

TABLES DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
TABLES DES MATIERES.....	ii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES ANNEXES.....	vi
LISTE DES UNITES	vii
INTRODUCTION	1
PARTIE I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	2
1.1. Situation géographique	2
1.1.1. Localisation et délimitation administrative du fokontany Ambolotarabe	2
1.1.2. Climatologie et hydrologie	3
1.1.3. Relief et végétation	4
1.1.4. Pédologie	5
1.2. Situation socio-économique.....	5
1.2.1. Démographie	5
1.2.2. Economie	6
1.2.3. Social	6
1.3. Aspects géologiques	7
1.3.1 : Notion hydrogéologique	7
1.3.2. Ressource en eaux	12
1.3.2.1 : Eaux de surfaces	12
1.3.2.2 : Eau souterraine.....	12
PARTIE II. MATERIEL ET METHODOLOGIE	14
2.1. Généralité de l'eau.....	14
2.2. Matériels	15
2.2.2. Matériel au laboratoire	15
2.3. Méthodologie	16
2.3.1. Enquêtes sur terrain au niveau des habitants.....	16
2.3.2. Etude et analyse	17
➤ Etudes physiques	17
➤ Etudes chimiques	17
➤ Bactériologiques	18

➤ Polluants de l'eau.....	18
➤ Processus de minéralisation.....	19
2.4 : Traitement existant	21
2.4.1 : Décantation	21
2.4.2 : Filtration	21
PARTIE III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS	23
3.1. Résultats	23
3.1.1. Résultat avant traitement	23
3.1.1.1 : Analyse physico-chimique	23
• Température	23
• Potentiel d'hydrogène pH.....	23
• Turbidité.....	24
3.1.1.2 : Analyse bactériologique.....	25
3.1.2. Résultats après traitement	25
3.1.2.1. Analyse physico-chimique.....	25
3.1.2.2. Analyse bactériologique	26
3.2. Interprétations.....	27
3.2.1. Interprétations des résultats des analyses physico-chimiques.....	27
3.2.2. Interprétations des résultats des analyses bactériologiques	30
3.3. Recommandation.....	31
3.3.1. Protection de l'ouvrage.....	32
3.3.2. Sensibilisation des habitants.....	33
3.3.3. Environnement.....	34
CONCLUSION	35
REFERENCE BIBLIOGRAPHIE	36
REFERENCE WEBOGRAPHIE	37
ANNEXES	
RESUME	

“LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: Propriétés physico-chimiques de l'eau.....	15
Tableau 02 : Résultats d'analyses physico-chimiques avant traitement	24
Tableau 03 : Résultats d'analyses bactériologiques avant traitement	25
Tableau 04 : Résultats d'analyses physico-chimiques après traitement de la source	25
Tableau 05 : Résultats d'analyses physico-chimiques après traitement du réservoir	26
Tableau 06 : Résultats d'analyses physico-chimiques après traitement à la borne fontaine	26
Tableau 07: Résultats d'analyses bactériologiques après traitement de la source	27
Tableau 08: Résultats d'analyses bactériologiques après traitement du réservoir	27
Tableau 09: Résultats d'analyse bactériologique après traitement á la borne fontaine	27
Tableau 10: Récapitulatif des analyses physico-chimiques avant et après les traitements	31
Tableau 11: Récapitulatif des analyses bactériologiques avant et après les traitements	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de localisation d'Ambolotarabe.....	3
Figure 2: Végétation du fokontany Ambolotarabe.....	5
Figure 3: Représentation d'un collège enseignement généra.....	7
Figure 4: Représentation de centre de la santé de base.....	7
Figure 5: Carte géologique de la commune rurale Tsaramasoandro.....	9
Figure 6 : Représentation de cycle de l'eau.....	10
Figure 7 : Type de nappe.....	11
Figure 8 : Roche feldspathique.....	13
Figure 9 : Représentation sous états de l'eau.....	14
Figure 10 : POTAKIT.....	15
Figure 11 : Kit portable au laboratoire.....	16
Figure 12 : Boite de pétri avec des cultures bactériennes.....	18
Figure 13 : Station de traitement.....	22
Figure 14 : Représentation de l'érosion.....	33
Figure 15 : Représentation de pare feu autour de la source.....	35
Figure 16 : Exemple de type de reboisement.....	35

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Statistique des bénéficiaires.....	a
Annexe 2 : Illustration d'une configuration type du système d'eau potable par gravitaire.....	b
Annexe 3 : Répartition des bornes fontaines dans le fokontany Ambolotarabe.....	c
Annexe 4 : Répartition des blocs sanitaires.....	c

LISTE DES UNITES

°C : degré Celsius

mg : milligramme

L : litre

m : mètre

$\mu\text{S.cm}^{-1}$: micro Siemens par centimètre

NTU : Néphélométric Turbidity Unite

INTRODUCTION

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. Dans le monde, un milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable. Ce n'est pas le cas partout dans le monde. A Madagascar, les habitants en milieu rural s'alimentent les pluparts de l'eau de source naturelle non aménagée ni protégée, ou de l'eau de surface tout en ignorant sa qualité .La qualité de l'eau destinée à la consommation doit être potable car la santé en dépend. ⁽¹⁾

La question de la qualité de l'eau dans des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine. La mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des phénomènes naturels. D'après l'organisation mondiale de la santé, la qualité d'une eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais aussi son usage. Dans la nature, l'eau peut véhiculer en particulier de nombreux microorganismes, bactéries, virus, et protistes de tout genre, qui y vivent et s'y développent. ⁽²⁾

A l'horizon 2032 pour le secteur de l'eau en milieu rural cette stratégie vise à satisfaire le besoin à la hauteur de 100%. Pour atteindre cet objectif, la présente étude sera subdivisé en trois partie : dans une première partie, la présentation de la zone d'étude, ainsi que la situation socio-économique et les aspects géologiques. La deuxième partie, sera consacrée aux matériels et méthodes d'analyses. Dans le dernier, les résultats obtenues lors de la recherche en incluant les interprétations et les recommandations adéquats. Le stage a été effectué de l'association MANORINTSOA sous tutelle du Water Aid.

PARTIE I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Situation géographique

Tous travaux de recherche ne se font pas de façon aléatoire. En effet, le choix d'une zone d'étude est indispensable, donc il est préférable de se concentrer au préalable sur le lieu c'est-à-dire le fokontany d'Ambolotarabe. Ainsi, il est essentiel de voir dans un premier temps la localisation de la zone d'étude concernée ainsi que sa climatologie et son hydrologie, ensuite l'étude socio-économique et enfin les aspects géologiques.

1.1.1. Localisation et délimitation administrative du fokontany Ambolotarabe

Ambolotarabe est l'un des fokontany dont la commune rural Tsaramasoandro, district d'Ankazobe, région Analamanga. Le fokontany d'Ambolotarabe se trouve à 12 km vers l'est de la route secondaire au point du départ à la route nationale numéro 4, au point kilométrique est de 192.

Les coordonnées géographiques sont :

17° 53' et 18° 02' de latitude Sud

47° 10' et 47° 22' de longitude Est avec altitude de 949m

Il est délimité :

au nord : par Mahatsinjo (district Mevatanana, région Betsiboka)

au sud : par Manerinerina (district Ankazobe, région Analamanga)

à l'ouest : par Vohitsara (district Ankazobe, région Analamanga)

et à l'est : par Tsaramasondro (district Ankazobe, région Analamanga)

La figure 1 va éclaircir un peu plus sur la localisation du fokontany d'Ambolotarabe

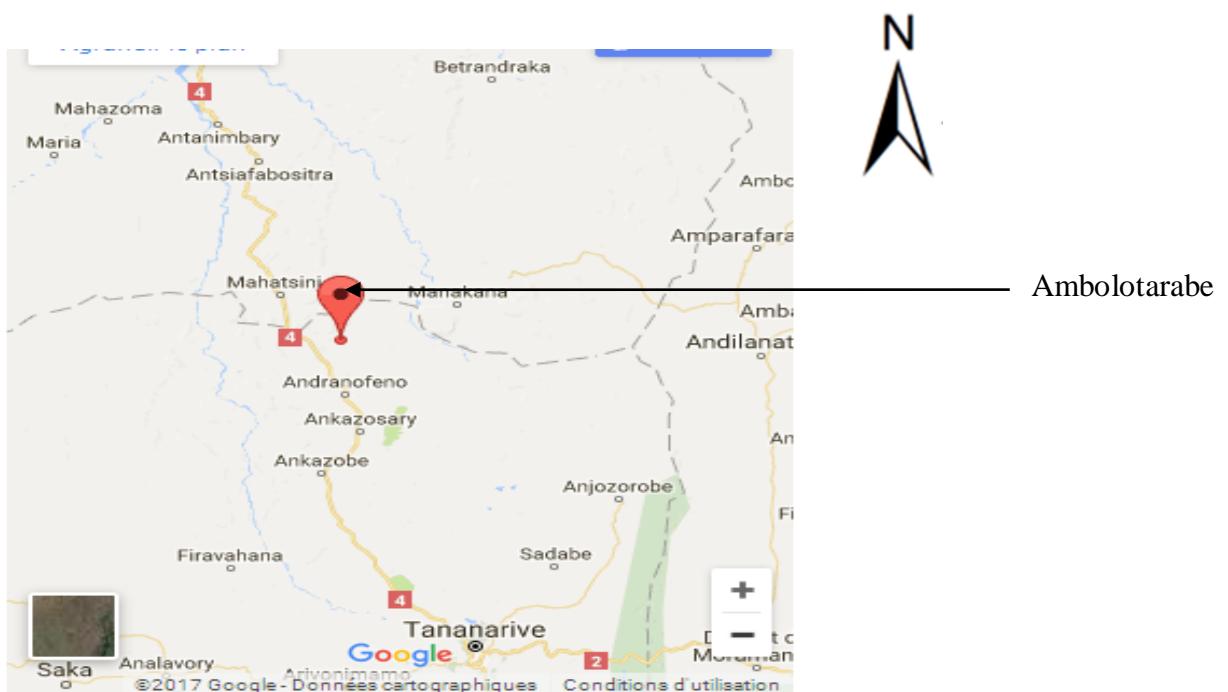


Figure 1. Localisation du fokontany Ambolotarabe

Légende :

----- : Voie

■ : Rivière

■ : Route nationale n°4

O 50 100 Miles
O 50 100 Kilomètres

1.1.2. Climatologie et hydrologie

Le climat de la région Analamanga, district Ankazobe est de type tropicale d'altitude tempéré présent deux saisons bien distinctes ; une saison pluvieuse et chaude s'étalant de novembre à avril, et une saison sèche, ou alterne une période fraîche (juin à aout), et une période tempérée (septembre à octobre), le reste de l'année . Ces conditions climatiques offrent d'importantes possibilités en matière de production. L'activité agricole pouvant être conduite dans de telles conditions répondent totalement à la spécificité de la demande urbaine, des unités artisanales

de transformation (lait,...), et de secteur agro-industriel (fruits et légumes, viande ...) Néanmoins, la production est inégalement répartie, en fonction de la qualité des sols entre les plaines alluviales (plein de Betsiboka, les bas fond rizicoles, des terroirs au sol riche de Manjakandriana).

