

CARACTERISATION DES AQUIFERES PAR PROSPECTIONS ELECTRIQUE ET ELECTROMAGNETIQUE DANS LA PARTIE NORD DE LA REGION D'AMBOVOMBE-ANDROY, SUD MALGACHE

Rakotondramano H. S.¹, Rakoto H. A.^{1,2}, Rasolomanana E. H.^{1,3}

1 Institut et Observatoire de Géophysique d'Antananarivo – Université d'Antananarivo

2 Société Géosciences pour le Développement de Madagascar

3 Département Mines, ESPA, Université d'Antananarivo

Résumé

Une étude sur l'approvisionnement en eau potable de l'extrême Sud de Madagascar (région de l'Androy) a été entreprise par la Japan Techno LTD, la Société Géosciences pour le Développement de Madagascar (SGDM) et l'ONG Taratra sur financement de l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

Les méthodes géophysiques utilisant les techniques de Sondage électromagnétique en domaine temporel et de Sondage Electrique Vertical ont été mises en oeuvre sous forme de tomographie électromagnétique 2D pour le TEM et de courbes de sondages électriques et de coupes géoélectriques 2D pour le SEV.

Les résultats obtenus montrent une bonne corrélation entre les coupes de résistivité observées et les données géologiques et de sondage. Le paramètre « résistivité » utilisé est lié au contexte géologique (nature des formations rencontrées) et hydrogéologique (circulation, stockage) et a permis de caractériser les zones de fracturations favorables à la présence d'aquifères et à l'implantation de forages d'exploitation d'eau.

Mots clés : Androy, fracture, aquifère du socle, sondage électrique, sondage électromagnétique.

Introduction

Si l'élevage et l'agriculture restent les principaux centres de préoccupation de la population de l'Androy, le problème d'insuffisance d'eau potable n'en demeure pas moins leur souci majeur dans la mesure où il constitue un des facteurs bloquant le développement de cette région. Plusieurs efforts ont été menés pour résoudre ce problème d'alimentation en eau potable (AEP), notamment le développement de la recherche d'eau souterraine mais les faits demeurent.

Pour répondre aux besoins de la population, de l'agriculture et de l'élevage, un projet intitulé : « Etude sur l'Approvisionnement en Eau Potable, autonome et durable dans la région du Sud de la République de Madagascar » a été mené conjointement par la Japan Techno LTD, la Société Géosciences pour le Développement de Madagascar (SGDM) et l'ONG Taratra.

La prospection géophysique utilisant deux techniques, sondage électromagnétique et sondage électrique vertical, a été exécutée en avril et mai 2005. L'objectif de la prospection étant de proposer des modèles de structures géophysiques du sous-sol, d'étudier la fracturation et de caractériser les aquifères dans la partie cristalline de la zone. Dans le présent article, on s'est limité à présenter, uniquement, les résultats obtenus à Andaboly et Bevotsy.

Contexte géographique et géologique

La zone d'étude se trouve administrativement dans la Province de Toliara, dans la région de l'Androy. Elle appartient à la zone dite extrême Sud de

Madagascar et se situe environ à 60 Km au Nord-Nord-Ouest d'Ambovombe autour d'Antanimora et d'Ifotaka. Elle est délimitée au Nord par la commune rurale d'Andalatanosy, à l'Est par la commune rurale d'Ifotaka, au Sud par la cuvette d'Ampamolora et à l'Ouest par la commune rurale de Jafaro.

Géologiquement, les formations rencontrées sont, de haut en bas :

- □ des formations superficielles: altérites, sables, sables roux, argiles, terres végétales, carapaces sableuses ;

- □ le Quaternaire constitué par des sédiments continentaux : sables argileux, conglomérats à galets cristallins ou volcaniques ;

- □ le Néogène constitué principalement de sables argileux, grès, argiles et marnes mais on rencontre aussi, fréquemment des carapaces fossiles : calcaires, siliceuses ou ferrugineuses et une abondance de graviers et de galets.

