666.7	16.4
143	105	120	110	115	1587.2	12.4
144	110	155	125	140	1704.1	14.5
145	110	140	120	130	1886.6	14.4
146	110	125	115	120	1947.3	11.3
147	115	145	125	135	2044.4	15.3
148	115	130	120	125	1757.7	11.2
149	120	150	130	140	1896.6	15.4
150	120	135	125	130	1982.9	11.2
151	125	155	135	145	1658.5	16.4
152	125	140	130	135	2679.2	12.2
153	130	145	135	140	1881.3	9.1
154	135	150	50	100	474.8	2.3

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ANDRIANAIVO T.**, 2008. Analyse de la situation hydrogéologique d'un site sise à Ambohitratena Commune Rurale de Talata Volonondry. Mémoire de fin d'étude de la MSTGA Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo

**CODE DE L'EAU**, 1999. Préface

**DELUBAC G., RAKOTOARISON W., RANTOANINA M.**, 1963. Etude géologique et prospection des feuilles Antananarivo-Manjakandriana au 1/100.000: Ministère de l'Energie et des Mines.

**DROUART E., VOULLLAMOZ J.M.**, 1999. Action Contre la faim : Alimentation en eau des populations menacées. Editeur des sciences et des arts, Herman, Paris, 565p.

**GAGNON H.**, 1974. La photo aérienne: son interprétation dans les études de l'environnement et de l'aménagement du territoire, Montréal, Éditions HRW. 278p.

**DE STADELHOFEN M.C.**, 1991. Application de la géophysique aux recherches d'eau. 173p.

**RAKOTONDRAINIBE J.H.**, 1984. Les eaux souterraines de Madagascar HY 733, Bibliothèque du service de l'hydrogéologie à Ampandrianomby (Recueil de données)

**RAKOTONDRATOVO R.C.**, 2007. Méthode électrique et potentialité en eaux souterraines de six Fokontany de la Commune Rurale de Tsiafajavona Ankaratra. Mémoire de fin d'étude de la MSTGA, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.

### Sites Web:

[http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/stereo/chap7/chapter7\\_3\\_f.php](http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/stereo/chap7/chapter7_3_f.php) ( Décembre 2009)

<http://hydram.epfl.ch/e-drologie/general/index.html> (Décembre 2009)

[http://www. geo-hydrology.com](http://www.geo-hydrology.com) (Novembre 2009)

<http://www.orange.fr/terra-nova/methode-electrique.htm> (Novembre 2009)

---

## RESUME

Le village de Viliahazo qui fait partie des 11 Fokontany constituant la Commune Rurale de Viliahazo, District d'Antananarivo Avaradrano, dans la région d'Analamanga connaît un problème d'approvisionnement en eau potable.

La localisation de points d'implantation de puits dans ce village pour renforcer les deux puits existants, objectif du présent mémoire, constitue l'une des solutions au problème. La méthode que nous avons adoptée est la prospection électrique utilisant le résistivimètre SYSCAL R2 et ses accessoires, et nous avons réalisé deux sondages et six panneaux électriques, dont quatre avec distance inter-électrode de 5m qui donnent des résultats moins satisfaisants, et deux panneaux avec une distance inter-électrode de 10m.

L'étude que nous avons menée semble indiquer que la méthode électrique est bien appropriée à la recherche d'eau souterraine.

**Mots clés:** Village de Viliahazo, prospection électrique, eau souterraine.

## ABSTRACT

*The Viliahazo village which belongs to the 11 Fokontany constituting the Viliahazo Rural District, in the Analamanga Region knows a problem of drinking water supply*

*The location determination of a well implantation point in this village to reinforce the two existing wells, objective of the present memory, constitutes one of the solutions to the problem. The method we adopted is the electrical exploration using the resistivimeter SYSCAL R2 and its accessories; we achieved two electrical soundings and six electric panels, of which four with an inter-electrodes distance of 5m that gives less satisfactory results, and two panels with an inter-electrode distance of 10m.*

*The study that we carried out seems to indicate that the electrical method is more appropriate for ground water exploration.*

**Key words:** Village of Viliahazo, electrical exploration, underground water.

**Titre: Localisation d'un point d'implantation de puits dans le Village de Viliahazo par méthode électrique.**

### Encadreur :

Pr. Jean Bruno RATSIMBAZAFY  
Laboratoire de Géophysique Appliquée  
jbratsim@yahoo.fr  
tel : 0331158019

### Impétrant :

Sitrakiniaina Vololombero  
ANDRIANAIVO  
sytrakynyayna@yahoo.fr  
tel:0331265010

---