

# **SOMMAIRE**

**TENY FISAORANA**

**LISTE DES ABREVIATIONS**

**LISTE DES FIGURES**

**LISTE DES TABLEAUX**

**INTRODUCTION**

**CHAPITRE I : GENERALITES**

- I.1 Généralités sur l'eau et les ressources d'approvisionnements
- I.2 Les problèmes des ressources en eau à Madagascar
- I.3 Généralités sur le forage Hydrogéologique
- I.4 Généralités sur l'adduction en eau potable
- I.5 Contexte générale sur la zone d'étude

**CHAPITRE II : ETUDE TECHNIQUE POUR LA REALISATION DU PROJET D'AEP DE TANANDAVA**

- II .1 Photo-interprétation
- II .2 Approche géophysique
- II .3 Description générale du réseau

**CHAPITRE III : ETUDE ECONOMIQUE**

- III.1 Evaluation des besoins en eau
- III.2 Evaluation du coût de réalisation du projet
- III.3 Estimation tarifaire
- III.4 Organisation des tâches

**CONCLUSION**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES**

**TABLE DES MATIERES**

**ANNEXES**

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

ANDEA	: Autorité Nationale De l'eau et de l'Assainissement
AEP	: Adduction d'eau Potable
BF	: Borne Fontaine
BP	: Branchement Privé
CNaPS	: Caisse Nationale de Prévoyance Sociale
CEG	: Collège d'Enseignement Général
DREAH	: Direction Régionale de l'Eau de l'Assainissement et de l'Hygiène
EPP	: Ecole Primaire Public
ETP	: Evapotranspiration
ETR	: Evapotranspiration réelle
ONG	: Organisation Non-Gouvernementale
TTC	: Tout Taxe Comprise
SGDM	: Société Géosciences pour le Développement de Madagascar
N	: nombre d'habitants à l'horizon voulu n
No :	nombre d'habitants de base
I	: intensité du courant
K	: coefficient géométrique dépendant de la position des électrodes de courant
PB	: Population Branché
$\rho_a$	: résistivité apparente
$\Delta V$	: différence de potentiel entre les électrodes de mesure
$C_{pb}$	: Consommation moyenne de la population branchée
$D_{pb}$	: Dotation moyenne de la population branchée
TB	: Taux de Branchement
t	: taux d'accroissement de la population

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Système aquifère.....	3
Figure 2 : Système aquifère multicouche .....	3
Figure 3 : Cycle de l'eau et interaction eau superficielle et souterraine .....	4
Figure 4 : Système d'AEP.....	8
Figure 5: Le fleuve de Mangoky .....	11
Figure 6: Localisation des forages dans la région .....	12
Figure 7 : Résultats des photo-interprétations d'Angarazy .....	15
Figure 8: Dispositif de mesure au sondage électrique.....	17
Figure 9 : Points de sondage .....	18
Figure 10 : Courbe de sondage n°1 .....	18
Figure 11 : Courbe de sondage n°2 .....	19
Figure 12 : Courbe de sondage n°3 .....	20
Figure 13 : Emplacement du point de sondage F4 .....	21
Figure 14 : Courbe de sondage n°4 .....	22
Figure 15 : coupe géo -électrique .....	23
Figure 16: Cartographie de marché pour une AEP par forage .....	32

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Variation des températures dans la zone .....	10
Tableau 2 : Quelques valeurs des termes du bilan hydrique dans la zone .....	10
Tableau 3 : Caractéristiques des forages dans la région.....	12
Tableau 4 : Evolution de la population jusqu'à l'horizon 2029.....	13
Tableau 5 : Caractéristiques du réservoir de la Zone 2 .....	25
Tableau 6 : Nombre de demandeur de branchement par coût de connexion .....	26
Tableau 7 : Estimation des besoins en eau de la population en 2016 .....	27
Tableau 8 : Estimation de besoin en eau au niveau des établissements scolaire .....	28
Tableau 9 : Estimation de besoins.....	29
Tableau 10 : Budget global .....	33
Tableau 11 : Estimation tarifaire .....	34

# **INTRODUCTION**

L'eau est vitale pour l'homme. On compte environ un volume de  $1,4 \cdot 10^9$  km<sup>3</sup> d'eau sur notre planète, ce qui fait le 2/3 de la surface terrestre. L'exploitation des diverses propriétés de l'eau dans de nombreux domaines en fait une substance essentielle pour le développement humain. Elle est indispensable dans les activités industrielles, agricoles et minières, dans la production d'énergie électrique ou hydroélectrique, etc. C'est un des patrimoines nationaux le plus précieux pour un pays.

Divers moyens sont utilisés pour amener l'eau de sa source jusqu'au lieu de consommation, l'ensemble de ces techniques appelé système d'adduction d'eau demande au préalable la découverte d'une ressource en eau de qualité en quantité suffisante, un moyen de captage convenable ainsi qu'une étude du transport et de distribution. Mais, la réussite de l'adduction d'eau se fait par la réunion de plusieurs disciplines dont la géologie, l'hydrologie, la géophysique, la technique de forage, l'analyse financière, le marketing, etc.

Depuis quelques années, les besoins en eau sont considérablement accrus pour diverses raisons. Cette situation conduit à la réduction des ressources disponibles, à la pollution de plus en plus des ressources en eau, etc.

Madagascar est encore classé parmi les pays où le peuple a un faible accès à l'eau potable car une personne sur deux n'y a pas accès (Mami ANDRIAMAMEHIONY, 2015) alors que seul 3% des ressources en eau douce exploitables sont exploitées. Les facteurs qui ont causés cette pénurie d'eau sont très diverses et varient selon la région. Dans la localité Angarazy, Commune rurale Tanandava, District Morombe, Région Atsimo-Andrefana, la population fait face à une eau malsaine. Faute d'infrastructure adéquate, il est difficile de s'approvisionner en eau potable. Cette situation s'aggrave en période de pluie par la contamination des eaux des puits non protégés par les eaux de ruissellement. Cette malencontre affecte d'ores et déjà la vie socio-économique des habitants. L'intégralité de notre analyse a pour but de répondre à la question suivante : Comment satisfaire la demande en eau potable des habitants du Fokontany de Tanandava tout en considérant les aspects techniques et financiers qu'une telle étude incombe ?

Les habitants d'Angarazy ont donc un problème d'adduction en eau potable (AEP). Une étude technico-économique d'un projet d'AEP adéquat devrait être réalisée pour que le projet soit bénéfique pour les usagers.

Pour mieux appréhender le sujet, ce mémoire comporte trois chapitres. Le premier chapitre repose sur la généralité et cadre de l'étude. Le second chapitre va parler de l'étude technique pour la réalisation de projet d'AEP de Tanandava avec l'explication des méthodes utilisées, l'interprétation des résultats obtenus après investigations. Enfin, le troisième et dernier chapitre consiste à l'étude économique du projet.

# **CHAPITRE I**

# GENERALITES

D'abord, il est nécessaire avant d'entrer dans l'étude dans notre zone de caractériser et de définir les éléments qu'on va prendre en compte. Dans ce chapitre on va parler des ressources et l'approvisionnement en eau ainsi que les problèmes liés à celui-ci, après du forage d'eau et de l'adduction en eau potable.

## I.1 GENERALITES SUR LES RESSOURCES ET L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

Sur le plan hydrologique Madagascar est pourvue d'eau que ce soit sur le plan eaux de surface que souterraines ; Cependant, elles sont irrégulièrement réparties spatialement et temporellement. Selon l'origine, l'eau de surface et l'eau souterraine qui sont captées pour desservir la population.

### I.1.1 Les eaux superficielles

Les eaux de surface, également appelées eaux superficielles, sont constituées par l'ensemble des masses d'eaux courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact direct avec l'atmosphère. Par conséquent, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Il s'agit pour l'essentiel les eaux des cours d'eau, des océans, des mers, des lacs et des eaux de ruissellement.

### I.1.2 Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol. Selon le cycle de l'eau, une partie des eaux de pluie s'infiltraient et s'insinuent par gravité dans les pores, les microfissures et les fissures des roches, jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Les eaux vont s'accumuler dans une formation perméable ayant une bonne conductivité hydraulique appelée aquifère et forme ainsi la réserve d'eaux souterraines. Dans l'aquifère, l'eau circule jusqu'à des exutoires qui peuvent être des sources, des rivières.

Les formes d'eaux souterraines sont l'eau de rétention et l'eau libre ou gravitaire. L'ensemble aquifère-toit-substratum imperméable constitue le système aquifère. En fonction de la perméabilité du toit, on distingue : la nappe libre, la nappe captive et la nappe semi-captive.

#### I.1.2.1 Nappe libre

Les nappes situées sous un toit perméable sont dites libres. Au-dessus de l'aquifère, en effet, les pores du terrain perméable ne sont que partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé, et les eaux de pluie peuvent toujours l'imprégnier davantage. Dans le système aquifère la nappe a un niveau statique variable.

### I.1.2.2 Nappe captive

Les nappes situées entre deux couches imperméables ou aquiclades sont dites captives car leur niveau ne peut monter, l'eau ne pouvant s'insinuer dans un sol imperméable. Elles sont en général profondes, quelques centaines de mètres et plus et la recharge de l'aquifère se fait à partir de la surface du terrain, créant dans l'aquifère une pression croissante avec la profondeur. Cette pression est parfois suffisante pour que le creusement d'un puits permette à l'eau de jaillir en surface : c'est ce qu'on appelle un puits artésien.

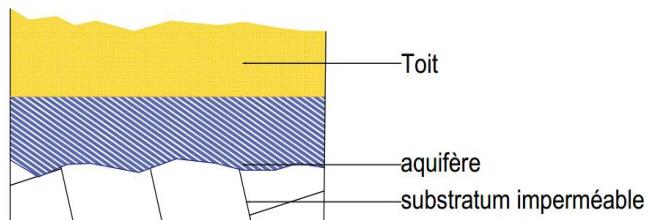


Figure 1 : Système aquifère

### I.1.2.3 Nappe semi-captive

Si l'aquifère est surmontée par une couche semi-perméable incapable de stocker de l'eau appelée aquitard, on est en présence d'un nappe semi-captive. Dans ce cas, il peut y avoir des échanges d'eau entre les deux nappes aquifères superposées. Dans ce cas, on a un système aquifère multicouche.

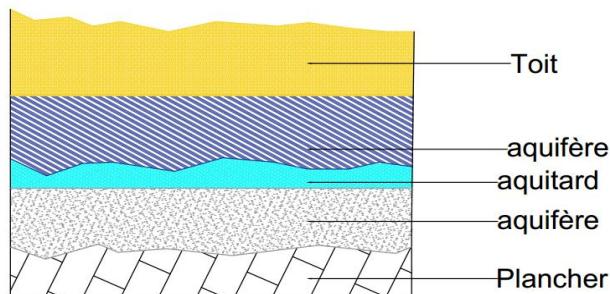
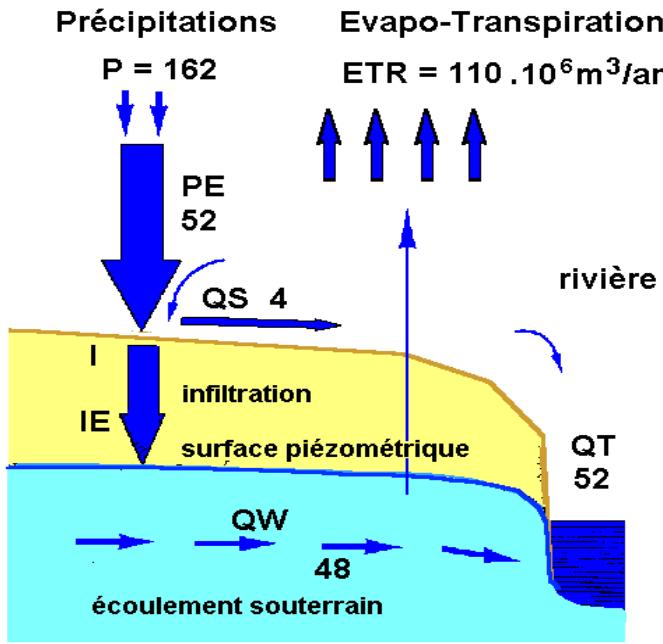


Figure 2 : Système aquifère multicouche

Il y a interaction entre eau souterraine et eau superficielle. Ce lien peut se faire entre nappe-mere, nappe-lac, nappe-cour d'eau et se définit comme un échange d'eau dans un sens ou dans l'autre entre les deux instances



Source : ([http://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours\\_qge/du-7.htm](http://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours_qge/du-7.htm))

Figure 3 : Cycle de l'eau et interaction eau superficielle et souterraine

## I.2 LES PROBLEMES DES RESSOURCES EN EAU A MADAGASCAR

Madagascar possède de l'eau en quantité mais aussi en qualité. Une eau de source naturelle malagasy est très prisée sur le marché internationale et Grande Médaille d'or au concours international de qualité. Cette qualité ne se limite pas aux eaux de sources naturelles mis en bouteille mais aussi à beaucoup de sources à travers la Grande Île. Malgré cela, l'accès à l'eau potable reste un défi majeur pour plus de 2/3 de la population malgache dont 23,3% en milieu urbain et 78,8% en milieu rural.

