

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Répartition de la population par âge et par sexe (année 2014).....	15
Tableau II: Activités économiques .....	15
Tableau III: Infrastructures scolaires .....	16
Tableau IV: Infrastructures sociales .....	16
Tableau V: Caractéristiques des puits étudiés .....	17
Tableau VI: Environnement de puits P1, P2, P3 .....	18
Tableau VII: Classification des eaux selon leur pH.....	23
Tableau VIII : Relation entre conductivité et minéralisation des eaux.....	25
Tableau IX : Relation entre turbidité et aspects de l'eau .....	26
Tableau X: Classification des eaux suivant la teneur en matières organiques .....	30
Tableau XI: Analyse des quatre types de germes .....	37
Tableau XII: Résultats d'analyse avant traitement .....	38
Tableau XIII : Résultats avant désinfection par hypochlorite de Calcium du puits en amont.....	44
Tableau XIV : Résultats des désinfections par hypochlorite de calcium du puits au centre P2 .....	44
Tableau XV : Résultats des désinfections par hypochlorite de calcium du puits en aval.....	46
Tableau XVI: Taux de désinfections optimaux .....	47
Tableau XVII: Résultats d'analyse après désinfection par hypochlorite de calcium de puits en amont au centre et en aval.....	49
Tableau XVIII : Désinfection par hypochlorite de calcium.....	52
Tableau XIX: Délimitation de la zone de protection de puits contre les sources de pollution	53

# LISTE DES FIGURES

Figure 1: Molécule d'eau [3] .....	2
Figure 2: Cycle de l'eau .....	4
Figure 3: Schéma d'un puisard temporaire et de mécanisme de dégradation sur terrain sablo-argileux .....	7
Figure 4: Schéma d'un puisard permanent et de mécanisme de dégradation sur terrain sablo-argileux .....	8
Figure 5: Coupe d'un puits moderne .....	10
Figure 6: Localisation du District d'Ambatondarzaka .....	13
Figure 7: Localisation du site d'étude (Ambodinonoka).....	14
Figure 8: Environnement de puits P1 en amont.....	19
Figure 9: Environnement de puits P2 au centre .....	19
<i>Figure 10: Environnement de puits P3 en aval .....</i>	<i>20</i>
Figure 11: pH mètre.....	23
Figure 12: Conductimètre .....	24
Figure 13: Turbidimètre portable.....	26
Figure 14: Mesure du TH.....	27
Figure 15: Dosage des chlorures.....	29
Figure 16: Dosage des matières organiques.....	30
Figure 17: Spectrophotomètre.....	33
Figure 18: Dosage du fer total .....	34
Figure 19: Rampe de filtration.....	38
Figure 20: Courbe, d'évolution du chlore résiduel $Cl_2$ après 30 min de contact sur l'eau de puits P1 en amont.....	44
Figure 21: Courbe d'évolution du Chlore résiduel $Cl_2$ après 30 min de contact sur l'eau de puits P2.....	45
Figure 22: courbe d'évolution du chlore résiduel $Cl_2$ après 30min de contact sur l'eau de puits P3 en aval.....	46