- □ enfin, le socle formé en majeure partie de gneiss plus ou moins altérés et quelques fois de pyroxénites. [1,2]

La plupart des puits sont creusés dans les arènes et les sables superficiels et atteignent le socle gneissique plus ou moins altéré. Suivant les saisons, le niveau de la nappe phréatique varie de 3 à 5 m et, en période d'étiage, l'eau provient uniquement du socle gneissique. Si celui-ci est trop peu altéré, le débit d'eau observé est pratiquement nul. [3,4]

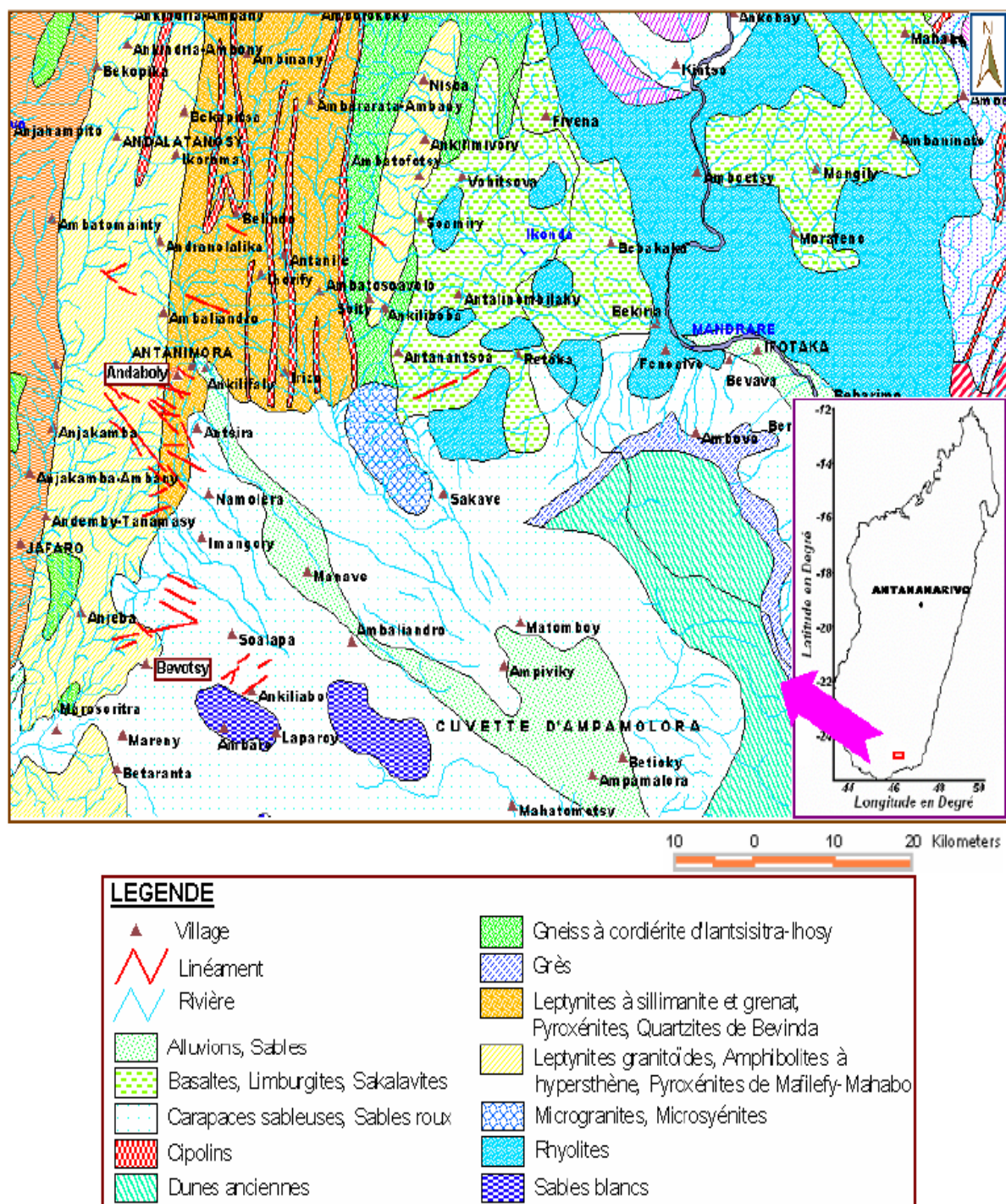


Figure1 : Carte géologique de la zone d'étude

Matériels et Méthode

Lors de la campagne un résistivimètre électromagnétique TEM-FAST 48 HPC et un autre électrique SYSCAL R2 avec leurs accessoires ont été utilisés. Deux méthodes de prospection géophysique ont été réalisées lors de cette étude. La première est la méthode du sondage électromagnétique en domaine temporel, Transient Electromagnetism et la seconde, celle du sondage électrique vertical (SEV) utilisant la configuration Wenner.

Le sondage TEM est une méthode électromagnétique qui utilise, en général, deux boucles, comme émetteur et récepteur de champ électromagnétique (EM). La variante qui a été utilisée dans cette étude est la boucle coïncidente, c'est-à-dire, même boucle émettrice-réceptrice. La méthode utilise le phénomène de diffusion d'un champ électromagnétique transitoire pour déterminer la résistivité électrique des terrains en fonction de la profondeur. Un champ EM transitoire est créé par la coupure brusque d'un courant circulant dans l'émetteur disposé au sol. La réponse est mesurée par le récepteur pendant la coupure. La profondeur d'investigation dépend de la taille de l'émetteur, de l'intensité du courant émis et du temps au bout duquel la mesure du champ secondaire est faite après la coupure du courant. [5, 6,7]

Les SEV ont été utilisés pour montrer la distribution des structures verticales à l'aplomb des stations de mesure. En combinant les divers modèles, on obtient, pour chaque profil, la coupe géoélectrique.

Sur le site d'Andaboly, bâti sur une formation géologique récente composée de latérites et sables grossiers en surface, un sondage électrique W167 de 300m de longueur de ligne et un profil de 30 sondages TEM, avec un pas de 10 m entre stations, de direction N20 ont été réalisés.