### I.2.1 Problèmes financiers et matériels

Il ne suffit d'avoir les ressources en eau nécessaires pour subvenir aux besoins de la population en matière d'eau potable. Il faut mettre en place des infrastructures d'AEP adéquates. Cependant, le financement d'un tel projet n'est pas facile à trouver.

Certaines régions de l'Île bénéficient par contre d'un système d'AEP pour l'exploitation de l'eau, mais c'est au niveau de la gestion et entretien des réseaux qui pose problème faute de personnel qualifié et des coûts de suivi.

### I.2.2 Problèmes d'eau liés au changement climatique

Il y a formation de perturbations tropicales intense et dangereuses dans les zones humides de Madagascar sans parler de la sécheresse qui devient de plus en plus intense. Ces phénomènes perturbent le régime hydrologique.

### I.2.3 Problème de pollution

Nombreux sont les régions de l'Île qui doivent se faire avec de l'eau douteuse, ce n'est pas étonnant si les maladies hydriques sont une des causes de mortalité chez les enfants. La contamination des ressources en eau devient une situation alarmante. Principalement, ces contaminations peuvent être d'origine :

➤ **domestique,**

On trouve dans les régions côtières le cas d'une latrine à fosse perdue à proximité des puits. Il y a aussi les eaux de lavage riche en composés azotés déverser dans les eaux de surface, mais le plus dangereux c'est la défécation à l'air libre, car en période de pluie les déchets sont transportés par les eaux de ruissellement jusque dans les points d'eau.

➤ **industrielles,**

Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie, le reste est rejeté sans traitement pour la plupart des cas. Les polluants en question peuvent être des rejets toxiques, des rejets chimiques divers, des matières en suspension minérales, ...

➤ **agricole,**

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit essentiellement des fertilisants et des produits phytosanitaires.

➤ **minières**

Les activités minières se trouvent parmi les plus polluants au monde. Lors de l'exhaure dans un site se trouvant dans un milieu radioactif par exemple l'eau contaminée peut être détournée vers des cours d'eau. Pendant l'enrichissement de minerai, il y a usage de nombreux réactifs dont la plupart sont nocifs et non biodégradable comme les hydrocarbures donc sans traitements adéquats, les rejets d'effluents peuvent avoir des conséquences catastrophiques sur les eaux de surface.

## I.3 GENERALITES SUR LE FORAGE HYDROGEOLOGIQUE

Le « forage » est un trou cylindrique vertical d'un diamètre relativement petit qui sert à capter l'eau gravitaire, et qui est normalement creusé à l'aide d'une foreuse. Le mot forage est parfois utilisé pour désigner à la fois un forage et un puits, mais son sens ressort habituellement du contexte. En général, c'est le diamètre qui différencie ces deux systèmes d'adduction. Le puits à part sa grande dimension est creusé à la main pour avoir accès à la nappe souterraine.

En ce qui concerne le terme « hydrogéologique » elle désigne une étude de l'origine de l'eau, l'écoulement donc tient compte de l'hydrodynamique et de l'hydrostatique autrement dit la mécanique des fluides. C'est la science des eaux souterraines, une discipline de la science de la terre qui a pour

objectifs l'étude du rôle des matériaux constituants le sous-sol et les structures hydrogéologiques (aquifères) et, par acquisition des données numériques par la prospection ou l'expérimentation sur le terrain, ainsi que l'exploitation et la gestion des eaux souterraines. L'hydrogéologie se spécialise dans la recherche et l'exploitation des eaux souterraines à usage domestique ou industriel et étudie comment les matériaux géologiques influencent la circulation et la qualité des eaux souterraines. Outre des connaissances géologiques, l'hydrogéologue doit posséder de bonnes connaissances en hydraulique. Il intervient en effet dans la recherche et l'exploitation de gisements des nappes aquifères, dans l'étude de la qualité des eaux ainsi que dans leur protection. L'hydrogéologue doit être capable d'estimer la quantité et la qualité de l'eau et prédire son comportement dans les aquifères.

Les forages hydrogéologiques ont comme objectifs l'étude :

- soit de l'origine, de la composition, de la circulation et de la répartition des eaux souterraines,
- soit leur captage en vue de leur utilisation ménagère, industrielle ou agricole en complément ou en substitution des eaux de surface,
- soit aussi, tout simplement leur drainage pour permettre l'exécution de travaux souterrains qui sont entravés par leur présence dans le sous-sol surtout en exploitation minière.

D'habitude, les forages exécutés pour les études hydrogéologiques positives sont ultérieurement utilisés pour le captage éventuel. C'est la raison pour lesquels, ils doivent être réalisés dans les normes et selon les règles de l'art.

## I.4 GENERALITES SUR L'ADDUCTION EN EAU POTABLE

C'est l'ensemble des ouvrages installés et des appareillages mis en place pour capter, traiter, transporter et distribuer l'eau pour satisfaire les besoins et les exigences des usagers, depuis la ressource en eau jusqu'aux utilisateurs.

Un réseau d'AEP est formé par l'installation de captage, la conduite d'amenée, l'installation de stockage et la distribution. Une station d'épuration est nécessaire, si la qualité de l'eau n'est pas satisfaisante. Si on a affaire à une nappe aquifère profonde, l'utilisation du chlore pour les traitements bactériologiques suffit dans beaucoup de cas.

### I.4.1 Ouvrage de captage

L'eau doit être soutirée de la ressource à l'aide d'un dispositif appelé « ouvrage de captage ».

L'eau de captage peut être :

- de précipitations ;
- de surface ;

Il s'agit de captage des eaux des réservoirs superficiels dont les fleuves et rivières, les lacs et marais, les mers et océans par pompage ou de captage à partir d'un barrage de retenue. Les systèmes

de captage de l'eau de surface sont de grands systèmes communaux d'approvisionnement en eau qui collectent et stockent l'eau qui ruisselle.

- souterraines ;

Ce sont le captage des eaux en profondeur dont l'accès à la nappe ne peut se faire que par sondages, des puits, des forages, des drains horizontaux et le captage des eaux de source naturelle.

#### **I.4.2 Conduite d'amenée ou l'adduction**

C'est l'ensemble des conduites, ouvrages et appareillages permettant le transport de l'eau captée, jusqu'à son lieu de stockage, citerne ou réservoir.

#### **I.4.3 Adduction gravitaire**

Lorsque le niveau de captage de l'eau est supérieur à celui du réservoir de stockage. Par suite, l'eau coule dans des conduites sous pression et non à surface libre par simple gravitaire. De ce fait, la circulation de l'eau se fait par l'attraction de la pesanteur, donc ne nécessitant pas d'autres sources d'énergie ou de station de pompage.

#### **I.4.4 Adduction par refoulement ou par pompage**

Dans ce cas, la pression sur le réseau et l'acheminement de l'eau de la source vers le point de consommation se fait à l'aide de pompes. La station de pompage se compose de :

- l'ensemble des pompes qui donnent l'énergie de pression nécessaire à l'eau pour être refoulée ;
- l'ensemble des moteurs qui font fonctionner (tourner) les pompes ;
- accessoires nécessaires à la station de pompage tel que tableau de commande ;
- bâtiment qui abrite l'ensemble de ces appareils et pièces de rechange.

#### **I.4.5 Système de traitement des eaux**

On entend par traitement des eaux l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau avant son utilisation ou avant son retour dans le milieu naturel. En général, il existe 4 phases de traitements, qui dépendent de la nature des substances à traiter dans l'eau :

- le prétraitement pour l'élimination des matières de taille de grossière ;
- le traitement primaire pour les substances de taille moyenne qui sont décantables ou filtrable ;
- le traitement secondaire pour l'élimination des polluants biodégradables ;
- le traitement tertiaire pour traiter les cas des microorganismes pathogènes.



Source : (<http://www.dutoitfreeblog.com/.a/6a00d83451935369e2013487ad86c7970c-800wi>)

*Figure 4 : Système d'AEP*

#### I.4.6 Stockage

Ensemble des ouvrages du génie civil qui assure principalement l'emmagasinement de l'eau dans le (ou les) réservoir(s). Il sert :

- pour assurer la régularité du débit capté et pour avoir des réserves d'eau en cas d'indisponibilité de la conduite d'amenée (Fonction de régulation) ;
- pour mettre en pression l'eau ;
- pour substituer aux adductions et aux ouvrages de captage en cas de pannes ou d'interruption au niveau de la production (fonction de réserve).

#### I.4.7 Conduite de distribution

C'est l'ensemble des conduites et appareillages permettant la distribution de l'eau stockée aux abonnés. Ce réseau de distribution peut être ramifié, maillé, ou mixte.

### I.5 CONTEXTE GENERALE SUR LA ZONE D'ETUDE

#### I.5.1. Situation géographique et topographique

Le Fokontany Angarazy de la Commune Rurale de Tanandava, une Commune nouvellement créée dans le District de Morombe, Région Atsimo Andrefana se situe dans la partie nord de la Région, Sud-ouest de Madagascar, à 220 km au nord de la ville de Tuléar, situant sur le long de la route vers Morombe.

Ses coordonnées géographiques sont : S $21^{\circ}42'11,82''$  ; E $043^{\circ}44'43.73''$

Il est découpé en dix-huit (18) ruelles. Le village de Tanandava Station ou Angarazy est entouré par une vaste zone de riziculture. Il est délimité : au nord, au sud et à l'ouest par des rizières et à l'Est par le fleuve de Mangoky. Tanandava se trouve dans la vaste plaine alluviale du fleuve Mangoky d'altitude moyenne de 30 m.

La géomorphologie de la région présente alors une grande potentialité par rapport au stock des ressources en eau. En effet, la forte perméabilité que procurent les formations rencontrées favorisée par le relief entraîne la bonne circulation mais lente de l'eau dans la zone. Ceci définit un fort emmagasinement.

### **I.5.2 Situation climatologique**

La zone appartient à un climat semi-aride qui se trouve dans la partie Sud-ouest de Madagascar. Elle présente une pluviométrie insuffisante, une température élevée et une évapotranspiration importante. Ces facteurs entraînent la circulation des eaux et assurent la pérennité des ressources en eau d'où le climat est un facteur à prendre dans cette étude, car il influe directement sur le cycle de l'eau.

#### **I.5.2.1 La pluviométrie**

C'est la mesure des hauteurs d'eau de pluie tombée, à l'aide d'un pluviomètre ou avec un pluviographe qui est un matériel servant à enregistrer de manière continue la variation des précipitations. En observant la hauteur d'eau de pluie, on peut en déduire la quantité d'eau de pluie tombée. À ce propos, elle varie d'une situation à l'autre avec Morombe, Befandriana Sud, Ambahikily. L'insuffisance des pluies qui est de l'ordre moyenne de 637 mm, est fonction de des conditions climatiques.