# **ANNEXES**

ANNEXE I : MODES OPERATOIRES

ANNEXE II : FICHES D'ENQUETES

# LISTE DES ABREVIATIONS

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

JIRAMA : Jiro sy Rano Malagasy

CSB II : Centre de Santé de Base niveau II

EPP : Ecole Primaire Publique

CEG : Collège d'Enseignement Général

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

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

TDS : Solides Totaux Dissous

TH : Titre hydrotimétrique

E.D.T.A : Acide Ethylène Diamine Tétracétique

$\text{Mg}^{2+}$  : Ion magnésium

NET : Noir d'Eriochrome T

$\text{TH}_{\text{Ca}}$  : Titre Hydrotimétrique Calcique

$\text{TH}_{\text{Mg}}$  : Titre Hydrotimétrique magnésien

$^{\circ}\text{F}$  : Degré français

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

$\text{CO}_3^{2-}$  : Ion Carbonate

$\text{HCO}_3^-$  : Ion bicarbonate

$\text{m\acute{e}q.L}^{-1}$  : Milliéquivalent gramme par litre

M.O : Matières Organiques

$\text{NO}_2^-$  : Ions Nitrites

$\text{NO}_3^-$  : Ions Nitrates

$\text{SO}_4^{2-}$  : Ions Sulfates

$\text{NH}_4^+$ : Azote ammoniacale

$\text{H}_3\text{PO}_4$ :Acide phosphorique

$\text{BaCl}_2$ : Chlorure de baryum

$\text{NaOH}$ : Soude

$\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  : Fer total

A.S.R : Anaérobie Sulfite-Réducteur

E.COLI : Escherichia Coli

N : Normalité

$\text{AgNO}_3$  : Nitrate d'argent

$\text{KMnO}_4$  : Permanganate de Potassium

nm : Nanomètre

Al : Aluminium

Cd : Cadmium

UFC/ml : Unité Formant Colonie par millilitre d'échantillon

# GLOSSAIRE

**Maladies d'origine hydrique** : maladies causées par des micro-organismes contenus dans l'eau.

**Périmètre de protection** : une protection complémentaire dont l'objectif est de préserver les points d'eau des risques de pollution provenant des activités exercées à proximité du point d'eau.

**Colonie** : groupe de bactéries provenant d'une même cellule mère.

**Etang** : étendue d'eau stagnante, peu profonde, de surface relativement petite, résultant de l'imperméabilité du sol.

**Halogénure** : composé chimique qui contient des halogènes

**Dolomie** : minerais à base de  $\text{CaCO}_3$  utilisé pour l'amendement de sol en agriculture.

**Terrain Karstique** : terrain calcaire

**Hydrocarbure** : Composé binaire de carbone et d'hydrogène

**Pesticide** : Substance utilisée pour combattre les parasites et végétaux dans la culture

**Oxydase** : désigne une enzyme recherchée en bactériologie systématique.

**Catalase** : oxydoréduction hémique qui catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau et dioxygène

# TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	i
LISTE DES TABLEAUX.....	iii
LISTE DES FIGURES .....	iv
ANNEXES.....	v
LISTE DES ABREVIATIONS.....	vi
GLOSSAIRE.....	viii
TABLE DES MATIERES .....	ix
INTRODUCTION GENERALE .....	1
PARTIE I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....	2
CHAPITRE I. GENERALITES SUR L'EAU.....	2
1. Définition .....	2
1.1. Cycle de l'eau .....	2
1.1.1. Précipitation.....	3
1.1.2. Ruissellement.....	3
1.1.3. Evaporation.....	3
1.1.4. Infiltration.....	3
1.2. Ressource en eau.....	4
1.2.1. Eaux des pluies .....	4
1.2.2. Eau de surface [5] .....	4
1.2.3. Eau souterraines [5] .....	5
2. Généralités sur le captage d'eaux souterraines .....	6
2.1. Critère de choix pour l'implantation d'un point d'eau souterraine.....	6
3. Généralités sur la pollution des eaux souterraines .....	11
3.1. Définition de la pollution de l'eau .....	11
3.2. Sources de la salinisation .....	12
3.3. Sources de contamination .....	12
CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	13
1. Description de la zone d'étude.....	13
1.1. Localisation de la zone d'étude.....	13
2. Information fondamentale sur le Fokontany d'Ambodinonoka.....	14

2.1. Situation géographique .....	14
2.2. Situation démographique .....	14
2.3. Situation économique.....	15
2.4. Situation culturelle .....	15
2.4.1. Infrastructure Scolaires .....	15
2.4.2. Infrastructure culturelles .....	16
2.5. Situation Sociale .....	16
<b>PARTIE II. METHODES ET MATERIELS .....</b>	<b>17</b>
<b>CHAPITRE I. ENQUETES SUR TERRAIN .....</b>	<b>17</b>
1. Caractéristiques des puits étudiés .....	17
2. Environnement de trois puits .....	18
3. Appréciation de la qualité des eaux de puits par les consommateurs .....	20
4. Impacts sanitaires sur les consommateurs .....	20
4.1. Maladies de la peau : la gale .....	21
4.2. Maladies des yeux rouges .....	21
4.3. Maladies respiratoires .....	21
4.4. Maladies diarrhéiques .....	21
4.5. Paludisme .....	21
<b>CHAPITRE II. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES .....</b>	<b>22</b>
1. Analyses physico-chimiques de l'eau .....	22
1.1. Analyse physique .....	22
1.1.1. pH (potentiel Hydrogène) .....	22
1.1.2. Température .....	23
1.1.3. Conductivité.....	23
1.1.4. Minéralisation Solide Totaux Dissous .....	24
1.1.5. Turbidité.....	25
1.2. Analyse chimique.....	26
1.2.1. Méthode volumétrique .....	27
.....	29
1.2.2. Méthode colorimétrique.....	31
2. Analyse bactériologique.....	34
2.1. Matériels utilisés .....	34