- **Hydrologie**

L'hydrologie c'est une science qui traite des eaux que l'on trouve à la surface de la terre, ainsi qu'au-dessus et au-dessous, de leur formation, de leur circulation et de leur distribution dans le temps et dans l'espace, de leurs propriétés biologiques, physiques et chimiques et de leur interaction avec leur environnement y compris les êtres vivants.⁽³⁾

Selon la carte topographique de la zone d'étude, elle est potentiellement pauvre en eau de surface. Alors, la principale rivière traversant dans la limite du fokontany est notamment Telomita. Le coin a lieu durant les périodes pluvieuses du mois de novembre jusqu'à la fin du mois de janvier.

L'hydrologie est importante durant les périodes cycloniques et provoque l'élargissement du rivière. La basse eau se présente vers mois d'aout à octobre. Les étiages sont généralement soutenus à cause de la forte capacité de rétention des sols couvrant la plupart des bassins.

1.1.3. Relief et végétation

Le fokontany d'Ambolotarabe est doté d'un relief montagneux, qui est d'origine magmatique. Autrement dit, la végétation du fokontany d'Ambolotarabe est extrêmement pauvre. Presque la zone est couverte d'une prairie herbacée, dégradée progressivement par les feux de brousse excessifs qui prennent un caractère habituel dans le district d'Ankazobe. Elles ne subsistent que dans les thalwegs et les rebords des vallées. Les populations exogènes ont essayé de reboiser la zone par des eucalyptus, pins alors que ces types de forêts ne constituent que des lambeaux épargnés sur les surfaces non endommagées par les feux de brousse.

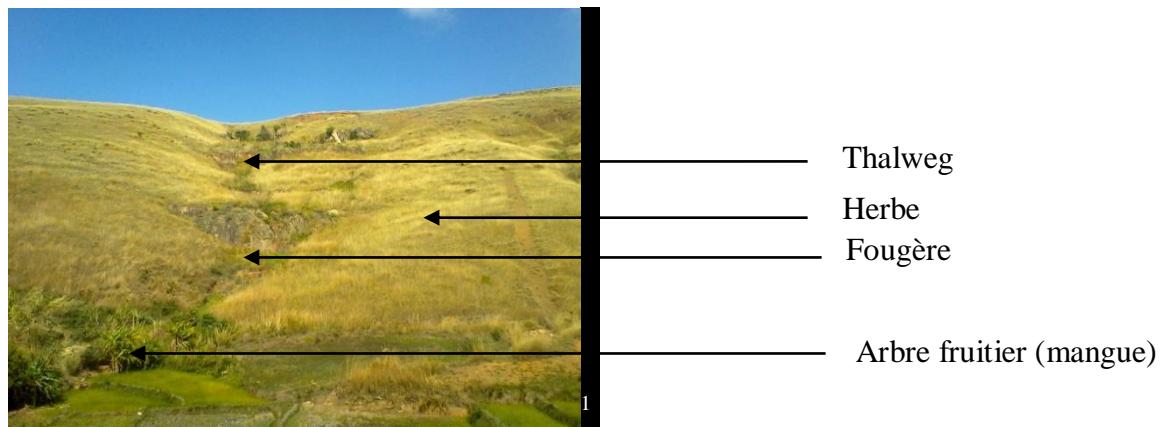


Figure.2. Végétation du fokontany d'Ambolotarabe

1.1.4. Pédologie

L'étude géologique renseigne que la zone d'étude appartient à :

- des sols jaunes à tâches ou concrétions rouges de profondeur sur les surfaces bien conservées de l'érosion et des feux de brousse,
- des sols plus au moins anatomiés qui se rencontrent surtout sur les tanety régulièrement parcourus par les feux de brousse,
- des sols hydro morphes,
- des sols alluvions se trouvant dans les bas-fonds et les vallées,
- des sols colluvions se repèrent dans les zones de pentes. ⁽⁴⁾

1.2. Situation socio-économique

L'étude socio-économie est un mélange entre les sciences économiques et la sociologie. Elle vise à intégrer les outils des sciences économiques avec ceux de la sociologie afin examiner l'évolution économique des sociétés. Elle est certaine de caractéristique des comportements ou des institutions.

1.2.1. Démographie

La population du fokontany d'Ambolotarabe est généralement rurale et compte 1159 habitants, dont 575 hommes et 584 femmes qui se répartissent dans le fokontany. La forte concentration dans la zone rurale est des conditions favorables à la haute intensité de mains d'œuvres pour les activités agricoles. Cette population est constituée généralement par des

jeunes de moins de 36 ans qui représentent une grande capacité physique pour les activités agricoles.

1.2.2. Economie

L'économie étudie le fonctionnement de l'économie c'est-à-dire la description et l'analyse de la production, des échanges et de la consommation des biens et des services.

- **Agriculture**

Les populations du fokontany d'Ambolotarabe sont tout presque des agriculteurs, les produits à cultiver sont comme des cannes à sucre, manioc, et surtout culture vivrière.

- **Elevage**

Bien que constituant une véritable ressource économique pour la région, l'élevage reste une activité secondaire : bovins, porcins, et ovins. A noter que l'aviculture tient aussi une place très importante dans la zone.

1.2.3. Social

Le social qui est au côté de l'environnement, économie, l'un des trois piliers du développement durable. Il devait prendre en compte non seulement des objectifs de protection de l'environnement et de rentabilité économique, mais aussi des objectifs sociaux.

- **Education**

Le fokontany d'Ambolotarabe a une école primaire publique et un collège d'enseignement général.



Figure.3. Collège d'Enseignement Générale.

- **Santé**

Le fokontany d'Ambolotarabe dispose actuellement d'un centre de santé de base de niveau I. D'après une enquête fait au médecin dans cet hôpital, les cas de maladies les plus fréquents dans ce lieu sont : la diarrhée et le paludisme.



Figure.4. Centre de santé de base niveau I.

1.3. Aspects géologiques

La géologie a pour objectif la reconstitution de l'histoire de la terre depuis ses origines (l'âge des plus anciennes roches connues approche les 4 millions d'années) jusqu'à nos jours par le biais de l'étude des matériaux consécutifs accessibles à l'observation.

1.3.1 : Notion hydrogéologique

L'hydrogéologie étudie les aspects géologiques des eaux souterraines. Elle s'occupe de la distribution et de la circulation de l'eau souterraine dans le sol et les roches, en tenant compte de leur interaction avec les conditions géologiques et l'eau de surface.

Pour le fokontany d'Ambolotarabe, la géologie est caractérisée par les granites, magmatiques, feldspath, quartz, des formations alluvionnaires. En dehors de ces roches, la zone est aussi riche en produits utiles tels que l'or, l'argile, ainsi que des matériaux d'empirement.

- Les granites migmatites recouvrant une partie de la commune surtout dans le centre et à l'ouest de Tsaramasoandro sont des roches acides granitisées, renfermant parfois des enclaves de migmatites schisteuses.
- Les migmatites et les gneiss sont des roches métamorphiques issues d'anatexie partielle

- Les micaschistes sont des roches métamorphiques formées essentiellement de quartz et de minces lits de micas (biotite, muscovite) et de porphyroblastes. Associés souvent avec les gneiss et les quartzites surtout dans le système d'Ambolotarabe.
- Les quartzites sont des roches silicieuses massives, constituées de cristaux de quartz soudés. Présentant une cassure conchoïdale, elle est souvent de couleur claire.
- Les gabbro sont des roches plutoniques généralement de couleur noir. Distingué par sa structure grenue, elle est formée par des plagioclases, de pyroxène, d'amphiboles et d'olivine. Elles ne sont pas très abondante dans le cas de Tsaramasoandro. Les gabbro sont presque en affleurement au sud-est et ouest de la commune.
- Des alluvions formés récemment et anciennement se sont déposés dans certaines régions de la commune. La zone d'étude dispose de plusieurs rivières qui en résultent des dépôts d'alluvions dans les bas fonds surtout en période d'étiage. Les alluvions sont définies comme des dépôts de sédiments constituées principalement de sables, de vases, d'argiles, de galets transportés par l'eau courante. La quantité d'alluvions transportées par les courants d'eaux dépend de la vitesse d'écoulement, du type de sol et son importance. Elles sont situées au sud ouest et est de la zone d'étude constituant les bas fonds de la région.

Carte géologique de la commune rurale Tsaramasoandro

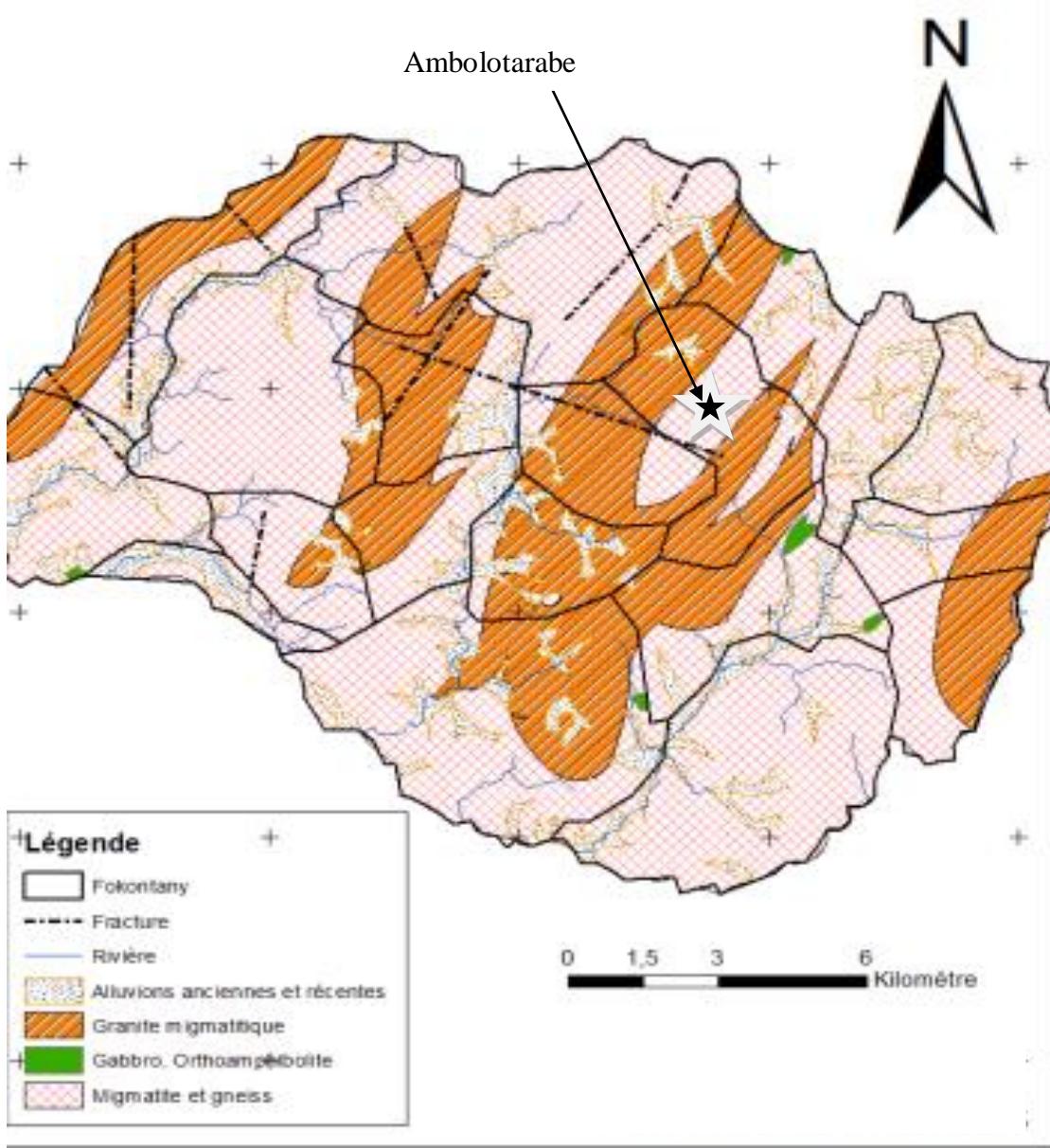


Figure.5. Carte géologique de la commune rurale de Tsaramasoandro

• Système hydrologique

❖ Notion de bassin versant

Un bassin versant confondu souvent avec un bassin topographique, est une surface parcourue par un cours d'eau et ses affluents et est délimité par des lignes de crêtes.