La répartition des pluies dans l'année suit le régime bi-saisonnier avec une saison humide de Décembre à Mars, soit environ quatre (4) mois, et le maximum de précipitation est observé au mois de Janvier. Toutefois, dans le sud de l'Ile, le passage de dépression méridionale est à l'origine de pluie pendant l'hiver austral.

#### **I.5.2.2 La température**

Elle dépend de plusieurs facteurs tels que l'ensoleillement, la radiation solaire, la pression, ... La région concernée se trouve dans la zone à climat semi-aride. La saison humide correspond à la saison chaude. La température moyenne mensuelle est supérieure à 24°C, les mois les plus frais sont les mois de juin et juillet avec une température moyenne de l'ordre de 20 °C. En outre, la température moyenne annuelle, de l'ordre de 22°C, est globalement plus faible que sur le reste de l'Ile.

*Tableau 1 : Variation des températures dans la zone*

Température °C	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Ju	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>Max-Moyenne</b>	33	33	32	29	28	27	28	27	29	31	32	32
<b>Moyenne</b>	28	28	27	25,5	23	21	20	21	22,5	24,5	26,5	26,5
<b>Min-Moyenne</b>	23	23	22	19	17	14	13	14	16	18	21	21

Source : Station Morombe (2012)

L'évapotranspiration : A propos de l'évapotranspiration au niveau des trois stations, on observe que Morombe a la valeur le plus élevé avec 1437mm et la valeur minimale est observée à Toliara dont 1297mm. La valeur d'ETP de ces trois stations montre le phénomène d'évaporation journalier grâce à un évaporomètre « piche ». La collecte des informations de l'ETP est difficile car il n'y a que la valeur au niveau de ces trois stations qui sont disponibles.

Il est à souligner que pour la région, il y a des limites de bilan hydrique, il faut prendre en compte les périodes pluvieuses et cycloniques, la diversification des couvertures végétales, l'hétérogénéité des terrains. On peut voir un certain détail de ces mesures grâce au tableau ci-dessous.

*Tableau 2 : Quelques valeurs des termes du bilan hydrique dans la zone*

Données stations	Tmoyenne	Pmoyenne	ETP	ETR
<b>Morombe</b>	24,7°C	454 mm	1437 mm	789 mm
<b>Sakaraha</b>	23°C	733 mm	1347 mm	463 mm
<b>Toliara</b>	23°C	341 mm	1297 mm	349 mm

Source : Station Morombe, station Sakaraha, station Toliara (2012)

### **I.5.3 Situations hydrologique et hydrogéologique**

En référence des points d'eau existants, les eaux de surfaces et les eaux souterraines sont les plus exploitables dans la zone. Aussi une étude concernant ces ressources va être exposé dans la suite.

#### **I.5.3.1 Les eaux de surface**

Mangoky est le plus grand fleuve de Madagascar avec un bassin d'environ 55000m<sup>2</sup> avec un parcours d'environ 820km, il prend sa source vers le haut plateau dans la région Ihosy et Matsiatra, parcours des falaises, des plateaux, des plaines avec une direction Est-Ouest et se perd à la mer au niveau d'un vaste delta au nord de Morombe. Le fleuve Mangoky passe juste au nord du village d'Angarazy, il est pérenne toute l'année et produit un débit moyen annuelle de 521m<sup>3</sup>/s dans la région en référence des données collectées à la station Bevoay.

Du point de vue qualité, apparemment le Mangoky est potable, l'analyse de l'échantillon prise dans le canal montre qu'il est doux avec une conductivité électrique de l'ordre de 300 µS, il est peu turbide, par contre même sans analyse bactériologique on peut assurer la non salubrité de cette

ressource car des vestiges de végétaux et d'animaux morts et divers déchets ménagères et excréta se déversent dans ce fleuve.



*Figure 5: Le fleuve de Mangoky*

### I.5.3.2 Les eaux souterraines

A partir de l'examen de la carte géologique, de la carte topographique de la région et à l'aide des points d'eau existants nous pouvons déterminer les formations aquifères de la zone. Les données collectées et traitées permettent, d'un côté de définir une nappe phréatique constituée d'un aquifère sablo-argileux et/ou sablo-gréseux. Elle est généralement exploitée à partir de puits traditionnels par la communauté. La formation a une épaisseur de 0.5 à 1m, et elle produit un débit de moins de 0.6m<sup>3</sup>/h. La conductivité dans ces puits présente un grand écart de valeur allant de 300 à 3600 µS/cm. D'autre part une nappe libre en dessous de la nappe phréatique qui a été exploitée par le projet Bas Mangoky dans le cadre d'une AEP, et par la mission catholique pour un usage privé. Elle est contenue dans un aquifère de sablo-gréseux et/ou de grès, ayant une force de 3 à 4m, son débit est estimé entre 1 à 3m<sup>3</sup>/h. La conductivité de l'eau varie de 1100 à 1400 µS/cm Les eaux de puits sont alimentées soit par l'eau de pluie soit par les eaux de surface, son infiltration est rapide en se référant à leur profondeur mais aussi à la texture de la formation. Ce processus présent des risques par rapport à la qualité de la ressource en eau, elle dérive des utilisations d'engrais et insecticides destinés à l'agriculture et aussi du

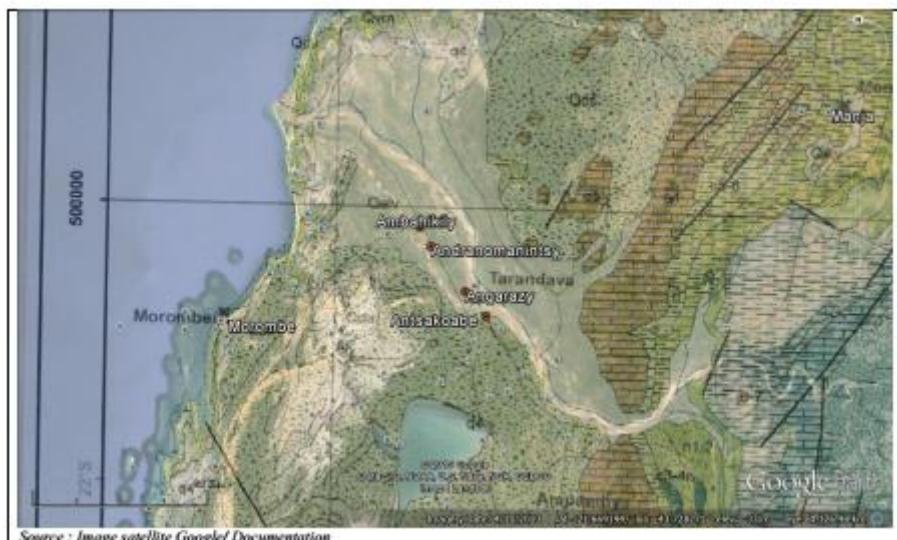
mauvais comportement de la majorité de la communauté en termes de défécation à l'air libre (70 à 80%), assainissement et hygiène.

Il est impossible de définir sur le site les nappes en profondeur. Par ailleurs, on peut les apprécier à l'aide des forages déjà réalisés dans la région ; ceux d'Antsakoabe au sud du site et d'Andranomanintsy au nord réalisés par JICA, et un autre plus au nord à Ambahikily réalisé par l'ONG Expert Solidaire. En général ces forages captent les nappes profondes des sables moyens à grossiers qui s'écoulent dans l'ordre de 100m de profondeur. Le tableau ci-dessous présent les caractéristiques de la nappe pour les forages exploité dans la région.

*Tableau 3 : Caractéristiques des forages dans la région*

Sites	PT(m)	NS(m)	ND(m)	Débit teste (l/min)	C E ( $\mu$ S)
<b>Andranomanintsy</b>	166,6	0,73	1,72	92	505
<b>Antsakoabe</b>	128.1	1.84	6	250	
<b>Ambahikily</b>	147	0.3	4.35	271	

Source : JICA (1994), ONG expert solidaire (2015)



*Figure 6: Localisation des forages dans la région*

La figure ci-dessus montre les forages exploités dans la région. La superposition de l'image avec une carte géologique rend plus réelle les interprétations ; ainsi elle nous donne une idée générale des couches traversées par chaque forage dont les aquifères et les aquiclude, des linéaments, de la topographie, des couvertures végétales, etc. En outre on peut déjà imaginer la possible continuité des formations et donc l'écoulement de la nappe. Ceci aide à définir la capacité de la nappe aquifère.

#### I.5.4 Situation Démographique

Le Fokontany Angarazy abrite 3334 habitants. Le Fokontany de Soavary aussi compte 1397 habitants. D'après l'enquête statistique auprès des ménages en 2012, le taux d'accroissement moyen de la population à Madagascar est de 2,8 %. Ce taux nous a permis de calculer la répartition de la population en 2015 et aussi pour les années suivantes jusqu'à l'horizon de 15 ans. Le calcul se fait par une projection du nombre de la population suivant la formule de croissance de la population :

$$N=N_0(1+t)^n,$$

où N : nombre d'habitants à l'horizon voulu n ;  $N_0$ : nombre d'habitants de base (dans notre cas, année 2014) ; t : taux d'accroissement de la population ; n : nombre d'horizons par rapport à l'année de base. Le tableau ci-après montre l'évolution de la population jusqu'à l'horizon 2030

*Tableau 4 : Evolution de la population jusqu'à l'horizon 2029*

	Station Tanambao	Soavary	Population totale
2015	3334	1397	4741
2016	3437	1436	4873
2017	3534	1476	5010
2018	3633	1518	5150
2019	3734	1560	5294
2020	3839	1604	5443
2021	3946	1649	5595
2022	4057	1695	5752
2023	4170	1742	5913
2024	4287	1791	6078
2025	4407	1841	6248
2026	4531	1893	6423
2027	4658	1946	6603
2028	4788	2000	6788
2029	4922	2056	6978
2030	5060	2114	7174

Sources : Fokontany de Tanambao Station et Soavary (2015)

Sans connaissance de l'état de notre zone d'étude il sera impossible de concevoir le projet. Toutes les données qu'on a reçues et les paramètres qu'on a définis précédemment sont essentiels pour la progression de l'étude car c'est par considération de ces derniers qu'on peut mettre en place un réseau d'AEP adéquat. Nous allons pour la suite avoir comme sujet les approches techniques pour la réalisation du projet d'AEP de Tanandava.

# **CHAPITRE III**

# ETUDE TECHNIQUE POUR LA REALISATION DU PROJET D'AEP DE TANANDAVA

L'installation d'un réseau d'AEP doit remplir à la condition d'efficacité, d'hygiène, de santé, d'économie et de pérennité. L'objectif est de garantir un accès à l'eau potable pour toute la population. Atteindre de telle condition nécessite tout d'abord une étude de la zone avec les outils techniques adaptés. Dans ce chapitre, on va parler des approches méthodologiques mise en œuvre au cours de l'étude. Avec les résultats obtenus, nous pourrons proposer un système d'AEP conforme à la situation in-situ.

## II.1 PHOTO-INTERPRETATION

Avant de déterminer les emplacements des points de mesure dans la zone d'étude, il est nécessaire de réaliser la photo-interprétation. Elle consiste à identifier des objets géologique, morphologique et couverture végétale, sur une photographie aérienne et/ou satellite, à les repérer et à les comprendre. Elle constitue alors le document de base, et elle complète efficacement les cartes existantes, topographiques, géologiques...