2.1.1. Les matériels de prélèvement .....	34
2.1.2. Les milieux de culture .....	35
2.2. Méthodes générales de dénombrement .....	37
3. Résultats d'analyse et interprétations.....	38
PARTIE III. SUGGESTIONS D'AMELIORATION ET RECOMMANDATIONS .....	42
CHAPITRE I. DESINFECTION DES EAUX DE PUIITS ET RECOMMANDATIONS ..	42
1. Désinfection par hypochlorite de Calcium .....	42
1.1. Demande en chlore du puits en amont .....	44
1.2. Demande en Chlore du puits au centre.....	44
1.3. Demande en Chlore du puits en aval P3 .....	46
2. Qualité des eaux au niveau P1, P2 et P3 après désinfection .....	48
3. Recommandations concernant la désinfection .....	50
CHAPITRE II. RECOMMANDATIONS D'AMELIORATION AU NIVEAU DES PUIITS .....	53
1. Recommandations au niveau de puits.....	53
1.1. Modernisation du captage .....	53
1.2. Mesure de protection [7] .....	53
1.3. Autres recommandations .....	54
2. Recommandations pour les ménages .....	54
3. Recommandations en matière d'assainissement .....	55
4. Recommandations en matière d'hygiène .....	55
CONCLUSION.....	57
BIBLIOGRAPHIQUES .....	58

# INTRODUCTION GENERALE

L'eau est indispensable à l'existence de tout être. Elle est une ressource si vitale qu'elle semble banale, mais sans elle, l'homme disparaît. Cependant l'eau peut être aussi une source de maladies.

Actuellement, les trois quarts de la surface de notre planète sont recouverts d'eau mais cette quantité d'eau est salée ou non potable à plus de 99 % [1]. Selon les estimations de l'Unicef et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) publié en 2013, quelques 768 millions de personnes, n'ont pas accès à l'eau potable, ce qui entraîne chaque année des maladies et la mort de centaines de milliers d'enfants. La plupart de ces gens sont pauvres et vivent dans des zones rurales isolées ou dans des taudis urbains.

A Madagascar, le taux d'accès à l'eau potable de la population malagasy est de 43% en 2013 [2] ceci vient du fait que la majorité des ménages utilisent l'eau provenant des eaux de surfaces ou des eaux souterraines non protégées.

La population du fokontany d'Ambodinonoka dans la commune d'Andilanatoby de district d'Ambatondrazaka fait partie de celle qui utilise l'eau des puits caractérisée par de mauvais goût et dont la qualité est assez préoccupante. La faible couverture en eau potable et le comportement à risques de la population sont à l'origine des maladies diarrhéiques et respiratoires, maladies des yeux et de la peau. D'où l'intérêt de notre étude sur la qualité de quelques-uns de ces puits afin de dégager les origines de la dégradation de la qualité des eaux et en déduire des propositions pertinentes pour améliorer la situation existante et en réduire les risques de maladies graves.

Pour ce faire, le présent travail comporte trois parties : la première partie rapportera la synthèse bibliographique, la seconde partie décrira les méthodes et matériels comme les enquêtes et caractérisation de la qualité physico-chimique et bactériologique de ces eaux de puits et la troisième partie présentera les suggestions d'amélioration et recommandations.