Les écoulements convergent vers la section la plus basse du cours d'eau appelée exutoire. Le bassin versant est l'unité de base pour la détermination du bilan hydrologique.

Plusieurs facteurs influencent le cycle hydrologique dont l'énergie solaire provoquant deux processus l'évaporation et la transpiration donnant l'évapotranspiration. Ensuite un phénomène de convection et de condensation se produit pour former les précipitations. Sous certaines conditions climatiques, l'eau condensée se transforme en cristaux de glace ou en gouttelettes d'eau, étant plus lourde, ainsi tombe la pluie. Une partie des précipitations est interceptée par les végétations. L'eau tombe sur terre dont une autre fraction ruisselle et alimente les rivières et l'autre partie s'infiltra. Le ruissellement peut aussi se passer au niveau du sous-sol, dénommée souvent écoulement hypodermique. Cet écoulement se fait au niveau de la couche superficielle du sous-sol. Les restes s'infiltrent pour alimenter l'aquifère.⁽⁶⁾

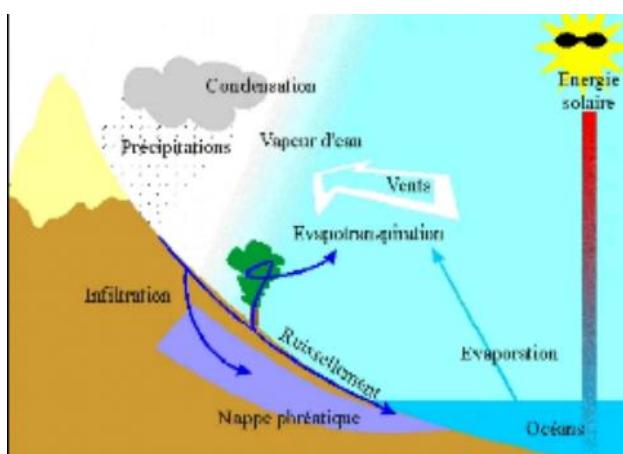


Figure.6. Représentation de cycle de l'eau

❖ Bassin hydrogéologique

Le bassin hydrogéologique est une aire de collecte considérée à partir d'un exutoire, limité par le contour à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux s'écoulant en souterrain. Il correspond donc à la partie souterraine du bassin hydrologique. Il se forme à partir de plusieurs bassins topographiques et est délimité par la ligne des partages des eaux souterraines.

Parmi les différentes nappes existantes, l'unique nappe présentant une réelle importance dans le bassin versant du fokontany d'Ambolotarabe est la nappe souterraine. Elle est limitée au nord par le fer, au sud par le feldspath.

Perméabilité des formations aquifères

Les caractéristiques hydrodynamiques de cette nappe sont très variables et reflètent la complexité de la structure profonde des bassins versant et de la variabilité des formations.

- La nappe d'eau souterraine est une eau contenue dans les interstices ou les fissures permettant la circulation de l'eau à travers la roche du sous-sol dénommé aquifère dont toutes les parties sont en liaison hydraulique. Les plus connus sont : les nappes libres ou aquifères superficiels qui sont une formation géologique perméable partiellement saturée, limitée par un plancher « imperméable ». L'aquifère surmonté de terrain perméable et disposant d'une surface d'une zone saturé.
- Les nappes captives sont dénommées souvent aquifère profond défini comme une formation géologique perméable et totalement saturée placée entre deux formations imperméables. L'eau est donc sous pression. L'aquifère est intercalé entre deux formations quasi imperméable.
- Les nappes semi-perméables reposent sur un substratum imperméable et sous un toit semi-perméable qui permet l'intercommunication avec la nappe de la couche hydrogéologique perméable. L'aquifère surmonté d'une couche semi-perméable relativement mince et/ou surmontant une telle couche à travers laquelle l'eau peut pénétrer dans la formation aquifère ou en sortir.⁽⁷⁾

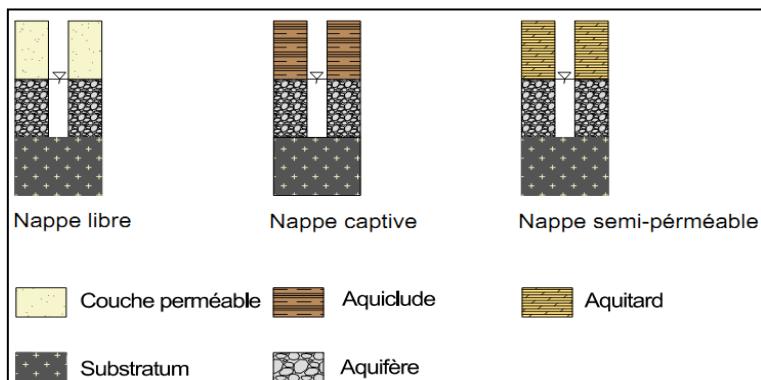


Figure.7. Type de nappe

➤ Selon le cas de notre zone d'étude

Le choix du mode d'approvisionnement en eau dépend de plusieurs facteurs notamment : les ressources en eau disponible, le milieu physique (topographie, la géologie, l'environnement, des données démographiques et économiques...) ainsi que de sa qualité.

En effet, le type de nappe de cette étude est une nappe semi-pérmeable car il définit le cas de cette ressource en eau. L'extraction de l'eau découle de chaque zone d'intervention. Ainsi, les modes de captage les plus fréquemment rencontrés sur terrain sont les adductions d'eau par système gravitaire.

1.3.2. Ressource en eaux

L'eau à consommer ne présente aucun risque sanitaire et c'est un besoin vital pour chaque être humain. L'eau qui arrive dans nos robinets, issue de nappes d'eaux souterraines non polluées ou d'eau de sources extérieures, est rendue potable grâce à un processus de purification de l'eau en usine extrêmement réglementé. L'eau que nous utilisons est en général impropre à la consommation à l'état naturel. Les eaux destinées à la consommation humaine sont, en priorité, des eaux souterraines ou des eaux de surface.

1.3.2.1 : Eaux de surfaces

La qualité des eaux brutes de surfaces dépend fortement des phénomènes saisonniers, et des événements météorologiques. Leur capacité d'adsorption très limitées (réduits aux interactions eaux-sédiments) et l'absence de mécanisme de filtration permettant aux solides, dissous ou non, de se propager très fluctuante des eaux superficielles. Leur pollution microbiologique est généralement très importante. Les dangers proviennent des eaux de ruissellement sur les surfaces d'exploitation agricole et forestière, de la sédimentation des polluants de l'air.

1.3.2.2 : Eau souterraine

Les nappes d'eaux souterraines sont formées par la percolation de l'eau de pluie et de ruissellement à travers les sols et les roches. Le processus d'infiltration est plus ou moins rapide selon les caractéristiques des sous-sols et la nature des roches. La qualité naturelle des eaux souterraines est naturellement influencée par le « fond géochimique ».

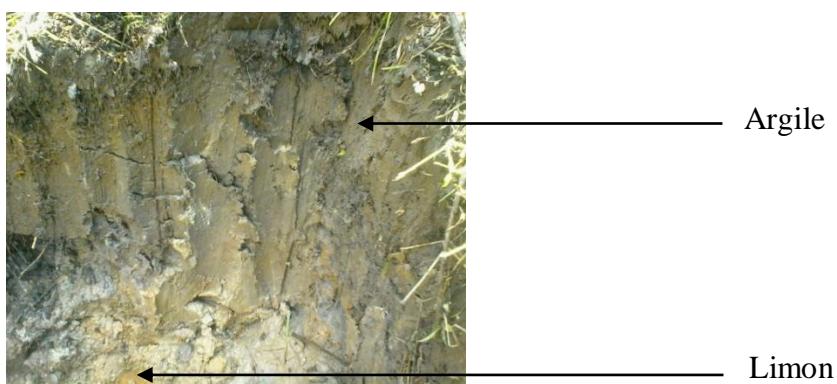


Figure.8. Roche feldspathique

Les feldspaths sont d'un aspect brillant, de texture et cassure lamelleuse se brisant facilement sous le marteaux, se présentant souvent en fragment régulier qui ont la forme de

parallelipipedes. Ils ne sont pas entamés par la pointe d'acier : ils raient l'acier et un peu le verre. Ils entrent pour une large part dans la constitution des roches eruptives : granits, gneiss, porphyres. Sous l'action de l'atmosphère, qui contient de l'acide carbonique, ils se décomposent lentement, il en résulte de l'argile, de la silice libre et de carbonate de potasse, de soude ou de chaux. C'est précisément cette alteration des feldspaths qui prépare les désaggregations des roches granitiques.

De qualité constante, les eaux souterraines bénéficient d'une meilleure protection que les eaux superficielles vis-à-vis des pollutions. Elles peuvent être captées à leur exutoire ou directement dans le sous-sol par forage. Certaines eaux souterraines peuvent être naturellement impropre à la consommation humaine du fait d'un contact prolongé avec des minéraux et des conditions physico-chimiques particulières.