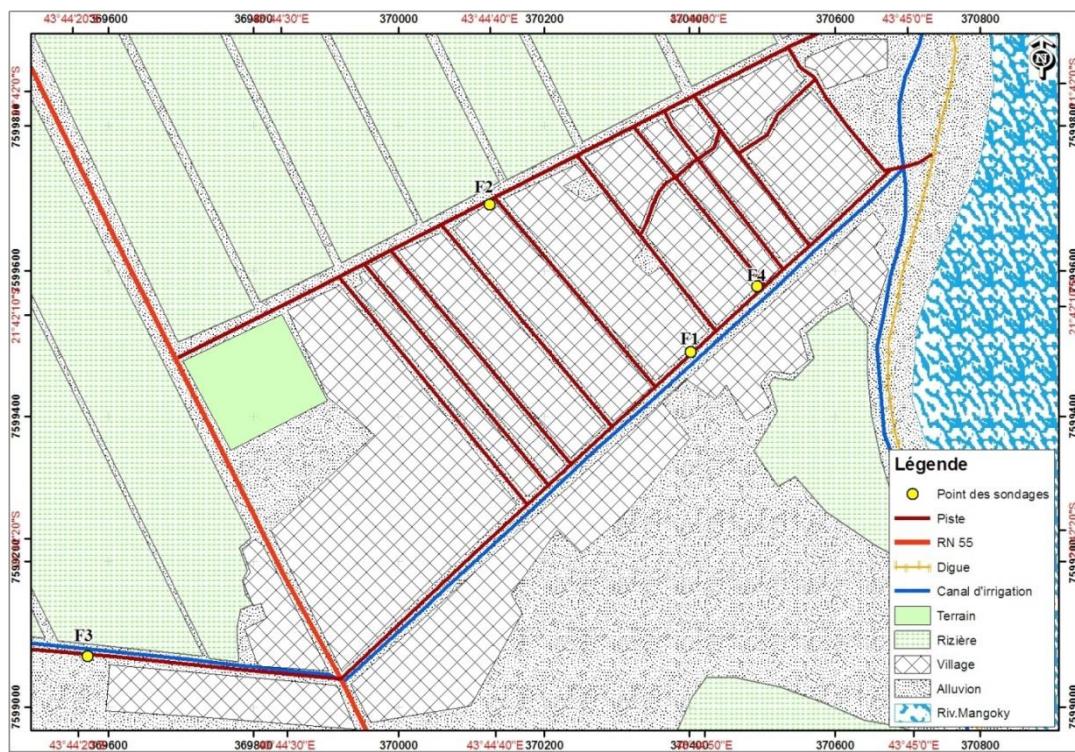


Figure 7 : Résultats des photo-interprétations d'Angarazy

Notre zone est située sur la rive gauche du fleuve Mangoky et le village se trouve sur un terrain alluvionnaire. Une digue sépare le fleuve de notre village. Une grande étendue de rizière borde le Fokontany de Tanandava, de Nord à l'Ouest. On voit aussi qu'un canal d'irrigation qui traverse le

Fokontany du Nord-Est au Sud-Ouest., elle sert à l'arrosage de la rizière et prend source à la cour d'eau.

Quatre (4) points de sondage ont été établis. Le principe est que le sondage doit se faire à proximité du village et selon une piste qui suit la direction du canal.

## **II.2 APPROCHE GEOPHYSIQUE POUR LA RECHERCHE DE NAPPE AQUIFERE DANS LE FOKONTANY DE TANANDAVA**

### **II.2.2 GENERALITES**

Une roche est caractérisée par sa résistivité ( $\rho_a$ ), exprimée en  $\Omega\text{m}$ , Elle représente la capacité de ce matériau à s'opposer au passage d'un courant électrique. Le sondage électrique consiste à mesurer la variation de la résistivité du sous-sol avec la profondeur. Elle est basée sur l'injection de courant artificiel dans le sous-sol et l'on est maître de la profondeur atteinte, car elle dépend de la longueur de la ligne d'envoi du courant continu dans le sol. On pourra ainsi déterminer la succession et les épaisseurs des différents terrains superposés, leur nature qui est liée à leur résistivité et les changements de faciès, tous ces facteurs répondant directement aux questions posées par l'hydrogéologue.

Cette résistivité peut être calculée à partir d'une mesure de la différence de potentiel  $\Delta V$  entre deux électrodes M et N pendant l'injection d'un courant continu I entre deux électrodes A et B. Ce qui nous donne :

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

où K : coefficient géométrique dépendant de la position des électrodes de courant A et B. et de potentiel M et N ;  $\Delta V$  : différence de potentiel entre les électrodes de mesure M et N; I : intensité du courant

Pour le sondage électrique, on utilise le plus souvent les arrangements de type Schlumberger, Wenner et double dipôle...

De ce fait, les mesures de résistivité permettent de repérer les formations les plus poreuses et présentant une bonne perméabilité pour que celles-ci constituent des réservoirs potentiels.

### **II.2.2 PRINCIPE DE BASE**

Tout dispositif de mesure comporte quatre électrodes, deux A et B, pour l'envoi de courant et deux M et N, pour la mesure du potentiel  $\Delta V$ . Au début de la mesure les espacements AB et MN sont petits, à mesure que le relevé progresse, on écarte les électrodes de courant et potentiel par rapport à un point fixe central. L'écartement progressif des électrodes permet une investigation de plus en plus

profonde dans le sol. Les différentes mesures sont placées sur un graphique bilogarithmique donnant la courbe de sondage de la résistivité apparente.

C'est par interprétation de cette courbe que l'on peut avoir une idée des formations constituantes le sous-sol.

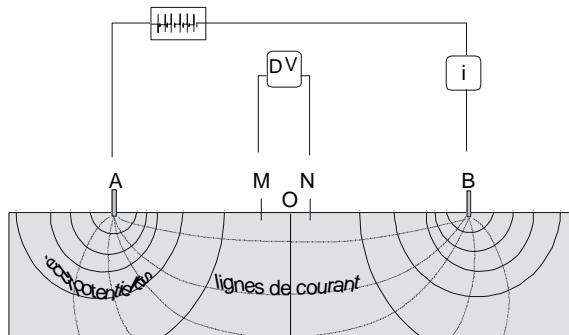


Figure 8: Dispositif de mesure au sondage électrique

C'est une méthode d'une grande facilité de mise en œuvre sur le terrain, elles sont immédiatement adaptables à bien des problèmes différents et permettent de réaliser des économies très importantes sur le coût des forages.

### II.3 DESCRIPTION ET INTERPRETATION DES RESULTATS DES SONDAGES

Pour évaluer la potentialité hydrogéologique de notre zone, on a opté pour la méthode de sondage électrique vertical. Les travaux ont été effectués sur la zone alluviale et sur la carapace sableuse. C'est la société SGDM qui est responsable de l'exécution de la prospection électrique.

Quatre sondages ont été réalisés aux points : F1, F2, F3 et F4. La longueur de ligne tirée pour chaque sondage est de AB=1200m (distance entre deux électrodes d'injection de courant) pour avoir une profondeur d'investigation de l'ordre de 200m de configuration Wenner.



Figure 9 : Points de sondage

### II.3.1 Sondage n°1

Le sondage F1 est implanté, suivant la direction N50. Le centre du profil est localisé géographiquement à la Latitude S 21,70330° et à la Longitude E 043,74712°.

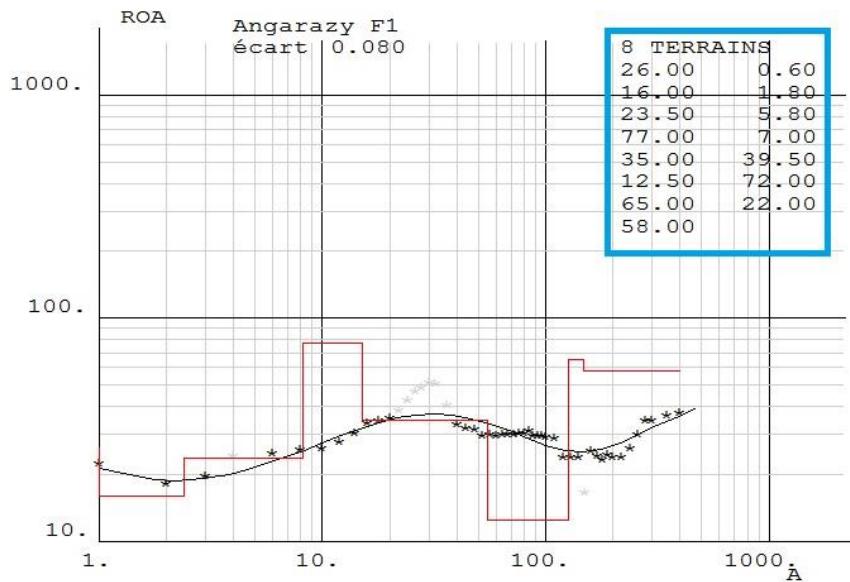


Figure 10 : Courbe de sondage n°1

La courbe de sondage m'est en évidence la présence de huit couches :

- une alternance de couche de couverture et de résistance moyenne allant de 16 Ωm et 26Ωm constituée par une formation sablo-argileuse. L'ensemble donne une puissance d'environ 9m ;
- une formation plus résistante de valeur de résistivité de 77 Ωm et de puissance de l'ordre de 7m. C'est l'aquifère superficiel ;
- une succession de 2 formations marneuse dont la variation de la résistivité de 35 à 12 Ωm est fonction de la teneur en sable. La puissance de l'ensemble est au environ de 112m ;
- une alternance de formation de valeur de résistivité de 58 à 65 Ωm et de puissance de 22 m. C'est la deuxième aquifère qui se trouve au environ de 125 m de profondeur.

La coupe montre la présence des deux formations géoélectriques, probablement constituées d'aquifère saturé d'eau : l'une superficielle de caractéristique conductrice et l'autre beaucoup plus profonde à caractéristique moins résistante. Vue les puissances et les valeurs de résistivité des couches aquifères, les zones saturées en eau contiennent vraisemblablement d'argile assez importante. Le débit de production de la nappe ne dépasserait en conséquence le 10 m<sup>3</sup>/h.

### II.3.2 Sondage n°2

Le sondage F2 est implanté suivant la direction N70. Le centre du profil est localisé géographiquement à la Latitude S 21,70144° et à la Longitude E 043,74446°.

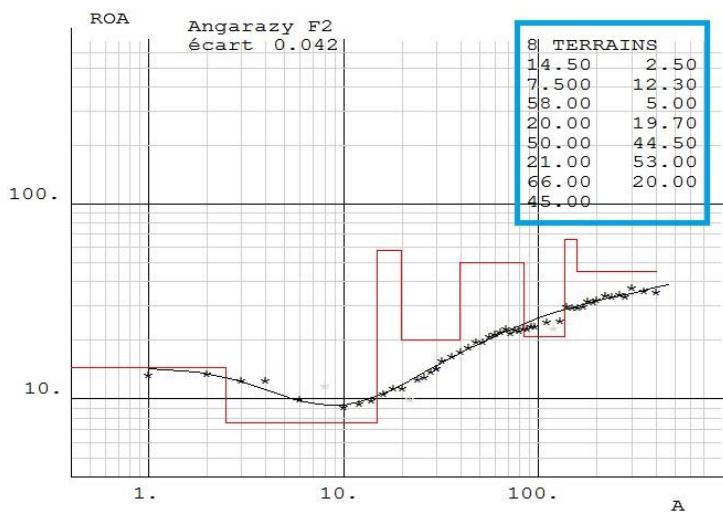


Figure 11 : Courbe de sondage n°2

Le sondage effectué ainsi que la courbe obtenu montre huit couches :

- d'abord une couverture sédimentaire très conductrice constituée par deux formations de valeur de résistivité allant de 7.5 à 14.5  $\Omega\text{m}$ . Ce sont de formations de nature argilo-sableuse avec une puissance de l'ordre de 15m ;
- une formation de nature sableuse plus résistante de résistivité électrique égale à 58  $\Omega\text{m}$  et de puissance de 5m. C'est l'aquifère superficiel ;
- une alternance de 3 formations moyennement conductrice avec des résistivités de 20 à 50 $\Omega\text{m}$ . C'est de nature argilo-marneuse. La puissance de l'ensemble est égale à 118m ;
- un second aquifère dont la valeur de résistivité est de 66 $\Omega\text{m}$ . La profondeur de cet aquifère est au environ de 138 m avec une puissance de 20m ;
- une couche de résistance moyenne de 45 $\Omega\text{m}$  qui va constituer le substratum et se trouve au-delà de 158m.