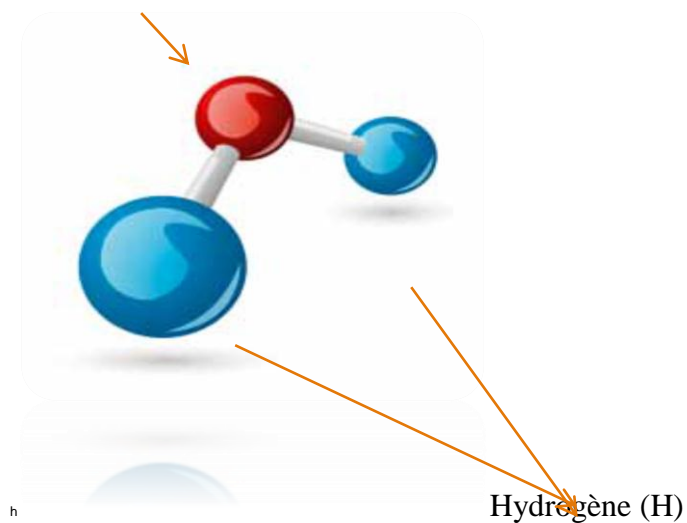
# PARTIE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

## CHAPITRE I. GENERALITES SUR L'EAU

### 1. Définition

L'eau est un composé chimique simple. On peut aussi l'appeler oxyde de dihydrogène. Sa formule chimique est  $H_2O$  c'est à dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène entre deux atomes d'hydrogène, comme la figure 1 le montre.

Oxygène ( $O_2$ )



*Figure 1: Molécule d'eau [3]*

#### 1.1. Cycle de l'eau

Sous l'action de l'énergie solaire, une partie de l'océan s'évapore, monte vers l'atmosphère, et se condense pour former des nuages. Ces derniers se transforment sous forme de pluie ou de neige suite à une variation de la température. Ensuite, la pluie tombe sur les continents et sous l'action des différents facteurs, une partie s'évapore, une autre ruisselle ou s'infiltre pour alimenter la nappe. Finalement les eaux retournent dans les océans. Ce cycle est représenté par la figure 2.

Le cycle de l'eau se compose comme suit :

#### 1.1.1. Précipitation

En contact de l'air froide, les vapeurs d'eau de l'atmosphère se transforment en gouttes d'eau et déversent sur la surface de la terre sous forme de pluies, de neiges, de grêles ou de brouillards selon le climat .Seulement 23% [4] des précipitations se produisent sur le continent et le reste en mer.

#### 1.1.2. Ruissellement

Après avoir percuté le sol, les eaux dérivées des précipitations ruissellent à la surface de la terre et alimentent directement les cours d'eau. Ceux-ci vont se déverser à leur tour dans l'océan. Le ruissellement dépend de la présence ou de l'absence de couvertures végétales, et de la nature du substrat.

#### 1.1.3. Evaporation

Sous l'action du soleil, une partie de l'eau de mer s'évapore pour former des nuages .Avec les vents, ces nuages arrivent au-dessus des continents où ils s'ajoutent à ceux qui sont déjà formés.

#### 1.1.4. Infiltration

C'est le phénomène de passage de l'eau dans le sol, son parcours souterrain jusqu'à sa sortie du sol .L'eau s'infiltré dans le sol, atteint le niveau de la nappe et retourne tôt ou tard à un cours d'eau. Elle dépend de la perméabilité du sol, de sa saturation, du temps de contact entre l'eau et le sol ainsi que de l'absence ou la présence des couvertures végétales.

Le cycle de l'eau est représenté par la figure 2.