PARTIE II. MATERIEL ET METHODOLOGIE

2.1. Généralité de l'eau

L'eau est la source principale et originelle de toute vie. Elle se présente, dans la nature, sous trois états : état solide (glace, neige), état liquide (océans, lacs, fleuves et rivières) et état gazeux (vapeur d'eau atmosphérique)

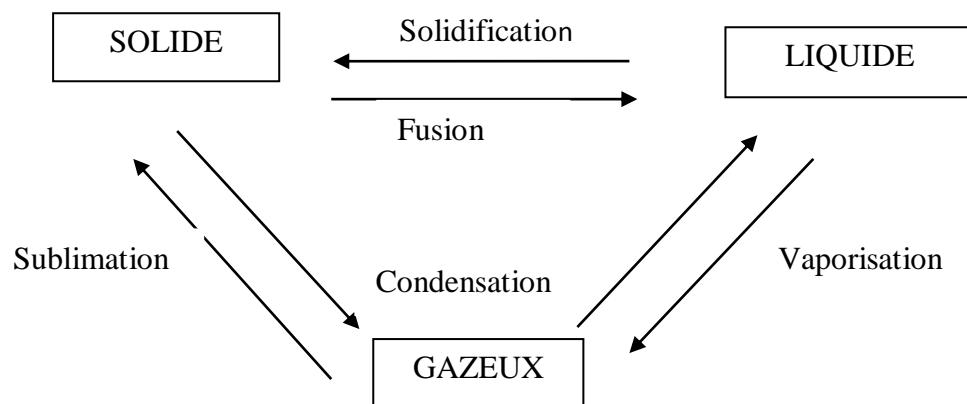
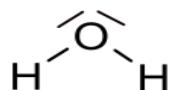


Figure.9. Représentation sous trois états de l'eau

L'eau sous son état liquide est une ressource naturelle essentielle à l'homme et aux économies et ce pour des usages multiples : eau potable, irrigation, production énergie, activité industrielle. ⁽⁸⁾

2.1.1. Quelques propriétés de l'eau

L'eau a comme formule chimique H_2O . Sa structure est très stable.



Structure de l'eau

Le tableau 1 représente quelques physico-chimique de l'eau.

Tableau 01: Propriétés physico-chimique

Nom IUPAC	Eau
Apparence	Inodore, incolore
Formule brute	H_2O
Masse molaire	18g.mol^{-1}
Pka	14
Température fusion	0°C
Température ébullition	100°C

2.2. Matériels

Les matériaux permettent de mettre en action toutes les analyses nécessaires dans un laboratoire ou sur terrain

2.2.1. Matériel sur terrain

Les matériaux sur le terrain sont : les échantillons d'eau, bouteilles, la mallette POTAKIT qui est un incubateur portable avec kit du pH-mètre, conductimètre, turbidimètre, etc.

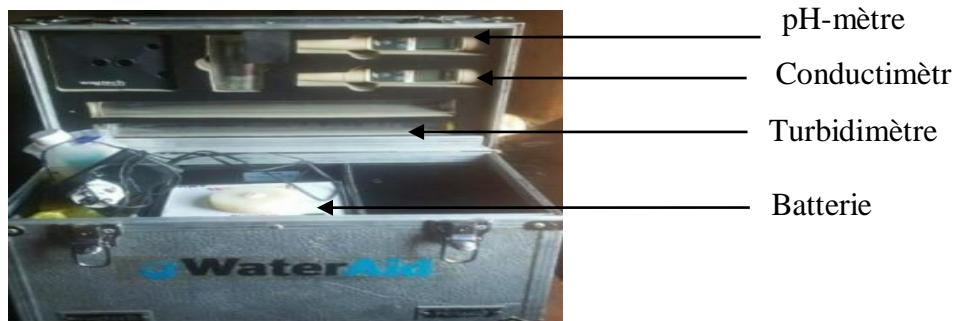


Figure.10. POTAKIT

2.2.2. Matériel au laboratoire

De même remarque sur le matériel sur le terrain, les échantillons d'eaux, la mallette POTAKIT qui est un incubateur portable avec kit du pH-mètre, conductimètre, turbidimètre, etc.

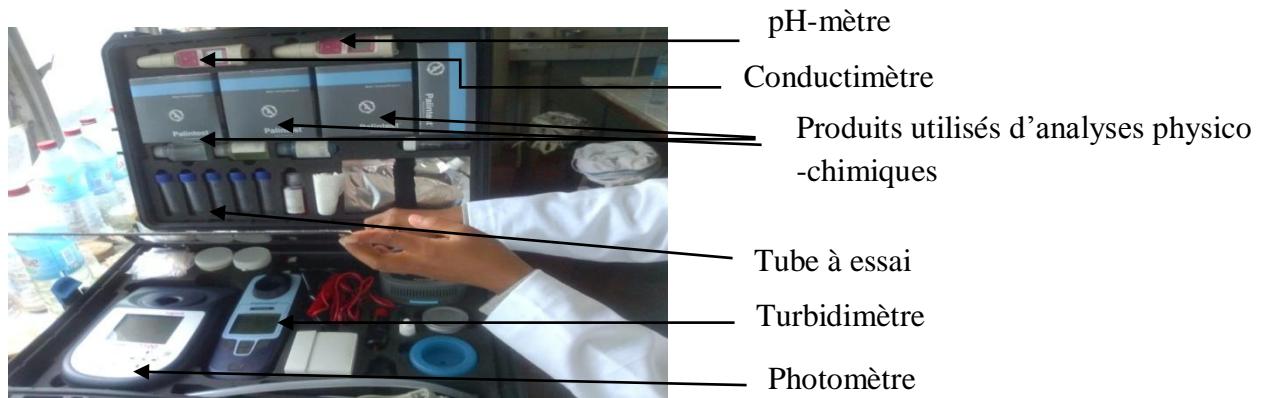


Figure 11. Kit portable au laboratoire

2.3. Méthodologie

Compte tenu de la spécificité de cet objet d'étude et du temps de recherche qui a été accordées. Le fait du recours à quatre techniques pour vérifier la pertinence de nos hypothèses sur le terrain : les enquêtes sur le terrain, le prélèvement des échantillons d'eau consommée, l'étude de la qualité de l'eau et l'analyse.

2.3.1. Enquêtes sur terrain au niveau des habitants

Les enquêtes ont constatées à soumettre à la population du fokontany d'Ambolotarabe qui rencontrent les problèmes d'accès à l'eau potable. De ce fait, les enquêtes permettent de mieux saisir la réalité des causes du problème d'eau dans le fokontany d'Ambolotarabe.

De plus, les investigations au niveau des ménages renseignent sur les besoins en eau de chaque membre de la famille également sur les consommations journalières des autres êtres vivants (bovin, porcin, agriculture...). Le but de cette inquisition a été de recueillir toutes les informations concernant les points d'eaux existants ainsi que leur état et ainsi prouver la nécessité du projet d'adduction d'eau potable par gravitaire. En outre, les latrines furent aussi inventoriées afin de vérifier l'accès en assainissement dans la zone d'intervention. Ce qui a permis de se rendre compte des sources d'approvisionnement en eau de la population.

2.3.2. Etude et analyse

Avant de consommer une alimentation d'eau potable, il faut faire des études sur terrain avant de réaliser le captage des eaux pour distribuer l'eau aux usagers et les enquêter aussi. De même, il faut les analyser avant de distribuer pour les populations.

- **Prélèvements des échantillons d'eau**

Pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques d'une eau, avec des procédées par une série d'examens sur terrain et au laboratoire. Pour cela, les conditions de prélèvement sont nécessaires.

La nature du matériau du récipient de prélèvement est très importante car celui-ci ne doit pas entrer en réaction avec l'eau à analyser ou permettre la fuite de certains gaz. Les échantillons d'eau à analyser sont prélevés dans des bouteilles bien stérilisées.

- ✓ **Aspect hydrochimie et hydrobiologie**

L'aspect hydro chimique et hydro biologique permet de mettre en évidence des sources de pollution venant soit de la minéralisation des eaux soit de l'environnement aux alentours de la nappe. Les échantillons prélevés viennent des ressources en eaux existantes dans le bassin versant choisi. Les analyses physiques ont été faites sur terrain ainsi que quelques paramètres chimiques.⁽⁹⁾

- **Etudes physiques**

Ces paramètres physiques sont en relation avec la structure naturelle des eaux. Ces paramètres ont été mesurés in situ à l'aide des appareils dont le pH-mètre et le conductimètre où la lecture de la température est faisable pour ces deux appareils. La mesure de la turbidité se faisait dans un tube dénommé turbidimètre.

- **Etudes chimiques**

Les constituants des eaux naturelles trouvent essentiellement leur origine dans les échanges qui se produisent entre eau-atmosphère, l'eau-sol et le sous-sol. De ce fait plusieurs composés chimiques sont sous forme dissoute. L'analyse chimique consiste à déterminer le faciès de l'eau et des paramètres liés à la pollution de l'eau.

Pour notre cas, l'analyse a été faite sur terrain par un kit d'analyse portable le POTAKIT. La méthode utilisée pour détecter la présence des éléments s'est fait par dosage des réactifs

spécifiques. Elle consiste donc à effectuer des réactions chimiques entre le réactif et la solution à doser. Ensuite, en prenant en compte le temps de repos pour la dilution du réactif, à l'aide d'un dispositif de référence. Ce dispositif comporte deux compartiments dont l'un sera pour l'eau prélevée et l'autre pour l'eau traitée par les réactifs

➤ Bactériologiques

L'analyse bactériologique permet d'indiquer les bactéries de contamination fécale. L'eau livrée à la consommation humaine doit être exempte de germes pathogènes et de germes indicateurs de pollution fécale.

L'analyse bactériologique de la source à capter s'est aussi fait sur terrain à l'aide d'une boite de pétri pour la réalisation des cultures. Il a été incubé dans un incubateur durant 17h. Pour la réalisation de la culture, il nous faut des boites de pétri stérilisé et une solution de sulfate de lauryl ainsi qu'une loupe pour la lecture des nombres des bactéries.



Figure.12. représentation des cultures bactériennes

• Etude de la qualité de l'eau

➤ Polluants de l'eau

L'eau est une substance unique parce qu'elle se renouvelle et se nettoie naturellement aux polluants et s'infiltra par le processus de sédimentation ou se détruit, en diluant les polluants au point qu'ils aient des concentrations qui ne sont plus nuisibles. Cette épuration naturelle est une fonction du temps et de la vitesse d'écoulement. La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité.

La circulation et la propagation d'un contaminant dans la zone saturée dépendent de la texture et la distribution des couches de l'aquifère. La conductivité hydraulique contribue

aussi au contrôle de la migration des polluants et leur dispersion du point d'injection, à la surface, jusqu'à la zone saturée et, par conséquent, leurs concentrations dans la nappe aquifère. L'objectif de cette analyse est de pouvoir déterminer les polluants afin de pouvoir y apporter grâce à l'implantation d'un système de traitement adéquat.

Les polluants pouvant affecter la nappe d'eau peuvent être d'origine organique ou minérale. En outre, les défécations des animaux et les utilisations des engrains sont les plus polluants. La forte teneur en nitrate et de nitrite peuvent être le signe évident d'une détérioration de la qualité de l'eau. La température de l'eau est aussi un facteur de pollution. Lorsque la température de l'eau augmente, le nombre de particules d'oxygènes dissoutes diminue d'où une augmentation probable des bactéries.

➤ Processus de minéralisation

La composition chimique de l'eau est majoritairement acquise lors de la traversée du sol et de son séjour dans le réservoir. L'évolution de la composition chimique des eaux naturelles est contrôlée essentiellement par trois phénomènes : la dissolution des minéraux dans les roches, la précipitation de ces minéraux plus au moins résistantes à l'altération et la concentration par évaporation.