Pour Bevotsy, lors de la réalisation du profilage TEM nous avons effectué au niveau d'une fracture un SEV ceci afin de vérifier la cohérence des données et de mettre en évidence la succession des différentes sous couches. Comme à Andaboly, un sondage électrique W161 et trente sondages TEM, alignés suivant un profil de direction N110, ont été implantés sur ce site.

Résultats

Les résultats obtenus dans les secteurs Andaboly, au Nord, et Bevotsy, au Sud sont présentés sur les figures 2, 3, 4, et 5.

La coupe géoélectrique montre la succession de trois terrains. D'une manière générale, une partie superficielle, mince, conductrice de 18 $\Omega.m$ de résistivité et de 4 m d'épaisseur moyenne, correspondant à des altérites ; ensuite vient une partie altérée, moyennement résistante de résistivités comprises entre 90 et 200 $\Omega.m$, très épaisse, atteignant 50m surmontant un socle très résistant dont on voit clairement l'ondulation. La présence d'une cuvette, dans la moitié Nord du profil, très propice à l'accumulation d'eau souterraine est mise en évidence.

Pour vérifier la succession latérale de terrain un sondage électrique a été implanté au niveau du point x = 170 m du profil où l'on trouve une anomalie, contraste de résistivité élevé. La figure 3, montre la courbe de sondage : Une succession de trois terrains, analogue à la coupe TEM (Fig 4), est observée :

- une couche mince superficielle conductrice de résistivité 3 $\Omega.m$, de 1,6m d'épaisseur, argileuse ;
- un second terrain faiblement résistant, de 70 $\Omega.m$ de résistivité et de 16m d'épaisseur, pouvant être considéré comme aquifère ;
- enfin, un dernier terrain fortement résistant, 760 $\Omega.m$, constituant substratum.

Pour le secteur Bevotsy, la coupe géoélectrique montre une succession de trois terrains différents :

- □ un premier terrain superficiel conducteur, de l'ordre de 15 $\Omega.m$, correspondant à des terrains alluvionnaires argileux. Il apparaît plus épais entre x = 100 et 210m ;
- □ ensuite, un deuxième terrain constitué de couches plus résistantes, de 90 $\Omega.m$ de résistivité en moyenne, lié à une partie sableuse, grossière, refermant l'aquifère.
- □ enfin, le substratum géophysique lié au socle cristallin résistant ayant 1000 $\Omega.m$ comme valeur de résistivité et qui se présente, globalement, comme un synclinal. Le profil a mis en évidence deux zones de fractures en x = 130 et 210m. Le sondage électrique W161 a été implanté en x = 190m.