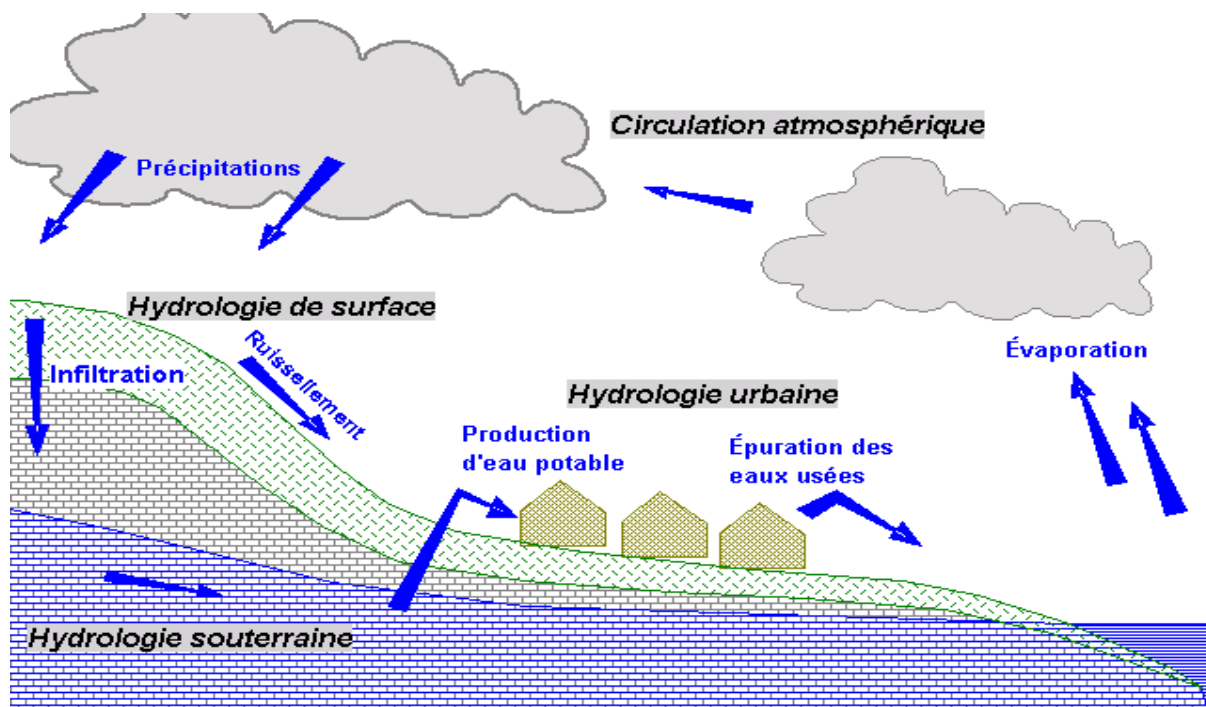


Figure 2: Cycle de l'eau

## 1.2. Ressource en eau

Dans la nature, la ressource en eau se présente sous différentes origines. En l'occurrence, elle se manifeste comme suit :

### 1.2.1. Eaux des pluies

Ce sont des eaux en provenance des précipitations atmosphériques. Celles-ci ne sont pas encore chargées de substances solubles issues de la terre. Elles sont caractérisées par une faible conductivité.

### 1.2.2. Eau de surface [5]

Ce sont les eaux courantes comme les rivières, les fleuves, les cours d'eaux et les eaux stagnantes des lacs et étangs. Dans tous les cas, l'eau de surface est en général polluée car elle emporte tous les éléments de leur passage. La technique du captage des eaux courantes est la plus utilisée pour approvisionner en eau potable les grandes agglomérations. Néanmoins, on a souvent besoin d'une infrastructure coûteuse et compliquée pour son traitement.

### 1.2.3. Eau souterraines [5]

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. Les eaux souterraines sont formées par les infiltrations. Elles sont exemptes de pollution. Toutefois, elles peuvent, d'une part être contaminées par la technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres sources de pollution ou le manque de protection, d'autre part, elles peuvent être chargées par les éléments Na et Cl pour donner des eaux saumâtres ; du  $\text{Ca}^{2++}$  pour une eau dure ; du fer pour une eau ferrugineuse.

#### ➤ Origine des eaux souterraines

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluies dans le sol. Celles –ci s'insinuent par gravité dans le pore, les microfissures et les fissures des roches, humidifiant des couches de plus en plus profondes jusqu'à la rencontre d'une autre imperméable. A ce niveau, elles s'accumulent et remplissent le moindre vide, de façon à provoquer la saturation de l'humidité dans le sous-sol, formant ainsi un réservoir d'eau souterraine appelé aquifère.

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

- ✓ nappes phréatiques ou alluviales, peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus,
- ✓ nappes captives, plus profondes que les premières et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes étant assurée par l'infiltration sur leurs bordures.

Les eaux souterraines sont généralement de meilleure qualité que celles de surface et ne nécessitent pas d'un traitement complet tel qu'exige le règlement sur la qualité de l'eau potable.