L'eau au contact de l'encaissant, obtient une charge minérale caractéristique des roches traversées. Les minéraux finissent à être précipités et se fixent sur l'eau. Ce phénomène s'accompagne de la minéralisation des minéraux grâce à la concentration des sels sur les roches. Ensuite, l'eau entraîne ces minéraux à travers les pores du sol. C'est pourquoi l'eau contient des concentrations en ions, différentes selon la nature de l'eau.⁽¹⁰⁾

• Analyse

La qualité de l'eau dépend de facteur naturel déterminant (sol, sous-sol, etc.) et d'activités humaine (agricole, industrielle, domestique) produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques.

Pour chaque type d'analyse, il faut choisir la méthode qui paraît la plus appropriée. Les points à connaître concernant la disponibilité, la capacité et le coût des laboratoires, ainsi que la faisabilité, la fiabilité et les couts des analyses réalisées sur terrain. A Madagascar, sur terrain soit souvent plus réaliste. Mais pour certaines analyses la difficulté de les faire sur terrain rend obligatoire le recours à un laboratoire. Plusieurs éléments chimiques peuvent être analysés sur

terrain par un pH-mètre ou un conductimètre. L'analyse bactériologique nécessite un équipement spécial.

L'origine de l'eau de consommation du Fokontany d'Ambolotarabe est une eau à nappe souterraine. Pour améliorer cette ressource, nous avons d'abord effectuées les analyses et les traitements sur terrain et au laboratoire.

Les paramètres des eaux de consommations, de nombreux paramètres doivent être corrigées pour rendre l'eau potable. Afin de connaître les traitements adéquats pour rendre l'eau potable, il suffit de faire une analyse de tous les paramètres à considérer. Les paramètres à analyser sont choisis en fonction de l'objectif :

➤ Paramètres physico-chimiques

La température, le pH, la turbidité, la conductivité électrique, la teneur en ion nitrite, la teneur en ion ammonium, la teneur en ion chlorure, la teneur en fer.

- *La teneur en ion majeur (chlorure, nitrite)*

Le chlorure de zirconyle et l'eriochrome cyanine R réagissent dans une solution acide en formant un complexe de couleur rouge. Cette couleur est détruite par les ions fluorure pour donner la couleur jaune pâle de l'eriochrome cyanine. Selon la quantité de fluorure, on obtient une gamme de couleur allant du rouge au jaune. Cette méthode présente l'avantage de ne pas subir les interférences habituelles des procédés chimique de contrôle du fluorure.

Les nitrites sont présentent dans les eaux naturelles sous forme de produit intermédiaire du cycle de l'azote. Le nitrite est nocif pour les poissons et d'autre forme de vie aquatique. Le taux de nitrite doit être soigneusement contrôlé dans l'eau utilisé pour les fermes agricoles et les aquariums. Le test de nitrite s'applique également au contrôle des pollutions les eaux usées à la surveillance de l'eau de boisson. Les nitrites dans une solution acide réagissent à l'acide sulfanistique. Le composé diazoïque résultant s'associe au N-(1-naphtyle)-éthylène pour former une teinte rougeâtre. Le procédé nitricol de wagtech utilise une seule pastille contenant les deux réactifs à l'échantillon d'eau à tester.⁽¹¹⁾

- *Les éléments dissous (fer, ammonium, fluor)*

Les ions ammonium NH₄⁺: origine matière organique azotées (déjection, eaux usées, végétaux...), problème de gout et d'odeur. Le fluor est un oligo-élément aux effets bénéfiques

(protection contre les caries). A forte dose, il peut provoquer des fluoroses dentaires (taches sur l'émail et lésions).

➤ **Paramètre organoleptique**

La coloration, l'odeur et la saveur

➤ **Paramètre bactériologique**

Nombre les plus probables pour millilitre bactérie coliforme.

2.4 : Traitement existant

Actuellement, il existe diverse technique permettant de traité l'eau. Le traitement de l'eau souterraine après son captage dépend de sa qualité et de son constituant, critères qui varient dans le temps. En effet, les traitements de l'eau de consommation que nous avons effectuée dans la station du fokontany d'Ambolotarabe sont : la décantation et la filtration.

2.4.1 : Décantation

Après avoir rassemblé les différentes petites particules en de beaucoup plus grosse, il va falloir décanter tout ceci .Dans un corps d'eau immobile, la particule en suspension plus lourd que l'eau sont soumise à leur poids apparent (poids réel –pousser d'Archimède) elle chute lentement pour s'accumuler sur le fond : c'est la décantation.

Si un liquide contenant des particules en suspension sont laissées au repos, les particules tombent vers le fond ou remontent à la surface selon leur densité et leur diamètre, sous l'action combiné de leur poids et de la poussée d'Archimède.

Cette technique de séparation est utilisée pour le traitement des eaux souterraines : dessablage, récupération des boues... Mais on peut aussi la retrouver dans le traitement de l'air. Le terme de sédimentation est également employé lorsque le liquide chargé n'est soumis qu'à l'action de la pesanteur, ce qui est notamment le cas en milieu naturel.

2.4.2 : Filtration

La filtration permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégé lors de l'étape précédente ou bien lors d'une étape de décantation. Elle est réalisée sur les matériaux

classiques (sable) ou sur membrane (cas des eaux souterraines). La plus répandue est la filtration sur lit de sable (lit filtrant).

Une couche de sable certaines les particules et laisse passer l'eau filtré. Le filtre peut jouer un double rôle suivant les conditions d'exploitation ; d'une part, il constitue un support bactérien permettant un traitement biologique c'est-à-dire une consommation des matières organiques et de l'ammoniaque, ou du fer, par les bactéries qui sont développé sur le sable.

Le filtre à sable nécessite un nettoyage périodique afin d'éliminer les matières retenue entre les grains qui ralentissent le passage de l'eau. L'eau est filtrée à travers plusieurs couches de sable de granulométries différentes qui retiennent les particules résiduelles, les plus fines.

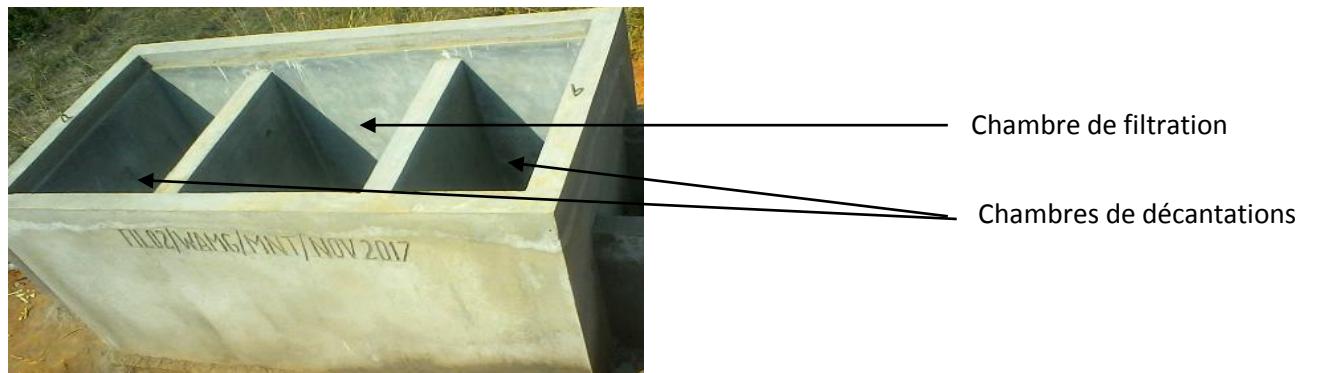


Figure.13. station de traitement

PARTIE III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3.1. Résultats

Les traitements d'eau potable s'effectuent à partir d'une analyse d'un échantillon d'eau. La réalisation des analyses se déroule sur le terrain qui aura lieu dans la création du projet Adduction d'Eau Potable par Gravitaire .Dans ce cas, il sera question de traiter les résultats des analyses d'eaux prélevé du site d'Ambolotarabe.

3.1.1. Résultat avant traitement

L'étude d'un projet de traitement d'eau commence souvent au niveau d'un kit portable ou POTAKIT pour effectuer une analyse d'un échantillon d'eau. A partir de cette analyse, on peut déterminer les problèmes de contamination et elle nous aidera à trouver des solutions correctifs. Deux types d'analyse ont été effectués tel que l'analyse physico-chimique et l'analyse bactériologique.

3.1.1.1 : Analyse physico-chimique

Les paramètres à analyser dans la station du fonkotany d'Ambolotarabe sont : la température, le pH, la conductivité de l'eau, la turbidité, des éléments dissous (fer, ammonium, fluor) et des ions majeur (chlorure, nitrite).

- La température**

Une eau à forte température permet la prolifération rapide des micro-organismes. La méthode d'analyse consiste à prendre de l'échantillon dans un récipient où on mesure la température de l'eau par le biais d'un thermomètre ou d'un pHmètre ou bien d'un conductimètre. La comparaison de ces trois types de mesures nous indique la valeur de la température.

- Le potentiel d'hydrogène pH**

Le pH mesure le caractère acide ou basique de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de multiples facteurs dont l'origine de l'eau. Il permet aussi de donner une idée pour la détermination de l'agressivité de l'eau. Il est lié à la nature géologique des terrains traversés. De même pour cette analyse, elle se fait par un pHmètre où l'eau sera placée dans un récipient. La valeur du pH s'affichera sur l'appareil lorsque celle-ci sera stable.

- La conductivité de l'eau**

Elle mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. Elle s'exprime en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S.cm}^{-1}$). Elle est liée aux matières dissoutes dans l'eau, sous forme de sels d'ions. La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle varie suivant la concentration ionique de l'eau. C'est un paramètre lié à la température de l'eau, normalement mesuré à 20°C. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Le conductimètre mesure directement la conductivité à une température donnée.

- La turbidité**

La présence de certaines particules en suspension notamment des colloïdes donne à l'eau une certaine turbidité mesurée en NTU. Ce paramètre est lié à la couleur de l'eau. On verse de l'eau dans le turbidimètre comprenant des valeurs variant de 5 à 100 NTU. Si l'eau est trouble visuellement, il est nécessaire de verser progressivement l'eau dans le tube. Si on voit le X au fond du dispositif, la lecture se fera directement en indiquant la valeur de la turbidité, sinon on recommence l'opération. Les résultats de cette analyse sont montrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 02. Résultats d'analyse physico-chimique avant traitement source d'eau sur terrain.

Paramètres	Résultats S1	Résultats S2	Unité	Norme de l'OMS	Norme de Madagascar
Température	28,7	28,8	°C	7 à 25	7 à 25
Ph	7,1	7,73		5,5<pH<8	5,5<pH<8
Turbidité	<5	<5	NTU	0 à 20	<5
conductivité	26	30	$\mu\text{S.cm}^{-2}$	<3000	<3000
Ammonium	0,5	0,4	mg .L^{-1}	0,5	0,5
Fer	1	1	mg .L^{-1}	0 à 10	<0,5
Chlorure	0,6	0,6	mg .L^{-1}	0 à 500	0,6
Nitrite	0,25	0,25	mg .L^{-1}	0 à 20	0,5
Fluorure	0,2	1	mg .L^{-1}	0 à 10	0,2

3.1.2.2 : Analyse bactériologique

L’analyse bactériologique est une étude visant à trouver les microorganismes pathogènes et à déterminer leur nombre ainsi que leur quantité dans l’eau. La réponse de l’analyse d’eau à nappe souterraine du Fokontany d’Ambolotarabe est affichée dans le tableau ci-dessous.