Le sondage montre une succession de 4 terrains :

- une couche superficielle résistante de résistivité 95 $\Omega.m$ et de 1,3 m d'épaisseur ;
- un deuxième terrain conducteur de résistivité 14 $\Omega.m$ avec une puissance de 9 m correspondant au toit, légèrement altéré, d'un troisième terrain plus résistant ;
- un troisième terrain résistant de 85 $\Omega.m$, de 14m d'épaisseur moyenne, associé à la frange plus altérée du socle sous-jacent et renfermant l'aquifère recherché ;
- enfin, le substratum résistant de 700 $\Omega.m$ localisé à plus de 24 m de profondeur.

Discussions

D'après nos observations, on peut avancer globalement que les nappes aquifères du socle cristallin dans la partie Nord de la région d'Ambovombe-Androy se présentent sous deux formes : un aquifère superficiel localisé dans les altérites, alimenté en surface et un aquifère plus profond localisé dans la partie fracturée du socle. [8]

Pour le secteur Andaboly, le socle est très fracturé au niveau de points d'abscisses x=130m, x=210m, x=270m et x=290m. Le point le plus intéressant se trouve en x=290m où l'on peut trouver un aquifère productif au niveau de la cuvette avec un fond imperméable situé à environ 100m de profondeur.

En ce qui concerne le secteur Bevotsy, les zones de fracturation du socle apparaissent plus nettement.