## 2. Généralités sur le captage d'eaux souterraines

Le captage d'eaux souterraines est une installation qui permet de puiser l'eau à partir des nappes d'eaux souterraines. Celles-ci situent sous la surface du sol.

On distingue deux types des captages :

-Le captage individuel, destiné à alimenter une résidence isolée,

Le captage collectif, destinés à alimenter plus de 20 personnes.

### ***2.1. Critère de choix pour l'implantation d'un point d'eau souterraine***

En général, le choix de l'emplacement du puits est établi suivant les désirs de la population, l'hydrogéologie du terrain, l'environnement immédiat et surtout les exigences des normes environnementales liées à l'eau potable, l'assainissement et l'hygiène concernant les points évoqués ci-après :

- proximité des usagers
- disponibilité dans le temps
- qualité de l'eau : conformité ou non à la norme de potabilité
- distance du point d'eau par rapport aux sources de pollution
- périmètre de protection
- lutte contre la pollution
  - ✓ gestion des rejets d'eaux usées : domestiques, pluviales, industrielles, agricoles
  - ✓ gestion de dépôts des déchets solides (matière fécales, ordures)
- traitement des eaux

### ***2.2. Différents types de puits [6]***

Un puits est une excavation généralement de forme circulaire et plus ou moins profondément creusé dans le sol afin d'atteindre une nappe d'eau que l'on utilisera pour la consommation ou pour le lavage

Ils sont de deux types :

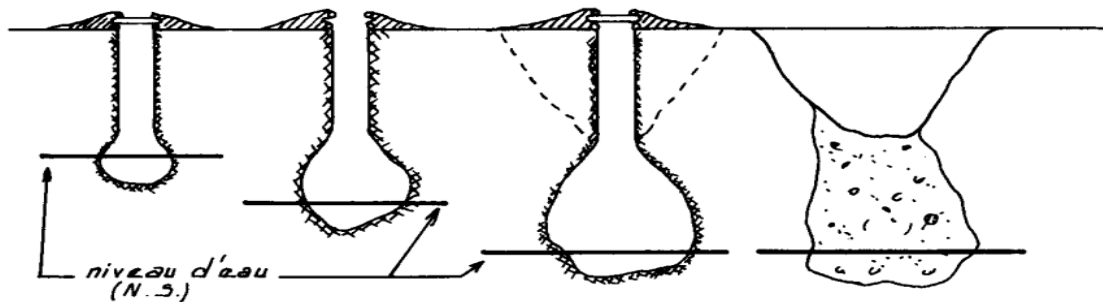
➤ **puits traditionnels**

Ce sont des ouvrages réalisés par les populations au les moyen des outils dérisoires dont elles disposent. Les puisards obtenus selon cette méthode seront utilisés à des fins soit temporaires soit permanentes :

✓ puisards temporaires

La profondeur des puisards temporaires est, en général, inférieur à 10 m. Ils sont construits de manière à servir à titre sommaire (voir figure.3).

Le revêtement du puisard peut être fait de branche ou de paille, le débit puisé est faible et la hauteur d'eau contenue dans le trou est souvent inférieure à 50 cm. Ce type d'ouvrage doit être consolidés chaque année .Au cours du temps et du fait de la baisse du niveau de puisage, ces puits s'éboulent et peuvent s'assécher à certaines périodes de l'année.



*Figure 3: Schéma d'un puisard temporaire et de mécanisme de dégradation sur terrain sablo-argileux*

✓ Puisards permanents

Ce sont des puits beaucoup plus profonds (jusqu'à 100m) et sont réalisés par des puisatiers chevronnés. Leur diamètre varie entre 0,80m et 1m.



Le soutènement des parois est réalisé grâce à des bois entrecroisés à angle droit, des branches flexibles recourbées le long des parois du puits, de la paille, des pierres... (Voir figure.4)