Tableau.03.Résultat d’analyse bactériologique avant traitement.

Paramètre	Unité	RésultatS1	RésultatS2	Norme OMS	Norme Madagascar
Bactérie coliformes	npp/100Ml	77/100Ml	59/100Ml	0/100Ml	0/100Ml
<i>Escherichia coli</i>	npp/100mL	5	5	0/100mL	0/100Ml
Entereroccoque	npp/100mL	11	10	0/100mL	0/100mL

L’analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l’eau. Elle permet également de contrôler l’efficacité des mesures de protection ou de traitement des eaux dans leur ensemble. Donc en voyant les résultats comme suit : trois types de bactérie sont localisés dans l’eau à nappe souterraine du Fokontany d’Ambolotarabe à savoir la bactérie coliforme, *escherichia coli*, entereroccoque. Ils sont tous dangereux pour la santé de l’homme. Sur ce tableau, on voit que les Entereroccoques sont plus nombreuses que les autres. Alors, on peut dire que l’eau est infectée.

3.1.2. Résultats après traitement

3.1.2.1. Analyse physico-chimique

Tableau 04 : Résultat des analyses physico-chimique de la station à la chimie minérale

Paramètres	Résultats Source	Unités	Norme de l'OMS	Norme à Madagascar
Température	22,3	°C	7 à 25	7 à 25
Ph	5,45		5,5<pH<8	Entre 6,5 à 9
Turbidité	<5	NTU	0 à 20	<5
Conductivité	20,6	µs.cm ⁻¹	<3000	<3000
Ammonium	0,01	Mg.L ⁻¹	0 ,5	0,5
Fer	0,6	Mg.L ⁻¹	0 à 10	<0,5
Chlorure	0,6	Mg.L ⁻¹	0 à 500	0,6
Nitrite	0,00	Mg.L ⁻¹	0 à 20	0,5
Fluorure	0,2	Mg.L ⁻¹	0 à 10	0,2

Tableau 05 : Résultat des analyses physico-chimique du réservoir à la chimie minérale.

Paramètres	Résultats	Unités	Norme de l'OMS	Norme à Madagascar
Température	22,4	°C	7 à 25	7 à 25
Ph	5,77		5,5<pH<8	Entre 5,5<pH<8
Turbidité	<5	NTU	0 à 20	<5
Conductivité	26,2	$\mu\text{s.cm}^{-1}$	<3000	<3000
Ammonium	0,03	Mg.L^{-1}	0 à 10	0,2
Fer	0,8	Mg.L^{-1}	0 à 10	<0,5
Chlorure	0,6	Mg.L^{-1}	0 à 500	0,6
Nitrite	0,003	Mg.L^{-1}	0 à 20	0 à 20
Fluorure	0,2	Mg.L^{-1}	0 à 10	0,2

Tableau 06 : Résultat des analyses physico-chimique de la borne fontaine à la chimie minérale

Paramètres	Résultats	Unités	Norme de l'OMS	Norme à Madagascar
Température	24	°C	7 à 25	7 à 25
Ph	5,42		5,5<pH<8	Entre 5,5<pH<8
Turbidité	<5	NTU	0 à 20	<5
Conductivité	12,2	$\mu\text{s.cm}^{-1}$	<3000	<3000
Ammonium	0,00	Mg.L^{-1}	0 à 10	0,2
Fer	0,8	Mg.L^{-1}	0 à 10	<0,5
Chlorure	0,6	Mg.L^{-1}	0 à 500	0,6
Nitrite	0,00	Mg.L^{-1}	0 à 20	0 à 20
Fluorure	0,2	Mg.L^{-1}	0 à 10	0,2

3.1.2.2. Analyse bactériologique

Même si l'eau semble potable, elle peut être contaminée par des bactéries qui sont invisibles. Ainsi l'eau traitée doit avoir une vérification au moins trois fois par an pour repérer les bactéries. Le résultat d'analyses bactériologiques d'eau traitée est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 07. Résultats des analyses bactériologiques dans la station à la chimie minérale.

Paramètres	Unités	Résultats	Norme de l'OMS	Norme à Madagascar
Bactérie coliformes	npp/100mL	3/100mL	0/100mL	0/100mL
<i>Escherichia Coli</i>	npp/100mL	<1	0/100mL	0/100mL
<i>Entereroccoque</i>	npp/100mL	1/100mL	0/100mL	0/100mL

Tableau 08 : Résultats des analyses bactériologiques dans le réservoir au laboratoire chimie minéral.

Paramètres	Unités	Résultats	Norme de l'OMS	Norme à Madagascar
Bactérie coliformes	npp/100mL	0/100ml	0/100mL	0/100mL
<i>Escherichia Coli</i>	npp/100mL	0/100ml	0/100mL	0/100mL
<i>Entereroccoque</i>	npp/100mL	1/100ml	0/100mL	0/100ml

Tableau 09 : Résultats des analyses bactériologiques à la borne fontaine au laboratoire chimie minéral.

Paramètres	Unités	Résultats	Norme de l'OMS	Norme à Madagascar
Bactérie coliformes	npp/100mL	0/100mL	0/100mL	0/100mL
<i>Escherichia Coli</i>	npp/100mL	0/100mL	0/100mL	0/100mL
<i>Entereroccoque</i>	npp/100mL	0/100mL	0/100mL	0/100ml

3.2. Interprétations

Bien que la très grande majorité des résultats des analyses réalisées respectent les normes, un responsable doit trouver des résultats non conforme et poser différents gestes pour retrouver la conformité en vertu des exigences de la norme sur la qualité de l'eau potable.

3.2.1. Interprétations des résultats des analyses physico-chimiques

La plupart des paramètres physico-chimiques sont presque conforme à la norme exigée.

- La température

En voyant la température, sa valeur a montré dans le tableau n°04 à tableau n°06 comprise entre 22,3 °C et 24°C. D'après ces résultats, la température de l'eau dans le site respecte la norme de la potabilité de l'eau souterraine sur l'Organisation Mondiale de la Santé et Jiro sy Rano Malagasy. La température comprise à la valeur admissible pour les eaux d'alimentation

qui varie de 7 à 25°C. En outre, les valeurs du résultat avant traitement montrent de 28,7°C et 28,8°C dans le tableau n°02. En effet, la température de l'eau de notre site présente alors une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid.

- Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Concernant le pH, presque la majorité des eaux souterraines a un pH compris entre 5,5 à 8. La ressource en eau de la station de traitement du fokontany Ambolotarabe est une eau à nappe d'eau souterraine. Le pH constitue un facteur limitant pour les processus d'épuration (survie des bactéries, nitrification, précipitation du phosphore...) d'où l'importance de contrôler ce facteur. Il arrive qu'un atome d'hydrogène d'une molécule d'eau soit capté par un atome d'oxygène d'une autre molécule et vont donc donnée naissance à un ion OH⁻ et un autre H₃O⁺ (hydronium). Dans l'eau pure, il y a le même nombre d'ion OH⁻ et H₃O⁺. Mais dès qu'une substance dissoute apporté un excès d'ion OH⁻, la solution devient basique ; lorsqu'une autre substance soluble apporte un excès d'ion H₃O⁺, la solution devient acide. Alors le pH des eaux échantillonnées au niveau de la nappe souterraine de la zone d'étude est compris entre 5,42 et 5,77 qui sont données dans le tableau n°04 à tableau n°06. Les valeurs de ces résultats après traitement montrent que le pH conforme à la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé et Jiro sy Rano Malagasy. Donc le pH est légèrement acide, c'est à cause de son type du sol qui est un sol ferrallitique et qui est pauvre en calcaire aussi. En outre, les valeurs de ces résultats montrent qu'ils sont conformes à la norme de la valeur de pH des pluies, donc sans doute que la source d'eau de ce Fokontany est bien dite eau souterraine. En revanche, les valeurs du résultat avant traitement montrent que le pH est dit neutre 7,1 et 7,77 dans le tableau n°1 car il est égal à 7 c'est-à-dire ni acide ni base. Ces valeurs nous a permis de connaître que l'eau a beaucoup des facteurs polluants naturelles, fécaux (engrais) qui les entoures dans sa source. En effet, au point de vue de la valeur du pH sur l'Organisation Mondiale de la Santé et Jiro sy Rano Malagasy, les résultats des analyses conformes à ces valeurs normales. Donc, la qualité de l'eau est bonne.

- Les teneurs en fer

Le taux de concentration en fer dans le tableau n°04 jusqu'au tableau n°06 qui est de 0,6 à 0,8 mg.L⁻¹ est inférieur à celle que de la valeur dans le tableau n°02 qui est de 1 mg.L⁻¹. Ces valeurs montrent qu'ils sont conformes à la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé qui est compris entre 0 à 10 mg.L⁻¹. En outre, ces valeurs des résultats d'analyse dépassent à la norme malgache qui est égal inférieur à 5 mg.L⁻¹. Ceci est causé par la nature du sol

spécifique de la zone d'étude. La nature du sol en question est un sol ferralitique. Il s'agit du sol de couleur rouge, pauvre en calcaire, mais riche en hydroxyde fer.

- Les teneurs en ammonium

Les teneurs en Ammonium présentent dans les eaux à nappe souterraines semi-perméable analysées après traitement varient très peu : entre 0 mg.L⁻¹ et 0,01 mg.L⁻¹ dans le tableau n°04 à tableau n°06. Ces valeurs sont très faibles par rapport à la valeur maximale admissible en Ammonium indiquée par la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé et la norme malgache qui est de 0,5 mg.L⁻¹. D'où l'ion ammonium NH₄⁺ est présent dans des nombreux produits nettoyant et désinfectant. En outre, les résultats d'analyse avant traitement montrent une haute valeur qui est de 0,5 mg .L⁻¹, c'est à cause des polluants et les facteurs fécaux qui entourent la source d'eau. De ce fait, les valeurs des analyses après traitement montrent une très peu de valeurs, donc ces eaux peuvent être consommé et ne présentent aucune conséquence pour la santé.

- Les teneurs en nitrite

Le nitrite, même remarque que celle de l'Ammonium, les teneurs en nitrites ne dépassent pas la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé qui comprise entre 0 à 20 mg.L⁻¹. De point de vue à la norme malgache, il est conforme à ces exigences valeurs normale qui est de 0 mg.L⁻¹. D'où l'ion nitrite NO₂⁻ est un composé intermédiaire de l'azote entre ammoniaque (NH₃⁺) et les nitrates (NO₃⁻).

- Le fluor

Le fluor qui est un toxique et il s'accumule dans le corps. Alors, les valeurs du résultat d'analyses fait au sein du laboratoire chimie minéral montrent une valeur est de 0,2 mg.L⁻¹, conforme à la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé et à la norme malgache JIRAMA qui est marqué dans le tableau du résultat après traitement (tableau n°04 à tableau n°06). Le résultat avant traitement montre une valeur est de 0,2 mg.L⁻¹ et 1 mg.L⁻¹ qui n'est pas conforme à la norme. Cette élévation est due à la pollution du milieu environnement de la source de captage (matière fécaux).