Secteur Andaboly

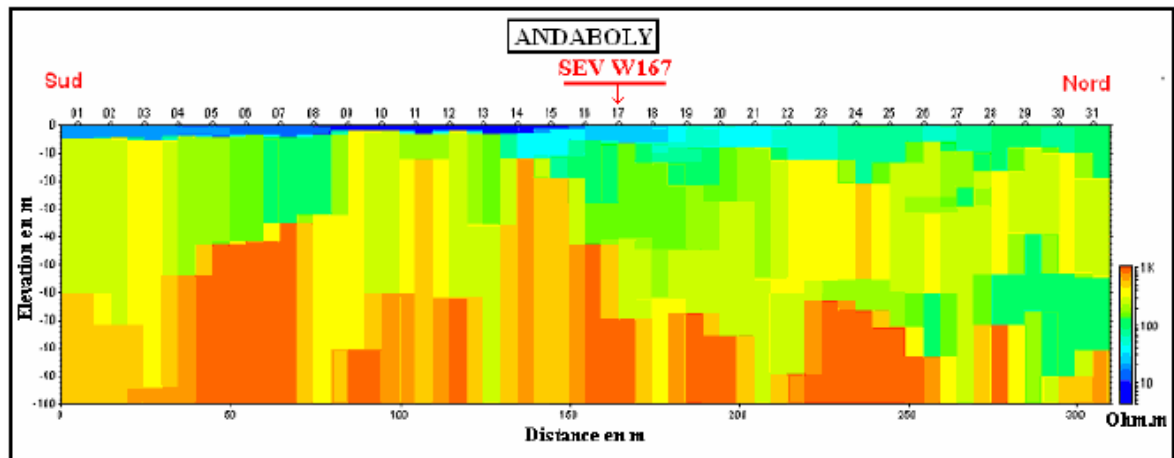


Figure 2 : Andaboly, Coupe géoélectrique TEM

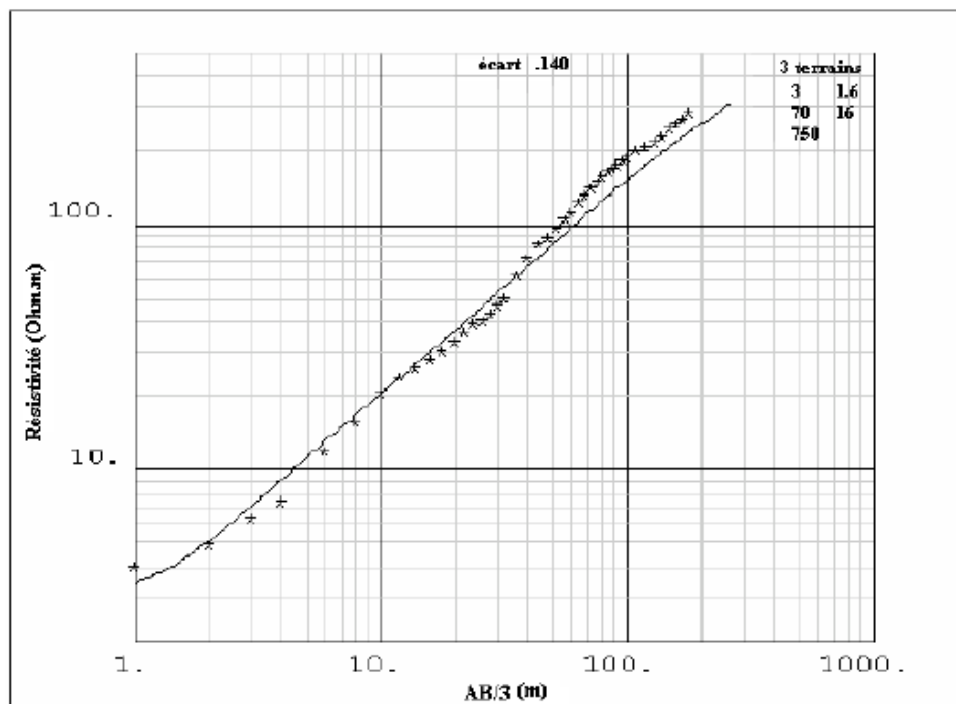


Figure 3 : Andaboly, courbe de sondage électrique

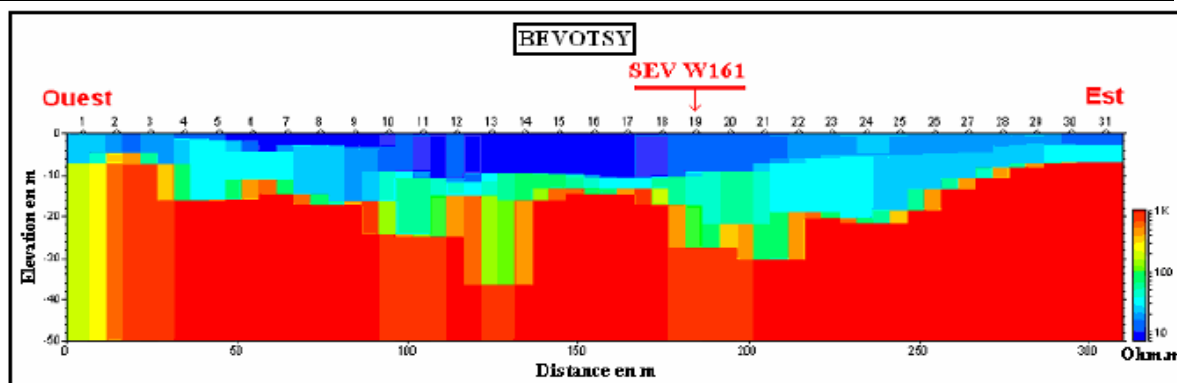


Figure 4 : Bevotsy, coupe géoélectrique TEM

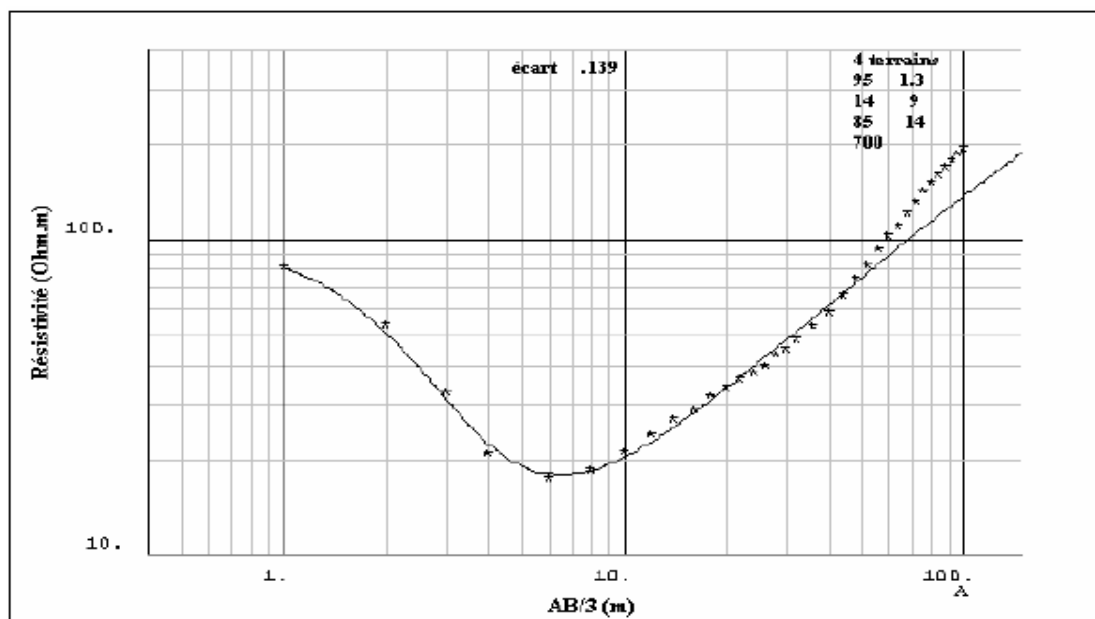


Figure 5 : Bevotsy, courbe de sondage électrique

On peut s'attendre à la présence d'aquifères autour de ces zones, la profondeur maximale du toit imperméable du socle ne dépasse pas 35m pour ce site.

En résumé, les résultats obtenus montrent nettement que les profilages TEM sont très intéressants dans la recherche et l'identification des zones fracturées du socle cristallin qui renferment, en général, des aquifères importants pouvant aider à résoudre le problème d'insuffisance en eau potable de cette région de Madagascar. Les sondages électriques effectués, en complément, ont servi à contrôler la distribution des valeurs de résistivité et à améliorer les résultats des coupes géoélectriques et de l'interprétation géologique qui s'en découlait. On peut saisir, à travers ce travail, l'intérêt d'une telle étude pour la région Ambovombe-Androy et d'autres régions de la partie Sud de Madagascar.

Références