### II.3.3 Sondage n°3

Le sondage F3 se trouve dans la partie Sud de la zone d'étude, dans le Fokontany de Soavary. Il est implanté au centre du bassin alluvionnaire afin d'espérer avoir une nappe profonde beaucoup plus épaisse. Le centre se trouve au point de coordonnées géographiques de Latitude S 21,70808° et de Longitude E 043,73910°.

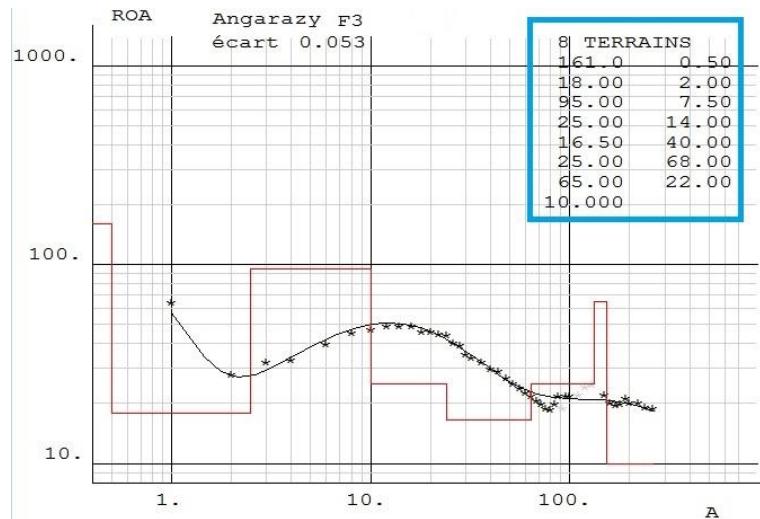


Figure 12 : Courbe de sondage n°3

La courbe de sondage obtenue après mesure permet de mettre en évidence la présence de huit couches :

- une couverture sédimentaire de nature sableuse avec une résistivité de 161 $\Omega\text{m}$  et de faible épaisseur ;

- une couche très conductrice par rapport à la couverture de valeur de résistivité égale à  $18\Omega m$  avec une puissance de 2 m. Cette formation est l'aquifère superficiel ;
- une formation plus résistante de valeur de résistivité égale à  $95\Omega m$  de nature sablo-argileuse ;
- une alternance de 3 formations dont la résistivité varie de  $25$  à  $16\Omega m$  selon la teneur en sable. D'une puissance de 122m. Elles forment la plancher de la première nappe ;
- une formation de résistance moyenne de  $65\Omega m$  et de puissance de 22m identifiée comme le second aquifère. Elle se trouve à une profondeur d'environ 133m ;
- une couche très conductrice qui se situe au-delà de 155m et qui constitue substratum.

#### **II.3.4 Sondage n°4**

Le sondage F4 se situe à 130m au Sud du sondage F1. L'objectif est de déterminer la profondeur de la seconde nappe moyennement profonde. Le centre se trouve au point de coordonnées géographiques de Latitude S 21,70245° et de Longitude E 043,74789°.



*Figure 13 : Emplacement du point de sondage F<sub>4</sub>*

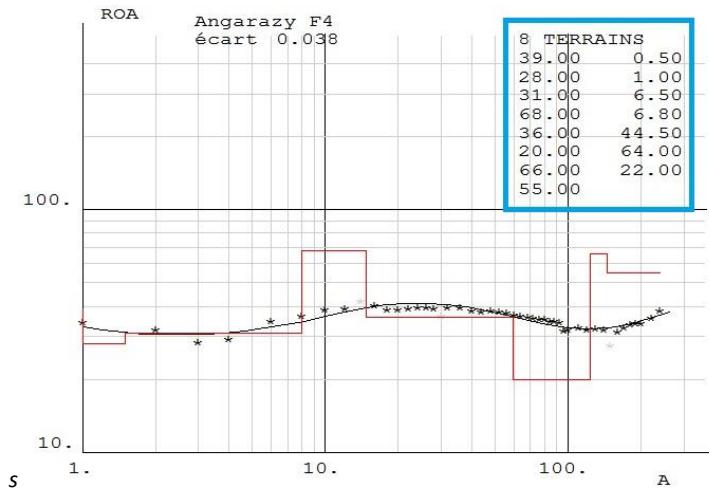


Figure 14 : Courbe de sondage n°4

La courbe de sondage que nous avons après mesure présente huit couches :

- la première une couverture superficielle conductrice de  $39\Omega\text{m}$  mais de faible épaisseur, de nature sablo-argileuse ;
- une alternance de deux formations dont les valeurs de résistivité sont  $28\Omega\text{m}$  et  $31\Omega\text{m}$  et de puissance de 7m environ. C'est l'aquifère superficiel ;
- une couche plus résistante de  $68\Omega\text{m}$  de nature sableuse sera le plancher du système aquifère dont la puissance est de 7 m environ ;
- une succession de 2 formations dont les valeurs de résistivité sont de  $20\Omega\text{m}$  et  $36\Omega\text{m}$  formée par des couches marneux et argileux. L'ensemble forme une puissance de 108m ;
- le second aquifère de  $66\Omega\text{m}$  et d'une puissance de 22m se trouvant au environ de 123m ;
- le substratum imperméable au-delà de 147m de profondeur.

Les forages exécutés par JICA et l'ONG expert solidaire s'ajoutent aux données géophysique pour dire que la nature de l'aquifère profonde est composée de couche sableuse et marneuse.

Les quatre profils étalés montrent bien la structure géo électrique du sous-sol à l'intérieur de la zone d'étude. Globalement, elle est formée par la succession de huit formations de valeurs de résistivité ne dépassant pas  $70\Omega\text{m}$ . Deux principales nappes sont décelées :

- une nappe superficielle moyennement résistante de valeur de résistivité très différente d'un point à un autre ;
- puis une autre nappe moyennement profonde, elle est caractérisée par des valeurs de résistivité de l'ordre de  $65\Omega\text{m}$ , avec une puissance de l'ordre de 20m. La profondeur du

toit varie d'un point à un autre entre 120m et 140m de profondeur. Vue la valeur de la résistivité, de la puissance et les études antérieures (JAT, 1991), le débit ne peut pas dépasser 8m<sup>3</sup>/h.

Pour avoir l'évolution spatiale des différentes couches marquées par les sondages électriques, une coupe géo-électrique constituée par les sondages F3, F1 et F4 nous montre que la nappe profonde est inclinée légèrement vers le Sud, d'où le meilleur emplacement pour l'implantation de forage d'eau est sur le sondage F4.

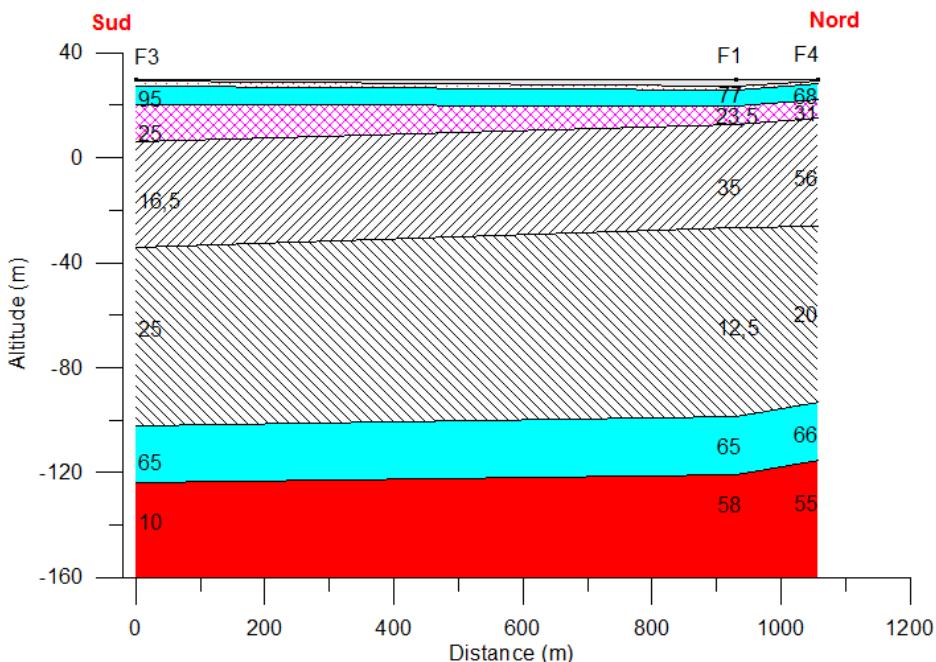


Figure 15 : Coupe géo-électrique

Le Fokontany de Tanandava dispose déjà d'un réseau mais malheureusement qui est défaillant. Ce réseau est partagé en deux Zones. La Zone 1 se trouve au nord-est du village et la Zone 2 au niveau du village. Puisque le projet a pour objectif de fournir de l'eau aux habitants du village de Tanandava, nous nous focaliserons sur l'étude des éléments de la Zone 2. Le dimensionnement du nouveau réseau se base sur la réutilisation du réservoir et des tuyaux de la Zone 2 encore de bonne qualité sauf les bornes fontaines. Afin de garantir une eau de qualité et de quantité suffisante toute l'année, le système proposé est une adduction d'eau potable par pompage à partir d'un forage.

## **II.4 SYSTEME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE**

### **II.4.1 Variante de captage**

Trois options sont proposées :

- Variante 1 : captage par forage.
- Variante 2 : captage de Mangoky
- Variante 3 : captage par puits.

#### **II.4.1.1 Captage par forage**

D'après les études géophysiques établis, il est proposé de réaliser un forage profond de 120 à 140 m, l'épaisseur de la nappe est puissant de l'ordre de 20 m. Un tel nappe résiste non seulement à la pollution mais à la condition climatique de notre zone.

#### **II.4.1.2 Captage de Mangoky**

Le captage du fleuve Mangoky est envisageable du fait qu'il se trouve à quelques centaines de mètre du village, le risque sur le déficit du débit à exploiter est minime parce que le débit minimum du fleuve dans la région est de  $31\text{m}^3/\text{s}$ . Mais l'exploitation nécessite une mise en place de dispositif de traitement permanent et spécialisé, l'emplacement de cette infrastructure demande une grande ligne budgétaire.

#### **II.4.1.3 Captage par puits**

Cette variante consiste à mettre en place trois à quatre puits, ils sont implantés dans le village et à proximité du réservoir, puits avec cuvelage en buse de diamètre 1,00 m, de profondeur totale de 20 m en moyenne, les trois dernières buses (3 m) sont pourvues de trous de barbacanes, une margelle de 0,50 m de hauteur en maçonnerie de moellons pourvue d'un couvercle amovible en béton armé équipé chacun d'une pompe immergée.

Les études effectuées par contre ont conclus que l'aquifère potentiel se trouve à plus de 120 m. En plus l'utilisation de pompe immergée à chaque puits ne va qu'alourdir le frais d'exploitation.

Pour garantir une eau de bonne qualité, et en quantité suffisante toute l'année, pour l'ensemble de la population, l'évaluation des choix sur le captage de l'eau à exploiter nous amène à opter pour l'Adduction en Eau Potable par Pompage par un forage.

#### **II.4.1.4 Mode d'exhaure**

Après avoir défini le point d'implantation à l'aide des études géophysiques, on passe au forage d'eau. On a choisi un système d'exhaure thermique. L'eau sera refoulée par une pompe immergée avec un groupe qui doit permettre le démarrage d'un matériel de puissance de 3 kW. On opte pour un groupe électrogène de 10 à 11 KVA.

Les pompes immergées sont des électropompes multicellulaires destinées à puiser de l'eau à plus de 8m de profondeur. Ce sont donc des pompes de puits ou des pompes de forage, dont le profil effile est conçu pour une installation dans des espaces très étroits, Les pompes immergées permettent de bénéficier de l'eau souterraine pour alimenter notre maison ou pour arroser notre jardin. Si le puits fait au moins de 8m de profondeur, nous avons donc le choix entre une pompe immergée ou une pompe de surface. Mais les pompes immergées, justement parce qu'elles sont immergées, ont des avantages sur les pompes de surface : Elles fonctionnent par refoulement et non par aspiration. Le moteur est automatiquement refroidi par l'eau.