- Les teneurs en chlorure

Le teneur en chlorure montre une valeur de $0,6 \text{ mg.L}^{-1}$ dans le tableau n°02 à tableau n°6, conforme à la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé. Ces valeurs ne dépassent pas la norme malgache (JIRAMA) aussi. Alors ces eaux représentent des eaux de bonne qualité.

La dégradation de la qualité de l'eau peut avoir pour résultat la détérioration du fonctionnement de l'écosystème et conduit à des changements brusques et non linéaire. Les changements climatiques et en particulier l'élévation de la température et les changements schématique hydrologiques tels que sécheresses et inondation auront une incidence sur la qualité de l'eau.

3.2.2. Interprétations des résultats des analyses bactériologiques

Du point de vue bactériologique, l'eau à nappe souterraine dispose trois bactéries différentes provenant de matières fécales telles que les bactéries coliformes, *Escherichia Coli*, *Entereroccoque*. Le niveau de coliformes fécaux est la mesure le plus fréquemment utilisée pour indiquer la présence d'une contamination de l'eau d'origine fécale. Les bactéries coliformes ne sont pas souvent de pathogènes, parce qu'ils ne se reproduisent que dans les intestins de certains mammifères. Les nombres de coliformes varient de 0npp/100 ml à 3npp/100 ml dans le tableau n°07 à tableau n°09, ce qui signifie que ces eaux ne sont pas conformes à la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé et à la norme malgache JIRAMA. D'ailleurs, environ 72% des eaux sont excellente qualité, les facteurs étant inférieurs à 20npp/100 ml.

Alors, ces eaux représentent de bonne qualité et bien alimentée. Ainsi, le dénombrement des *Escherichia Coli* montre que l'eau souterraine n'est pas très chargé en *Escherichia Coli* et représente un nombre égal à 0nnp/100 ml dans le tableau n°7 à tableau n°09. De même que les *Entereroccoque*, peu de nombre qui est égal à 0npp/100 ml et 1npp/100 ml de même tableau. Après les résultats des analyses après le traitement, l'eau est bien consommable. Par contre, avant le traitement, les résultats montrent dans le tableau n°02 égal à 59npp/100 ml et 77npp/100 ml les coliformes, 5npp/100 ml l'*Escherichia Coli*, 10npp/100 ml et 11npp/100 ml l'*Entereroccoque*. Ces résultats représentent que ces eaux ont beaucoup des bactéries, car les facteurs polluants comme les coliformes fécaux sont dans la source, et qui peuvent provoquer des risques pour la santé.

En bref, l'analyse des résultats nous a permis de dire que la qualité globale des eaux souterraines dans le réseau du contrôle est généralement exploitables pendant la période

d'étiage. Par contre, la nappe d'eau souterraine qui a beaucoup de fer est de mauvaise qualité puisque la ressource se caractérise par sa situation à la nature du sol.

Alors, le tableau 10 récapitule les résultats avant et après les traitements des analyses physico-chimiques et bactériologiques sur terrain et au laboratoire chimie minéral.

Tableau 10 : tableau récapitulatif des analyses physico-chimique sur terrain et au laboratoire

Paramètres	Avant traitement source2	Après traitement borne fontaine	Norme de l'OMS	Norme à Madagascar
Température	28,8 °C	24°C	7 à 25	7 à 25
pH	7,73	5,42	5,5<pH<8	Entre 6,5 à 9
Turbidité	<5 NTU	<5 NTU	0 à 20	<5
Conductivité	30 $\mu\text{S.cm}^{-2}$	12 $\mu\text{S.cm}^{-2}$	<3000	<3000
Ammonium	0,5 mg.L ⁻¹	0 ,00 mg.L ⁻¹	0 à 10	0,2
Fer	1 mg.L ⁻¹	0,8mg .L ⁻¹	0 à 10	<0,5
Chlorure	0,6 mg.L ⁻¹	0,6mg.L ⁻¹	0 à 500	0,6
Nitrite	0,25 mg.L ⁻¹	0,00mg.L ⁻¹	0 à 20	0 à 20
Fluor	0,2mg.L ⁻¹	0,2mg.L ⁻¹	0 à 10	0,2

Tableau 11 : tableau récapitulatif des analyses bactériologie sur terrain et au laboratoire chimie minéral

Paramètres	Avant traitement Source 2	Après traitement Borne fontaine	Norme de l'OMS	Norme de Madagascar
Bactéries coliformes	57	0	0/100ml	0/100ml
<i>Escherichia Coli</i>	5	0	0/100ml	0/100ml
<i>Entereroccoque</i>	10	0	0/100ml	0/100ml

3.3. Recommandation

Dans cette section, des consignes et des solutions seront élaborées vis –à-vis des résultats de traitement et de l'environnement de la station. Donc, il est facile d'un accès en eau potable à tout homme, ceci doit constituer une priorité pour un état qui se soucie du développement socio-économique de ses populations. L'association doit donc élaborer des programmes qui permettent à la population d'obtenir de l'eau potable à un coût faible.

L'association doit contrôler l'application des lois qui a édicté, notamment en matière de la qualité de l'eau et l'hygiène apportée à cette dernière et les eaux de source ne doivent pas être négligées. Les populations doivent être associées et sensibilisées.

La technologie consulte au projet c'est du technique d'élimination de fer. Il existe de nombreuses techniques de traitement pour l'élimination du fer de l'eau potable. La mise en œuvre de tels traitements s'accompagne le plus souvent d'un curage de réseaux, car des dépôts importants résultant d'une pollution de l'eau de distribution peuvent subsister.

- Traitement biologique

L'élimination du fer peut aussi être faite par oxydation biologique (utilisation de bactéries qui oxydent et précipitent le fer dissous). Ces traitements permettent d'atteindre des niveaux acceptables en distribution.

3.3.1. Protection de l'ouvrage

Pour améliorer le service et la qualité de l'eau, il est fondamental de bien gérer les infrastructures. Cette gestion nécessite des entretiens des ouvrages. Concernant les entretiens des ouvrages, il est primordial de faire fréquemment les lavages au niveau du bac de mise en charge, au réservoir afin d'éviter les proliférations des bactéries et des algues. Ils doivent être lavés de façon à éliminer les matières se décantant au niveau des parois qui forme des matières. L'ouvrage de captage ne doit pas être enterré mais semi-enterré afin de préserver les poussées des terres. Par ailleurs s'il est couvert par des terres, les techniciens ne surtout pas capables d'entretenir ces ouvrages. Ainsi, cela provoquera une détérioration des eaux. Conformément au manuel de procédure à Madagascar, les ouvrages devront être entretenus trois fois par mois durant les périodes pluvieuses et une fois par trimestre lors des périodes sèches. Et durant les périodes cycloniques, ils doivent être entretenus le lendemain de la période sèche après le cyclone.⁽¹²⁾

L'érosion est due essentiellement aux eaux de ruissellement et aux eaux de pluie qui attaquent directement les sols en l'absence de végétation. La perte importante en sols provoquée par l'érosion constitue l'un des facteurs pour lesquels l'utilisation optimale des ressources en eau s'avère difficile. La détérioration générale d'un bassin versant peut entraîner un manque d'eau surtout en période sèche et de fréquents ensablements lors de la saison des pluies. Pour pouvoir protéger le bassin, il est nécessaire d'évaluer tous les risques pouvant engendrés la contamination de la nappe.



Figure.14. Représentation de l'érosion

Les mesures à prendre pour lutter contre la pollution de la nappe sont de plusieurs types :

- Contrôler les intrants agricoles, en établissant un bilan azoté du sol et en réduisant les engrains chimiques ;
- Protéger l'environnement immédiat des captages des sources de pollutions éventuelles en définissant des périmètres de protection : immédiat, rapproché et éloigné.

Les protections effectuées sur le bassin aura pour but d'améliorer la qualité de l'eau et de protéger le bassin versant de tous facteurs d'érosion.

- Protection

Elle consiste à protéger directement la nappe d'eau en instaurant les couvertures végétales aux alentours du lieu de captage mais en évitant d'employer des engrains organiques. L'ouvrage de captage sera clôturé pour éviter toutes intrusions de bœufs ou autres que les techniciens pour les lavages et des dépannages. Des cultures sont plantées suivant les courbes de niveau en amont des ouvrages pour protéger le talus. Les plantes les plus favorables sont des arbres fruitiers comme les bananiers. L'objectif de cette protection est la pérennité de la source, d'où la pérennité des divers infrastructures. La protection rapprochée se fait à partir de 10 m aux alentours de l'ouvrage de captage. Toutes les activités y sont interdites hormis celles relatives à l'exploitation et à l'entretien de l'ouvrage de prélèvement de l'eau et au périmètre lui-même. Son objectif est d'empêcher la détérioration des ouvrages et d'éviter le déversement de substances polluantes à proximité immédiate du captage

3.3.2. Sensibilisation des habitants

Avant la réalisation de projet, l'Association Manorintsoa à Madagascar a fait une sensibilisation auprès des habitants d'arrêter l'utilisation des latrines traditionnelles ou une latrine à fosse simple, de ne plus faire la défécation à l'air libre et d'utiliser une latrine surélevée.

Et aussi, une sensibilisation sur la pérennisation des ouvrages et la protection des sources à partir de la construction de pare feu et reboisement pour éviter le feu de brousse.

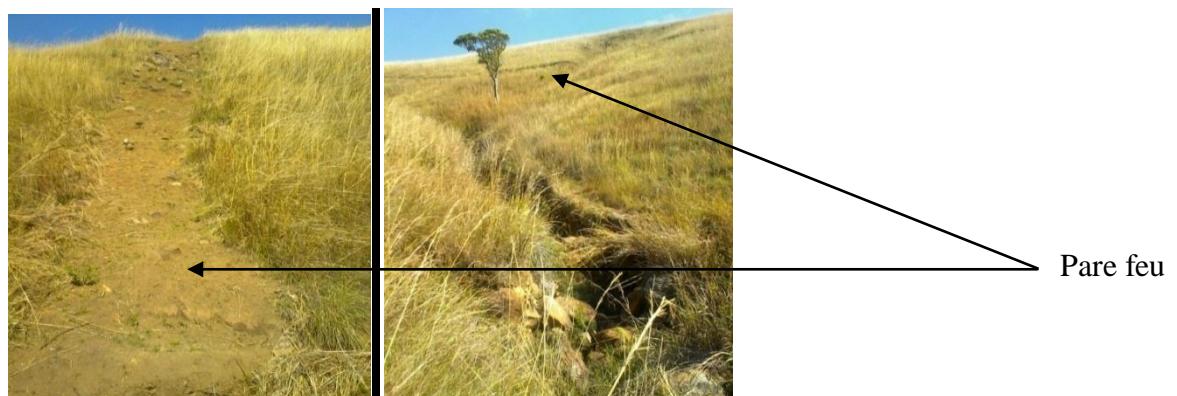


Figure.15. Représentation de pare feu autour de la source.

3.3.3. Environnement

La protection de l'environnement consiste à prendre des mesures pour limiter ou supprimer l'impact négatif des activités de l'homme sur son environnement.