[1] Besairie, H., Recherches géologiques à Madagascar, l'extrême sud et le sud sud-est. Service géologique A.258.

[2] Martelat, J.E., Lardeaux, J. M., Nicolle, C., Rakotondrazafy, R., 2000. Strain pattern and late Precambrian deformation history in southern Madagascar.

[3] Besairie, H., 1944. Hydrogéologie de l'extrême sud. Service géologique A.153.

[4] Rakotondrainibe, J. H., 1976. Hydrogéologie de l'extrême sud (zone comprise entre le Mandrare et le Menarandra). Ministère de l'Énergie et des Mines Madagascar. Service hydrogéologique HY.612.

[5] Chouteau, M., 2001. Méthodes électriques, électromagnétiques et sismiques. Géophysique appliquée II GLQ 3202. Notes de cours

[6] Descloîtres, M., 1998. Les sondages électromagnétiques en domaine temporel (TDEM) : Application à la prospection d'aquifères sur les volcans de Fogo (Cap Vert) et du piton de la Fournaise (La Réunion). Thèse de doctorat de 3ème cycle en Géophysique, Université de Paris 6.

[7] Killer, G., Frischknecht, F., 1966. Electrical methods in geophysical prospecting. Pergamon Press Inc., Oxford.

[8] Rabemanana, V., 2002. Origine et Caractérisation de la salinité des eaux dans les aquifères de socle : cas de la région de l'Androy (Sud de Madagascar). Thèse de doctorat de 3ème cycle en Sciences de la terre, Université de Paris 6.