On utilise ici le type Grundfos qui est surtout destiné pour l'arrosage, l'irrigation, l'adduction d'eau et de nombreuses applications industrielles, la surpression, le transfert... Cet appareil est entièrement en acier inoxydable

#### **II.4.2 Conduite de refoulement**

La conduite de refoulement qui sera posée entre le forage et le réservoir sera une conduite en PEHD DN 63 avec une pression nominale de 10 bars.

*Tableau 5 : Caractéristiques du réservoir de la Zone 2*

CARACTERISTIQUES	NOUVEAU CHATEAU D'EAU
Type	Surélevé
Forme	Circulaire de 3,10 m de diamètre
Hauteur du radier	9 m
Profondeur du réservoir	2,80 m
Volume	21 m <sup>3</sup>

### **II.4.3 Réseau de distribution**

Cinq (5) bornes fontaines de types kiosque sont mises en place dans le village d'afin de minimiser la distance à parcourir pour accéder à l'eau potable, de rentabiliser le système et de pousser les utilisateurs à se brancher. Ces kiosques délivrent au moins un débit de 1 m<sup>3</sup>/h (0,27 l/s) afin de limiter au maximum l'attente.

En ce qui concerne le branchement, le nombre des ménages qui pourront accéder aux branchements privé est basé sur les coûts de branchements. Les entretiens avec les membres de la commune et quelques personnes clés du Fokontany donnent les estimations suivantes :

*Tableau 6 : Nombre de demandeur de branchement par coût de connexion*

<b>Coût de connexion (BP)</b>	<b>Nombre de demandes</b>
<b>Ar 100 000</b>	<b>100</b>
<b>Ar 150 000</b>	<b>80</b>
<b>Ar 200 000</b>	<b>50</b>
<b>Ar 250 000</b>	<b>25</b>

Ainsi, le nombre de ménages potentiellement demandeurs d'un branchement privé pourrait atteindre 100 branchements en fonction du coût du branchement.

On a vu au cours de ce chapitre donc que notre site possède des ressources en eau souterraine potentiel. Mais ce n'est pas le seul critère à considérer si l'objectif est une alimentation en eau potable, il faut aussi prendre en compte la question de salubrité. Les quatre sondages électriques effectués dans notre site ont montré l'existence d'aquifères dont l'un profonde semble remplir les exigences recherchées. Trois variantes de captage a été proposé : par puits, par forage, exploitation des eaux superficielles. Cependant la considération financière permet d'opter pour un système d'adduction d'eau potable par forage par pompage avec un système d'exhaure de type thermique. Il faut définir maintenant le coût de réalisation du projet et les tarifs pour l'exploitation du système et c'est dans le chapitre qui suit qu'on va développer ces questions.

# **CHAPITRE III**

# ETUDES ECONOMIQUES

Pour la réalisation d'un projet de cette envergure, les aspects techniques ne sont pas les seuls points à mettre en valeur. Sans investisseur potentiel, on ne pourra pas passer à la phase de conception. Les bailleurs de fonds s'intéressent surtout aux aspects financières, donc il sera primordial après toutes ces études de faire une considération économique qu'on va développer dans ce dernier chapitre.

## III.1 EVALUATION DES BESOINS EN EAU

### III.1.2 Appréciation des besoins unitaires par catégorie de consommation

Trois types de consommation sont visibles à Tanandava Station : dotations domestique, dotation publique et dotation commerciale.

#### III.1.1 Dotation domestique

D'abord, on entend par dotation l'estimation de la consommation unitaire par catégorie d'utilisateur. Pour la consommation domestique l'eau est réservée à la boisson, la cuisson des aliments, la vaisselle et la douche, rarement pour la lessive, qui se fait directement au canal. Elle s'obtient par la formule :

$$D_{pb} = \frac{C_{pb}}{PB} \text{ avec } PB = TB * N$$

Tableau 7 : Estimation des besoins en eau de la population en 2016

<b>Nombre de population</b>	5010
<b>Taux d'utilisation de kiosque</b>	35,55%
<b>Taux de branchement privé</b>	6,26%
<b>Consommation Totale à la Kiosque</b>	13,36 m <sup>3</sup> /j
<b>Consommation Totale au branchement privé</b>	3,29 m <sup>3</sup> /j
<b>Consommation Totale</b>	16,65 m <sup>3</sup> /j
<b>Dotation moyenne à la Kiosque</b>	7,5 l/j/hab
<b>Dotation moyenne au branchement privé</b>	10,5 l/j/hab.

(Source : Enquête auprès de ménage, Mai 2015, DREAH)

On estime alors la consommation domestique à 16,60 m<sup>3</sup>/j répartie ainsi :

- 13,36 m<sup>3</sup>/j au niveau des kiosques
- 3,29 m<sup>3</sup>/j au niveau des branchements privés

### **III.1.2 Dotation publique**

Au niveau des établissements scolaires, compte tenu de la non-gratuité de l'eau du réseau, les besoins solvables en eau seront limités à 0,5 L/élève/jour, équivalent à 1,28 m<sup>3</sup> par jour.

*Tableau 8 : Estimation de besoin en eau au niveau des établissements scolaire*

Etablissement	Effectif	Consommation totale/jour
CEG Tanandava Station	575	287,5
Ecole Notre Dame de vocation	670	335
EPP Tanandava Station	937	462,5
Préscolaire Tanandava Station	150	75
EPP Soavary	240	120
Total		1286 litres

### **III.1.3 Dotation commerciale**

On compte 20 gargotes sur toutes les ruelles dans le Fokontany de Tanandava, Angarazy. On estime une consommation de 100 litres par gargote par jour, ce qui fait 2 m<sup>3</sup>/jour au total.

La consommation totale en eau de la zone est alors égale à 19,94 m<sup>3</sup>/jour.

### **III.1.3 Evolution chronologique de la consommation en eau**

On a pris comme hypothèses que :

- le taux d'augmentation de la population est 2,8% par an ;
- L'augmentation annuelle du taux de branchement privé est de 0.5 % et 1% pour le taux d'utilisation de kiosque ;
- un taux initial de 34,55 % pour l'utilisation de kiosque et 5,76 % pour les branchements privés
- les consommations des gargotes et des établissements scolaires resteront stable.

Tableau 9 : Estimation de besoins

	Année	Population	Taux		Cons							
			Utilisation Kiosque	Utilisation de BP	Kiosque	BP	Journalière BF	Journalière BP	Total des Ménages	Gargote	Etablissements scolaires	Total
1	2016	4873	34,55%	5,76%	7	10	11,79	2,81	14,6	2	1,29	17,89
2	2017	5010	35,55%	6,26%	7,5	10,5	13,36	3,29	16,65	2	1,29	19,94
3	2018	5150	36,55%	6,76%	8	11	15,06	3,83	18,89	2	1,29	22,18
4	2019	5294	37,55%	7,26%	8,5	11,5	16,9	4,42	21,32	2	1,29	24,61
5	2020	5443	38,55%	7,76%	9	12	18,89	5,07	23,96	2	1,29	27,25
6	2021	5595	39,55%	8,26%	9,5	12,5	21,02	5,78	26,8	2	1,29	30,09
7	2022	5752	40,55%	8,76%	10	13	23,33	6,55	29,88	2	1,29	33,17
8	2023	5913	41,55%	9,26%	10,5	13,5	25,8	7,39	33,19	2	1,29	36,48
9	2024	6078	42,55%	9,76%	11	14	28,45	8,31	36,76	2	1,29	40,05
10	2025	6248	43,55%	10,26%	11,5	14,5	31,3	9,3	40,6	2	1,29	43,89
11	2026	6423	44,55%	10,76%	12	15	34,34	10,37	44,71	2	1,29	48
12	2027	6603	45,55%	11,26%	12,5	15,5	37,6	11,52	49,12	2	1,29	52,41
13	2028	6788	46,55%	11,76%	13	16	41,08	12,77	53,85	2	1,29	57,14
14	2029	6978	47,55%	12,26%	13,5	16,5	44,8	14,12	58,92	2	1,29	62,21
15	2030	7174	48,55%	12,76%	14	17	48,76	15,56	64,32	2	1,29	67,61

## **III.2 EVALUATION DU COUT DE REALISATION DU PROJET**

### **III.2.1 Etude de Marché**

#### **III.2.1.1 Les exigences légales**

La politique de l'eau et de l'assainissement a été fixée par la Déclaration de Politique Sectorielle de l'Eau, et de l'Assainissement de 1997 et par la loi 98-029 portant code de l'eau promulguée en 1998 et dont les principaux décrets d'application sont sortis en 2003. Elle énonce les principes suivants concernant la gestion de l'eau :

- l'eau est une ressource vitale, il faut permettre à tous d'y accéder notamment les plus pauvres et démunis ;
- la gestion des ressources doit être réglementée et contrôlée de la part de l'État, et avec la participation de toutes les parties concernées (secteur privé, ONG(s), communes, usagers) sur la base d'une répartition claire des responsabilités ;
- l'État se désengage des activités d'exploitation et se concentre sur son rôle de promoteur et de responsable de la mise en place d'un contexte favorable au développement du secteur ; À ce titre, il négocie les prêts et les dons avec les bailleurs de fonds, s'occupe de la gestion des ressources en eau, passe des contrats avec des bureaux d'études privés (pour les études de portée nationale) ;
- l'État assurera la satisfaction du principe fondamental du service public pour l'accès à l'eau potable, en mettant en place une structure de régulation ;
- l'État apporte un appui technique aux Communes Maître d'ouvrages à travers ses services déconcentrés, pour l'établissement, le suivi et le contrôle des contrats passés entre les communes et les privés (bureaux d'études, entreprises, ONG et exploitants privés) ;
- la libéralisation du secteur doit être mise en œuvre par l'encouragement au secteur privé à s'impliquer dans les travaux d'aménagement, d'exploitation et de gestion des installations d'alimentation d'eau et d'assainissement ;
- le paiement de l'accès à l'eau potable est appliqué pour tous les usagers, pour assurer l'exploitation durable des ressources, la pérennisation du service public de l'Eau Potable, de l'Assainissement et de l'Hygiène de façon efficace et satisfaisante ;
- la tarification de l'eau devra inclure le coût réel de l'eau en tenant compte de la capacité de payer des bénéficiaires ;
- l'organisation du secteur se basera sur une répartition claire des rôles et responsabilités de tous les intervenants permettant une synergie efficace des actions.

Selon le décret N° 2003-791 portant réglementation tarifaire du Service Public de l'Eau et de l'Assainissement, pour chaque système d'eau et d'assainissement, les tarifs applicables doivent permettre l'équilibre financier des gestionnaires de systèmes et tendre vers le recouvrement complet des coûts ;

La détermination du tarif doit prendre en compte les coûts d'investissement et d'exploitation, d'une part, et la capacité de paiement des usagers, d'autre part. Les systèmes tarifaires doivent comprendre des dispositions permettant l'accès au service universel de l'eau potable des consommateurs domestiques ayant les plus faibles revenus.

### **III.2.1.2 Condition de gestion et de financement**

Le projet est de type ministériel, sous la supervision du Ministère de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène et on recommande une mise en gestion sous forme d'affermage.