Au-delà de la simple conservation de la nature, il s'agit de comprendre le fonctionnement systématique et éventuellement planétaire de l'environnement ; d'identifier les actions humaines qui l'endommagent au point de porter préjudice aux générations actuelles ou futures ; et de mettre en place les actions de correction. Cette action est donc à la fois scientifique, car elle nécessite de développer des connaissances pour le moment limité dans ce domaine ; citoyenne, puisque les décisions à prendre ont un coût pour les générations actuelles et un impact pour les générations futures; politique, car les décisions à prendre sont forcément collectives et parfois planétaires.

Un projet de reboisement doit être mené sur le site, surtout autour du captage pour empêcher l'infiltration des eaux polluantes.

Titre: Reboisement



Figure.16. Exemple de type du reboisement

CONCLUSION

Pour conclure l'évaluation de la qualité de l'eau dans le fokontany Ambolotarabe a permis de connaitre les besoins en eau et en assainissement de la population. La connaissance du milieu où elle est emprisonnée sera bénéfique pour un projet d'adduction d'eau potable. L'utilisation de l'eau pose plusieurs problèmes à cause de la fragilité et de son instabilité.

Le dispositif de santé offrira les services aux matières du planning familial parallèlement à la lutte contre des maladies. La qualité de l'eau est bien suivre le traitement à faire pour améliorer considérablement la santé humaine. L'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux dans le site permet de mettre en évidence l'identification des substances chimiques et bactériologiques dans l'eau. Et ce qui a permis d'évaluer la qualité de l'eau pour rendre potable. La mise en œuvre des systèmes de protection afin de pérenniser la nappe d'eau et éviter tous changements surtout sur la qualité de l'eau.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

- (1) A.El Alaouni, Y Hajhouji, 2010 : L'hydrochimie et qualité des eaux de surfaces et souterraines du Haouz, mémoire de LST, Faculté des sciences et Techniques Marrakech.
- (2) Ambouggir et G.Thuile, 1952 : Le BV, les plateaux du domaine marginal de l'Atlas : Haouz de Marrakech Hydrogéologie du Maroc, notes 2 M.Serve.Géol Maroc N°97, pp.223_233.
- (7) Biokar diagnostic microbiology 5th édition « choix et préparation des milieux cultures »
- (4) DIMBINIAINA. Harilanto Benjamin, RAKOTOSOLOFO Jule Marc. « Description de la station de traitement d'eau de boisson cas RANONTSIKA Sahavola Fenerive Est »
- (9) Hasfa.tourab. « Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des cause souterraines dans de plaine du Haouz » Mémoire fin d'étude, Le 20/02/2013.
- (12) M.Sinan, 2000 : Méthodologie d'identification, d'évaluation et de protection des ressources en eau des aquifères régionaux par couplage des SIG, de la géophysique et de la géostatistique.
- (3) Normes malgaches et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), qualité des eaux d'alimentation humaine.
- (8) RAKOTONDRAZAVA Hery Tiana. Memoire « Contribution d'une étude hydrogéologique dans un projet de développement communautaire en milieu chaud et humide », DEA en 2003 à Tamatave
- (5) Region Marrakech_Tensift Al Haouz « Plan de développement économique et social 2000_2004. »
- (6) RH.Thomson, 1964_Bioochimistry of phenolic compound Editeur.Harbone, JB.Academic Press London.
- (10) RAVELONJATO Miary Larissa Anja, mémoire fin d'étude « Caractérisation de la nappe pour la mise en œuvre d'un projet d'adduction d'eau potable par système gravitaire »

REFERENCE WEBOGRAPHIE

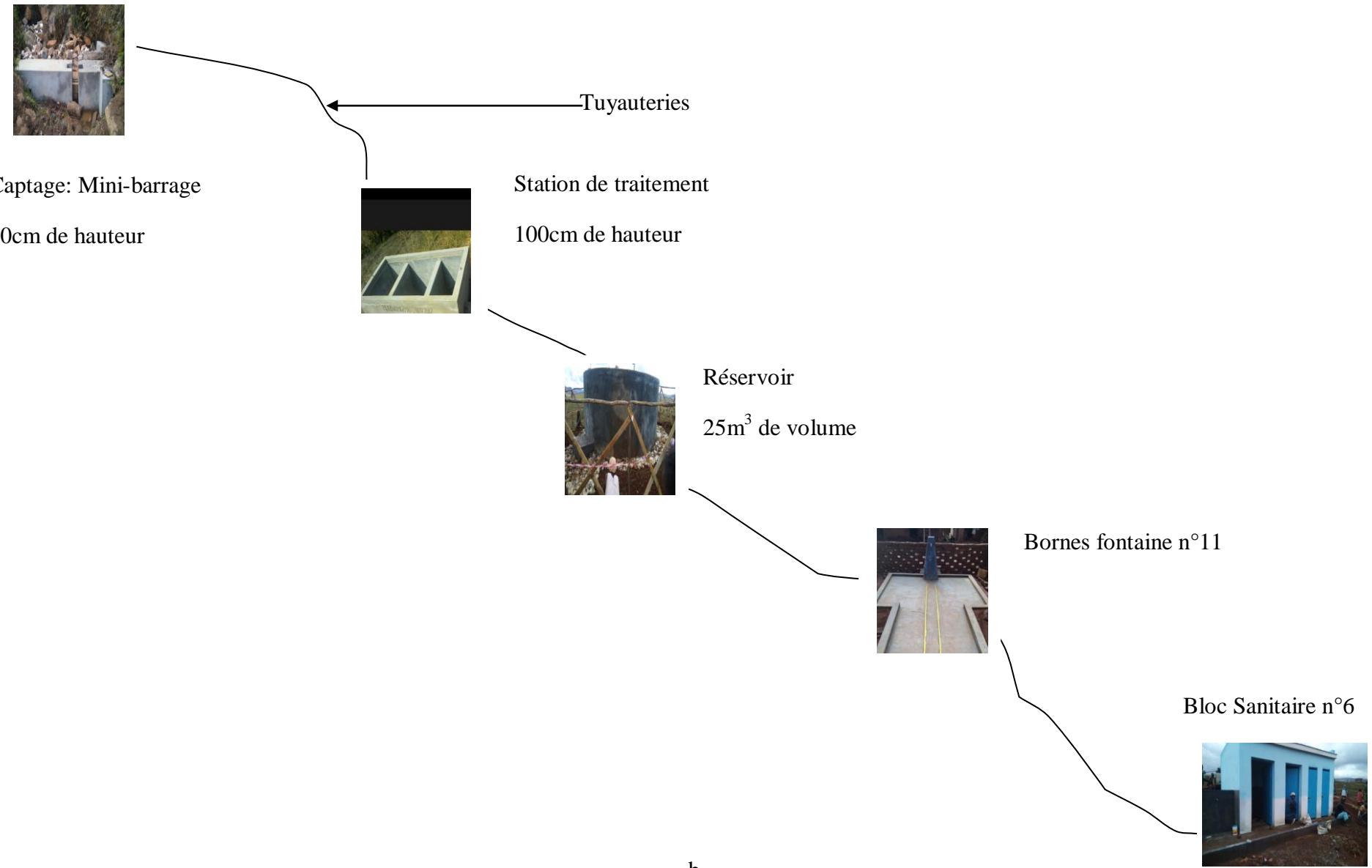
- (1) <http://www.intellego.fr>, 14/11/17 à 09h30
- (2) <http://www.weap21.org>, 28/11/17 à 15h15
- (3) <http://www.rachimie.fr>, 30/11/17 à 17h45
- (4) <http://www.cieau.com>, 05/12/17 à 08h10

ANNEXES

Annexe 1. Statistique des bénéficiaires

Hameau	Ambolotarabe
Nombre de ménage	500
Nombre de population	1159
Nombre de borne fontaine	11
Nombre de bloc sanitaire	06
Nombre de réservoir	01

Annexe 2. Illustration d'une configuration type du système d'adduction d'eau potable par gravitaire



Annexe 03. Réparation des bornes fontaines dans le fokontany Ambolotarabe

Bornes fontaines	Date de construction	Date d'enquête	Place de la borne fontaine	Fonctionnement
Borne fontaine n°1	2017	2017	Côté ouest du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°2	2017	2017	Côté sud-ouest du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°3	2017	2017	Côté nord-ouest du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°4	2017	2017	Côté sud du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°5	2017	2017	Au centre du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°6	2017	2017	Côté nord du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°7	2017	2017	Au centre du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°8	2017	2017	Côté nord-est du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°9	2017	2017	Côté sud-est du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°10	2017	2017	A l'est du village	Fonctionnel
Borne fontaine n°11	2017	2017	CSB I	Fonctionnel

Annexe 04. Répartition des blocs sanitaires

Blocs sanitaires	Date de construction	Date de l'enquête	Place du bloc sanitaire	Fonctionnement
Blocs sanitaire n°1 à n°3	2017	2017	EPP et CEG	Fonctionnel
Blocs sanitaire n°4 à n°6	2017	2017	CSB I	Fonctionnel

MINO Niaritranjara

Tel : 034 01 345 87

RANDRIANTSIMIALA Lefitra Sahaza
Tsikiarivony

Tel : 032 26 872 88

Nombre des pages : 37

Nombre des tableaux : 11

Nombre des annexes : 04

Nombre des figures : 15

TITRE DU MEMOIRE : « Evaluation de la qualité de l'eau souterraine dans un projet d'adduction d'eau potable du Fokontany d'Ambolotarabe – Commune rurale Tsaramasoandro – District Ankazobe dans la région Analamanga ».

RESUME

Les eaux souterraines du bassin versant du Fokontany d'Ambolotarabe constituent l'une des ressources les plus précieuses en eau potable. Cependant, la qualité de ces ressources se dégrade en permanence compte tenu de l'anthropisation due aux nombreux foyers de pollution. Tous ces facteurs amplifient les risques de contamination. L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines en référence avec des normes Malgache et de l'Organisation mondiale de la Santé. Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus ainsi à partir des mesures et des analyses effectuées sur les différentes eaux prélevées, ont montré que les valeurs fortes teneurs en fer représentent l'agent principal à fort impact sur la qualité de certains de sources d'eau. Le pH est relativement acide excepté pour le site qui est le Fokontany d'Ambolotarabe. En revanche, les teneurs en nitrite (NO_2^-) et en Ammonium (NH_4^+) sont négligeables.

Mots clés : qualité, traitement, analyse, Ambolotarabe, contamination.

ABSTRACT

Groundwater watershed of fokontany of Ambolotarabe are one of the resources the most valuable in drinking water. However, the quality of these resources degrades constantly given the anthropisation due to many homes pollution. All of these factors amplify the risk of contamination. The objective of this work is to assess the quality physic-chemical and bacteriological groundwater with reference with standards Malagasy and the organization world health. The results of parameters physic-chemical obtained as well from measures and analyzes on different water taken, showed that the strong values contents iron represent the chief agent high impact on the quality of some of water sources. The pH is relatively acid except for the site that is the fokontany of Ambolotarabe. However, the contents nitrite and ammonium are negligible.

Key words: quality / treatment / analyze / Ambolotarabe/ contamination.

Encadrant: Monsieur RAKOTONDRAZAVA Hery Tiana, Coordinateur de l'Association Manorintsoa Madagascar.