Le Déléguétaire (Fermier) sera en charge de mettre en fonctionnement les bornes fontaines et les branchements privés. Il devra strictement respecter les consignes prévues dans le cahier des charges sous condition de ne pas percevoir les fonds prévus. Dans ce mode de délégation :

- L'Autorité publique garde la propriété des actifs et finance les investissements ;
- Le déléguétaire de service loue les installations pour moins de 15 ans, finance uniquement les frais d'exploitation et d'entretien, ne supporte pas les risques commerciaux et est payé par les consommateurs

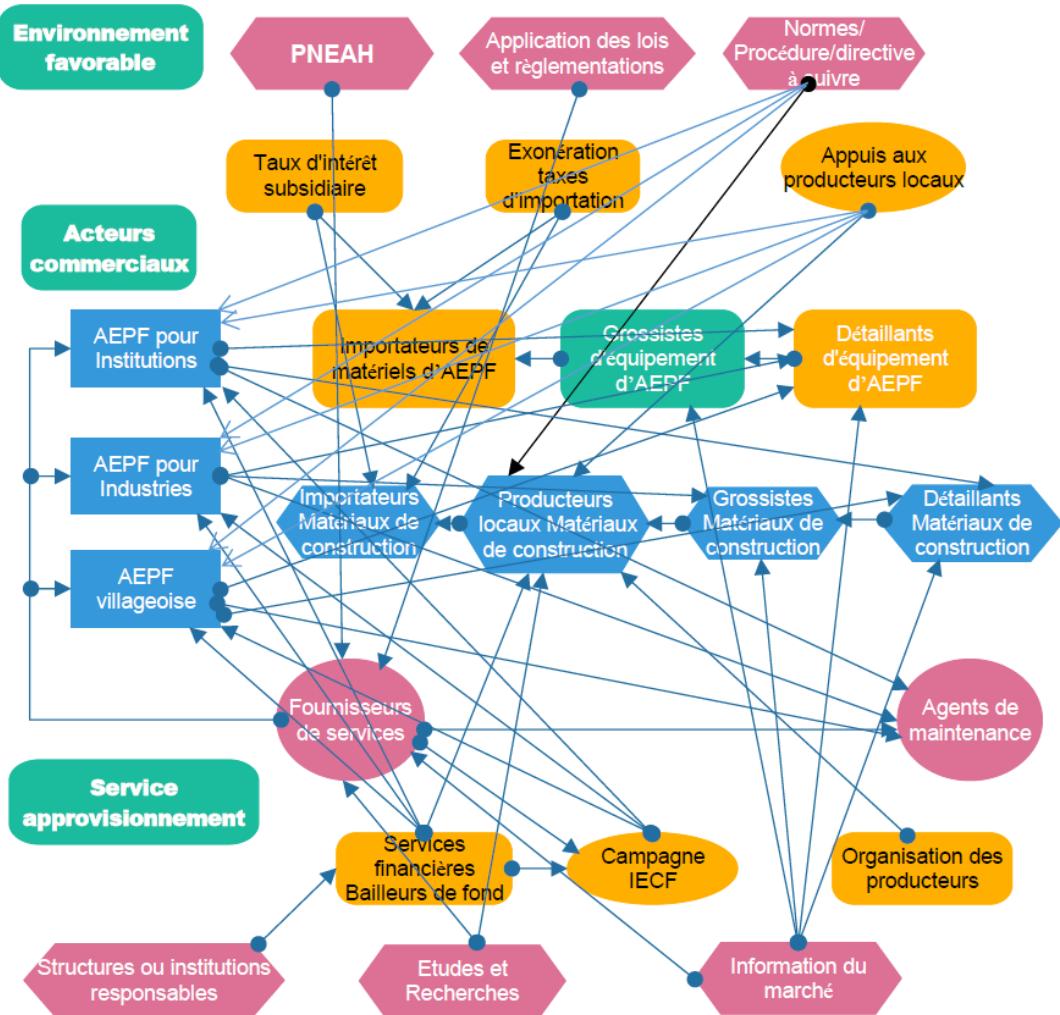


Figure 16: Cartographie de marché pour une AEP par forage

### III.2.2 Coût de mise en place du réseau d'AEP

La remise en service du réseau de Tanandava sera échelonnée comme suit :

- Phase 1 : Travaux de forage précédé d'une étude géophysique
- Phase 2 : Travaux de génie civil, pose des conduites, fourniture des équipements du système d'exhaure (Pompe et Groupe électrogène)
- Phase 3 : Réalisation des branchements privés

Les montants estimés pour les travaux sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Budget global

	Ariary	€ si 1€≈3 200 Ar
<b>PHASE 1 :</b>		
Forage (par m)	607 143	190
TVA 20% (par m)	121 430	38
Etude géophysique	400 000	125
<b>Sous Total 1 TTC</b>	<b>102 400 000</b>	<b>32 000</b>
<b>PHASE 2</b>		
Pompe immergée	8 000 000	2 500
Réservoir	2 000 000	625
Local Technique et abri gardien	8 000 000	2 500
Conduite	40 000 000	12 500
Kiosques	27 500 000	8 594
TVA 20%	17 100 000	5 344
<b>Sous Total 2 TTC</b>	<b>102 600 000</b>	<b>32 063</b>
<b>PHASE 3</b>		
Branchements privés	22 000 000	6 875
<b>Sous Total 3 TTC</b>	<b>22 000 000</b>	<b>6 875</b>
<b>FRAIS</b>		
Ingénierie	25 000 000	7 813
Administratif	10 000 000	3 125
<b>Sous Total 4 TTC</b>	<b>35 000 000</b>	<b>10 938</b>
<b>TOTAL TTC</b>	<b>261 600 000</b>	<b>81 876</b>

### III.3 ESTIMATION TARIFAIRES

La détermination du tarif doit prendre en compte les coûts d'investissement et d'exploitation, d'une part, et la capacité de paiement des usagers, d'autre part. L'estimation tarifaire du réseau de Tanandava Station reprend les principaux éléments cités précédemment et est basée sur :

- l'évolution des consommations en eau selon l'estimation proposée ci-dessus ;
- le rendement technique du réseau ;
- l'estimation des charges de maintenance ;

- les charges de personnel ;
- le fonctionnement ;
- une marge bénéficiaire progressive en fonction de l'évolution du niveau de consommation ;
- des prélèvements : les taxes et redevances vues précédemment ;
- un taux de collecte de 100%.

*Tableau 11 : Estimation tarifaire*

<b>A : CONSOMMATION ANNUELLE (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Unité</b>	<b>Total</b>
Consommation annuelle aux BP	m <sup>3</sup> /an	1024,50
Consommation annuelle aux BF	m <sup>3</sup> /an	4302,27
Consommation des établissements scolaire et Gargote	m <sup>3</sup> /an	1199,39
<b>B : DEPENSES ANNUELLES (Ar)</b>		<b>21 638 724,06</b>
<b>1- Energie</b>		<b>9 227 992,67</b>
Dépenses gasoil annuelle (365 jours)	Ar/an	9 227 993
<b>2- Salaires responsables AEP(Ar)</b>		<b>8 678 000,00</b>
GERANT-TECHNICIEN (augmentation annuelle 5%)	Ar/an	3 600 000,00
AGENT DE SECURITE (augmentation annuelle 5%)	Ar/an	960 000,00
Fontainier	Ar/an	3 650 000,00
CNAPS		468 000,00
<b>3- Coût maintenance réseau et génie civil (Ar)</b>		<b>300 000,00</b>
Entretien des installations	Ar/an	300 000,00
<b>4- Coût analyse de l'eau et chloration (Ar)</b>		<b>200 000,00</b>
Analyse de l'eau	Ar/an	200 000,00
<b>5- Frais de gestion et comptabilité (Ar)</b>		<b>1 560 000,00</b>
Location bureau	Ar/an	600 000,00
Fourniture de bureau	Ar/an	240 000,00
Frais de transport	Ar/an	600 000,00
Communication	Ar/an	120 000,00
<b>6- Charges extraction ANDEA (Ar)</b>		<b>52 731,39</b>
Charges extraction ANDEA (8 Ar/m <sup>3</sup> )	Ar	52 731,39
<b>7 -Taxes et redevances</b>		<b>1 620 000,00</b>

Redevance "Fonds de renouvellement" 3% de la vente	Ar/an	500 000,00
Taxe communale (7% de la vente d'eau)	Ar/an	1 100 000,00
<b>PRIX DE REVIENT</b>		<b>3 315,69</b>
<b>Marge Bénéficiaire de 20%</b>		<b>663,14</b>
<b>Prix de vente de l'eau</b>		<b>3 978,83</b>

L'équilibre financier du système est atteint pour une valeur de 4 Ar/l pour des volumes journaliers supérieurs ou égaux à 17,88 m<sup>3</sup>/jour.

### III.4 ORGANISATION DES TACHES

Le projet sera mis en place sous la responsabilité de la Direction Régionale de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène avec l'assistance d'Experts-Solidaires.

Acteurs	Taches Principales
Commune de Tanandava Station	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Définition des fonctionnalités du réseau d'eau</li> <li>➤ Mobilisation des usagers (contribution)</li> <li>➤ Support à l'organisation de la représentation des usagers</li> </ul>
Direction Régionale de l'Eau, de l'Assainissement et de l'Hygiène (DREAH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Définition des études et des termes de références</li> <li>➤ Validation des études et termes de références</li> <li>➤ Validation des procédures et appels d'offres</li> <li>➤ Sélection des opérateurs contractés (bureau d'études, ONG, entreprises, délégataire)</li> <li>➤ Contractualisation avec les opérateurs</li> <li>➤ Assistance technique pour la sélection des opérateurs contractés</li> <li>➤ Suivi-contrôle de la qualité des prestations des opérateurs contractés (bureaux d'études, forage, travaux de génie-civil, électromécanique, hydraulique)</li> <li>➤ Renforcement de compétences des intervenants post-travaux (commune, association des usagers, délégataire)</li> </ul>
Experts-Solidaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Assistance technique auprès de la DREAH</li> <li>➤ Suivi et contrôle des décaissements</li> <li>➤ Suivi de l'activité des intervenants</li> </ul>

Acteurs	Taches Principales
Bureaux d'études ou groupe de consultants indépendants	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Etudes d'Avant-projet détaillé (hydraulique et génie civil)</li> <li>➤ Dossiers d'Appels d'Offres (hydraulique et génie civil)</li> <li>➤ Suivi-contrôle des travaux de construction</li> <li>➤ Suivi Technique et Financier</li> </ul>
Entreprise de forage	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Réalisation d'un forage de profondeur</li> </ul>
Entreprise de construction	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Construction des infrastructures : captage de source, aménagement de surface du forage, réservoirs, abri, enclos, kiosques à eau...</li> <li>➤ Pose des conduites d'eau : refoulement et conduite principale</li> <li>➤ Mise en eau</li> </ul>
Fournisseurs des systèmes d'exhaure	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Conception, dimensionnement, fourniture, installation, formation et service après-vente pour les systèmes d'exhaure</li> </ul>
Délégataire (constructeur-fermier)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Installation des conduites secondaires, réalisation des branchements privés</li> <li>➤ Mise en fonctionnement et opération du système</li> </ul>
ONG ou Consultant indépendants	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Appui à la mise place du volet marketing social</li> <li>➤ Mise en place du programme d'ATPC (Assainissement Total Par la Communauté)</li> </ul>

La sélection des prestataires pour tous les travaux se fera conformément à la procédure du Code des Marchés Publics de Madagascar – loi n°2004-009, et en deux lots :

- Lot 1 : Forage
- Lot 2 : Travaux de génie civil, pose des conduites fourniture des équipements du système d'exhaure (Pompe, Groupe électrogène ou panneau solaire, ...)

## CONCLUSION

Pour conclure on peut dire que L'étude n'était pas satisfaisant à cause de déficit de données commerciales et techniques, alors que c'est nécessaire pour l'établissement des coûts réels du projet. Cependant, il a été vu que l'élaboration d'un AEP par forage villageoise comme le cas de Fokontany de Tanandava demande avant tout la connaissance des éléments de la zone d'étude.

Ce projet d'alimentation en eau potable du Fokontany de Tanandava Station devrait permettre d'alimenter en eau potable 7 174 personnes à un horizon de 15 ans, sur une base de 14l/jour/personne aux kiosques à eau et 17 l/jour/personne aux branchements privés. Ce réseau permettra de résoudre les problèmes d'alimentation en eau potable des villages qui se ravitaillent aujourd'hui majoritairement auprès de points d'eau traditionnels, à la qualité microbiologique douteuse, enclins à une contamination fécale importante lors des épisodes pluvieux et pour certains, fortement pollués par les épandages de produits phytosanitaires sur les champs de cultures situés en amont. Le système proposé est une adduction d'eau potable par pompage ayant une source d'énergie Thermique. Il est proposé de respecter un tarif qui se situe aux alentours de 4 Ar/l. Les infrastructures du réseau (réservoir et conduite) sont dimensionnées pour les besoins estimés à 15 ans. Il est proposé de déléguer la gestion et l'exploitation à un opérateur sous la forme d'un contrat d'affermage et d'adoindre à cet affermage la réalisation des branchements privés.

Les équipements composants le réseau sont relativement simples. Le montant global des travaux est estimé à 81 876 euros, soit environ 11,4 €/habitant, ce qui en fait un investissement raisonnable. Il est proposé de déléguer la gestion et l'exploitation à un opérateur sous la forme d'un contrat d'affermage et d'adoindre à cet affermage la réalisation des branchements privés.

Le projet D'AEP a pour objectif d'augmenter de taux d'accès à l'eau potable du Fokontany Angarazy. Si les opérations se déroulent comme prévu et si on obtient un taux de participation élevé de la population, on verra une réduction considérable des maladies d'origine hydrique dans notre zone. Grâce à cet avantage l'argent jadis dépensé dans la santé pourra être utilisé dans des activités lucratives d'où une possibilité d'évolution du potentiel économique de la zone.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] BENARY Christian Nicolas, *Etude avant-projet détaillé d'adduction d'eau potable dans la commune rurale de Fahizay Ambatolahimasina Sous-préfecture d'Ambositra*, Université d'Antananarivo, ESPA, Département Hydraulique, 124 pages, 2000.
- [2] Experts-Solidaires/DREAH, *APS AEP Tanandava Station, Ministère de l'Eau de l'assainissement et de l'hygiène*, 60 pages, juillet 2015.
- [3] JOHAN HOAREAU, *Utilisation d'une approche couplée hydrogéophysique pour l'étude des aquifères applications aux contextes de socle et côte sableux*, Thèse de l'Université Joseph Fourier-Grenoble 1, 194 pages, 2009.
- [5] Pr. MORARECH MOAD, *Cours : Hydrogéochimie, eau potable et assainissement liquide*, Faculté des Sciences de Rabat, Département des Sciences de la Terre, 45 pages, 2014-2015.
- [6] RASOLOFOMALALA TSIVERIZO Fiononantsoa, *Alimentation en eau potable par forages dans la zone semi-aride de Madagascar. Cas des travaux réalisés par la société*, Université d'Antananarivo, ESPA, Département Mines, 112 pages, 2014.
- [7] RAZAKARIVELONIRINA Hasina, *Caractérisation hydrogéologique en vue d'utilisation des technologies de captage d'eau potable adaptées au changement climatique : cas de la commune rurale Ambahikily (Sud-Ouest de Madagascar)*, Université d'Antananarivo, ESPA, mention Ingénierie Minière, 81 pages, 2015.
- [8] SAME DIOUF, *Application de la géophysique (électrique et sismique) à l'étude de la géométrie du réservoir de l'aquifère du littoral, Nord Sénégal*, Université Cheikh Anta Diop de Dakar- Faculté des sciences et techniques -Département de Géologie, 108 pages, 1995.
- [9] SGDM, *Etude géophysique dans la localité Angarazy, commune rurale Tanandava, district Morombe, Région Atsimo Andrefana*, Rapport d'étude géophysique, Ministère de l'eau, 23 pages, 2015.

## **REFERENCES WEBOGRAPHIQUES**

- [1] Mami ANDRIAMAMEHIONY. « *Gachis des ressources en eau à Madagascar* ». In Agir avec Madagascar. Adresse URL : <http://agir.avec.madagascar.over-blog.com/2015/06/gachis-des-ressources-en-eau-a-madagascar.html>. (Page consultée le 24 mai 2017)
- [2] Jacques Beauchamp : « Les systèmes aquifères ».Adresse URL : [http://www.upicardie.fr/beauchamp/cours\\_qge/du-7.htm](http://www.upicardie.fr/beauchamp/cours_qge/du-7.htm) (Page consultée le mardi 22 novembre 2016)

# TABLE DES MATIERES

TENY FISAORANA .....	I
SOMMAIRE .....	II
LISTE DES ABREVIATIONS .....	III
LISTE DES FIGURES .....	IV
LISTE DES TABLEAUX .....	V
INTRODUCTION.....	1
PREMIER CHAPITRE : GENERALITES .....	2
I.1 GENERALITES SUR LES RESSOURCES ET L'APPROVISIONNEMENT EN EAU2	
I.1.1 Les eaux superficielles.....	2
I.1.2 Les eaux souterraines.....	2
I.2 LES PROBLEMES DES RESSOURCES EN EAU A MADAGASCAR .....	4
I.2.1 Problèmes financiers et matériels .....	4
I.2.2 Problèmes d'eau liés au changement climatique .....	4
I.2.3 Problème de pollution.....	5
I.3 GENERALITES SUR LE FORAGE HYDROGEOLOGIQUE .....	5
I.4 GENERALITES SUR L'ADDUCTION EN EAU POTABLE .....	6
I.4.1 Ouvrage de captage .....	6
I.4.2 Conduite d'amenée ou l'adduction.....	7
I.4.3 Adduction gravitaire .....	7
I.4.4 Adduction par refoulement ou par pompage .....	7
I.4.5 Système de traitement des eaux .....	7
I.4.6 Stockage.....	8
I.4.7 Conduite de distribution .....	8
I.5 CONTEXTE GENERALE SUR LA ZONE D'ETUDE.....	8
I.5.1. Situation géographique et topographique .....	8
I.5.2 Situation climatologique.....	9
I.5.3 Situation hydrologique et hydrogéologique .....	10
I.5.4 Situation Démographique .....	13
DEUXIEME CHAPITRE : ETUDE TECHNIQUE POUR LA REALISATION DU PROJET D'AEP DE TANANDAVA .....	15
II.1 PHOTO-INTERPRETATION.....	15
II.2.2 GENERALITES.....	16

II.2.2 PRINCIPE DE BASE.....	16
II.3 DESCRIPTION ET INTERPRETATION DES RESULTATS DES SONDAGES.....	17
II.3.1 Sondage n°1.....	18
II.3.2 Sondage n°2.....	19
II.3.3 Sondage n°3.....	20
II.3.4 Sondage n°4.....	21
II.4 SYSTEME D'ADDUCTION D'EAU POTABLE .....	24
II.4.1 Variante de captage .....	24
II.4.2 Conduite de refoulement .....	25
II.4.3 Réseau de distribution .....	26
TROISIEME CHAPITRE : ETUDES ECONOMIQUES .....	27
III.1 EVALUATION DES BESOINS EN EAU .....	27
III.1.2 Appréciation des besoins unitaires par catégorie de consommation .....	27
III.1.1 Dotation domestique .....	27
III.1.2 Dotation publique.....	28
III.1.3 Dotation commerciale.....	28
III.1.3 Evolution chronologique de la consommation en eau .....	28
III.2 EVALUATION DU COUT DE REALISATION DU PROJET.....	30
III.2.1 Etude de Marché .....	30
III.2.1.1 Les exigences légales .....	30
III.2.1.2 Condition de gestion et de financement.....	31
III.2.2 Coût de mise en place du réseau d'AEP .....	32
III.3 ESTIMATION TARIFAIRES.....	33
III.4 ORGANISATION DES TACHES .....	35
CONCLUSION .....	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	38
REFERENCES WEBOGRAPHIQUES.....	39
TABLE DES MATIERES .....	40
ANNEXES .....	42

# ANNEXES

## Annexe 1 : Coupe lithologique des forages dans la région

Profon deur	Lithologie		
	Antsakoabe	Andranomanantsy	Ambahikily
1	Gres marneux tendre	Gres tendre	Sable fin
2		Sable blanc fin	Sable fin argileux
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			
101			
102			
103			
104			
105			
106			
107			
108			
109			
110			
111			
112			
113			
114			
115			
116			
117			
118			
119			
120			
121			
122			
123			
124			
125			
126			
127			
128			
129			
130			
131			
132			
133			
134			
135			
136			
137			
138			
139			
140			
141			
142			
143			
144			
145			
146			
147			
148			
149			
150			
151			
152			
153			
154			
155			
156			
157			
158			
159			
160			
161			
162			
163			
164			
165			
166			
167			
168			
169			
170			

Source : JICA 1994, ONG Expert Solidaire 2015

## Annexe 2 : Description de l'ancien réseau

Zone 1	Zone 2
1 Puits : - Diamètre : 1.50 m - Profondeur : 6.90 m - Niveau statique : 1.70 m	2 Puits : - Diamètre : 1 m - Profondeur : 5.20 m - Niveau statique : 3.30 m
1 Réservoir : - Volume : 34 m <sup>3</sup>	1 Réservoir : - Volume : 21 m <sup>3</sup>

L'ancien réseau est divisé en deux zones qui peuvent fonctionner indépendamment.

Les principes de fonctionnement sont les suivants :

- production à la source par pompage ;
- traitement par stérilisation au niveau du réservoir ou au départ des stations de pompage par de l'hypochlorite de calcium ;
- distribution par branchements des locaux à desservir sur la canalisation DN 110 PVC.

## Annexe 3 : Valeurs de résistivités

Fluides et matériaux	Résistivité minimale en Ω.m	Résistivité maximale en Ω.m
Gravier	50 (saturé en eau)	10 <sup>4</sup>
Sable	50 (saturé en eau)	10 <sup>4</sup>
Silt	20	50
Limon	30	100
Argile (humide)	5	30
Argile (sèche)		>1 000
Tourbe	15	35
Grés	<50	<50
Schiste	50	50
Déchets domestiques et industriels	<1	300 (plastique)
Eau de mer	0.25	
Eau de nappes alluviales	10	30
Eau de sources	50	100

# Titre : « ETUDE DE MARCHE D'ADDUCTION D'EAU POTABLE : CAS DE TANANDAVA »

Nombre de pages : 43

Nombre de figures : 16

Nombre de tableaux : 11

**Résumé :** Madagascar dispose de plus de 13 000 milliards de mètres cubes d'eaux souterraines exploitables dont la quasi-totalité finit par se déverser dans la mer chaque année par les fleuves et rivières. Malgré une telle richesse, avoir accès à l'eau potable reste un défi majeur pour la population malgache et c'est le cas de Tanandava.

Dans la plupart, nous avons constaté que la cause de ce problème réside dans le fait qu'il y a une manque d'infrastructure idéale pour pouvoir satisfaire les besoins en eau des habitants. Une étude de marché à Tanandava est donc menée pour caractériser les différentes ressources en eau, pour estimer le coût de la mise en place d'un meilleur système d'adduction dont le captage d'eau se fait par forage équipé d'une pompe immergée, et enfin de pouvoir prendre la bonne décision.

**Mots clés :** *marché, eau souterraine, système d'adduction, forage, eau potable, coût, pompe immergée.*

**Abstract :** Madagascar has more than 13 billion cubed meter of exploitable underground water which the most falls in the sea every year through the river. Despite such resource, drinking water access is still a huge challenge that the malagasy people has to face and that's Tanandava case.

We have noticed that this issue stems from lack of proper infrastructure to meet the people needs. Therefore, a market research is carried out so as to characterize all water resource, thus, assess the cost of the better water supply system to establish, whose water catchment is by drilling and equipped with an immersed pump and at the end, make the right decision.

**Keywords:** *market, underground water, water supply, drilling, drinking water, cost, immersed pump.*

**Auteurs :**  
RANDRIANASOLO Finaritra Henintsoa Christiano

*Contacts : Tél : 033 91 710 84*

*E-mail : [skydchris@123gmail.com](mailto:skydchris@123gmail.com)*

RANDRIANAIVOMANANTSOA Avotriniaina Santalucia

*Contacts : Tél : 034 86 483 86*

*E-mail : [Santalucia691@gmail.com](mailto:Santalucia691@gmail.com)*

**Encadreur :**

**Dr RALAIMARO Joseph**