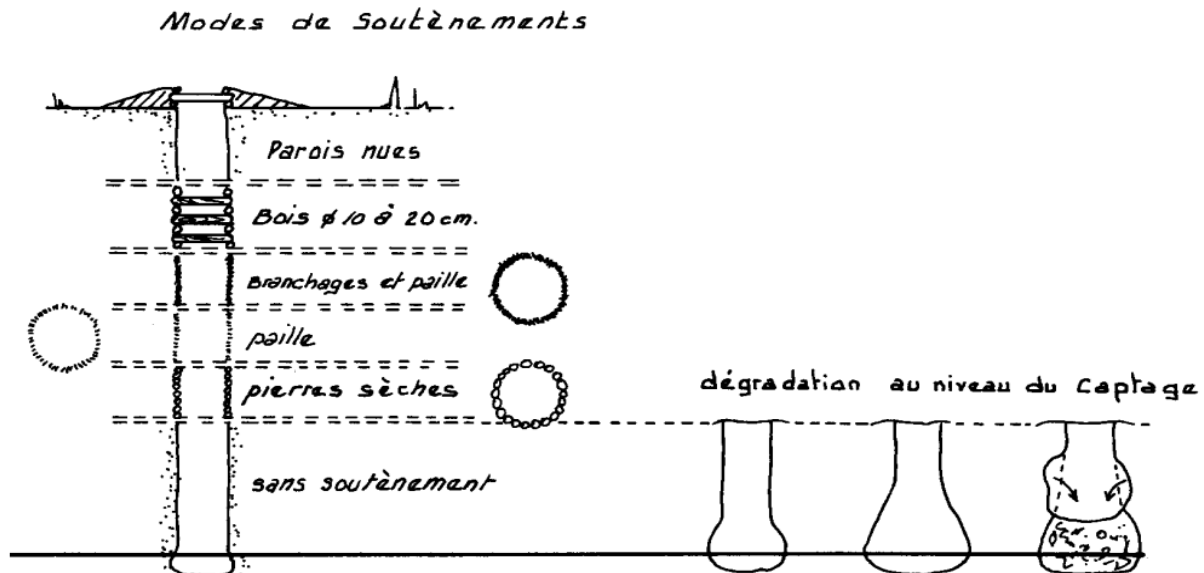


Figure 4: Schéma d'un puitsard permanent et de mécanisme de dégradation sur terrain sablo-argileux

Dans le puits traditionnel, on extrait l'eau à l'aide de seaux retenus au bout d'une corde.

#### ➤ Puits modernes

Ce genre de puits peut être creusé à la main ou avec des instruments spécialisés. Le creusement du trou s'exécute par un spécialiste : le puisatier. Ces puits sont réalisés selon les normes : construction de margelle ; de dalle anti-bourbier ; de cuvelage ; de captage avec une buse et dalle de fond crépine posée sur un lit de gravillon. En général, son diamètre compris entre 1 et 1,80 m.

L'exécution d'un puits artisanal, c'est à dire fait manuellement, comprend quatre phases :

#### ✓ Creusement sur terrain sec

L'opération consiste à réaliser le trou, à partir de la surface jusqu'au niveau de l'eau.

. La technique diffère suivant la nature du terrain à exploiter :

- Terrain tendre constitué de sables consolidés, d'argiles, de grès, de schistes tendres, d'altération de roches cristallines
- Terrain dur composé de grès, de calcaire, de dolomies, de schistes, durs, du granite, du gneiss, du quartz
- Terrain instable s'étendant sur du sable éolien, alluvions très fines

✓ Construction du cuvelage

Par cuvelage, on désigne la partie verticale du puits, busée pour éviter l'éboulement et l'infiltration des eaux de surface ainsi que la contamination du puits.

Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour la construction du cuvelage :

- le cuvelage en béton armé avec ancrage
- le cuvelage continu descendu par havage,
- les cuvelages métalliques

✓ Mise en place du captage

Le captage est la partie du puits située au-dessous du niveau de l'eau. Il permet à l'eau de parvenir au puits tout en maintenant le terrain aquifères en place.

Le captage est constitué de buses crépinées et du massif de gravier filtraant.

✓ Réalisation de l'équipement de surface.

Il s'agit de la dernière phase de réalisation d'un point d'eau. Ces équipements sont essentiels en vue de conserver le puits dans un bon état et pour assurer la bonne qualité de l'eau puisée.

Les équipements de surface doivent comprendre :

- la margelle
- le trottoir
- une aire assainie anti-bourbier
- les abreuvoirs, les zones de lavage
- le système d'exhaure (la pompe)
- la rigole qui permet de recueillir les eaux de ruissellement
- le puits perdu
- la clôture

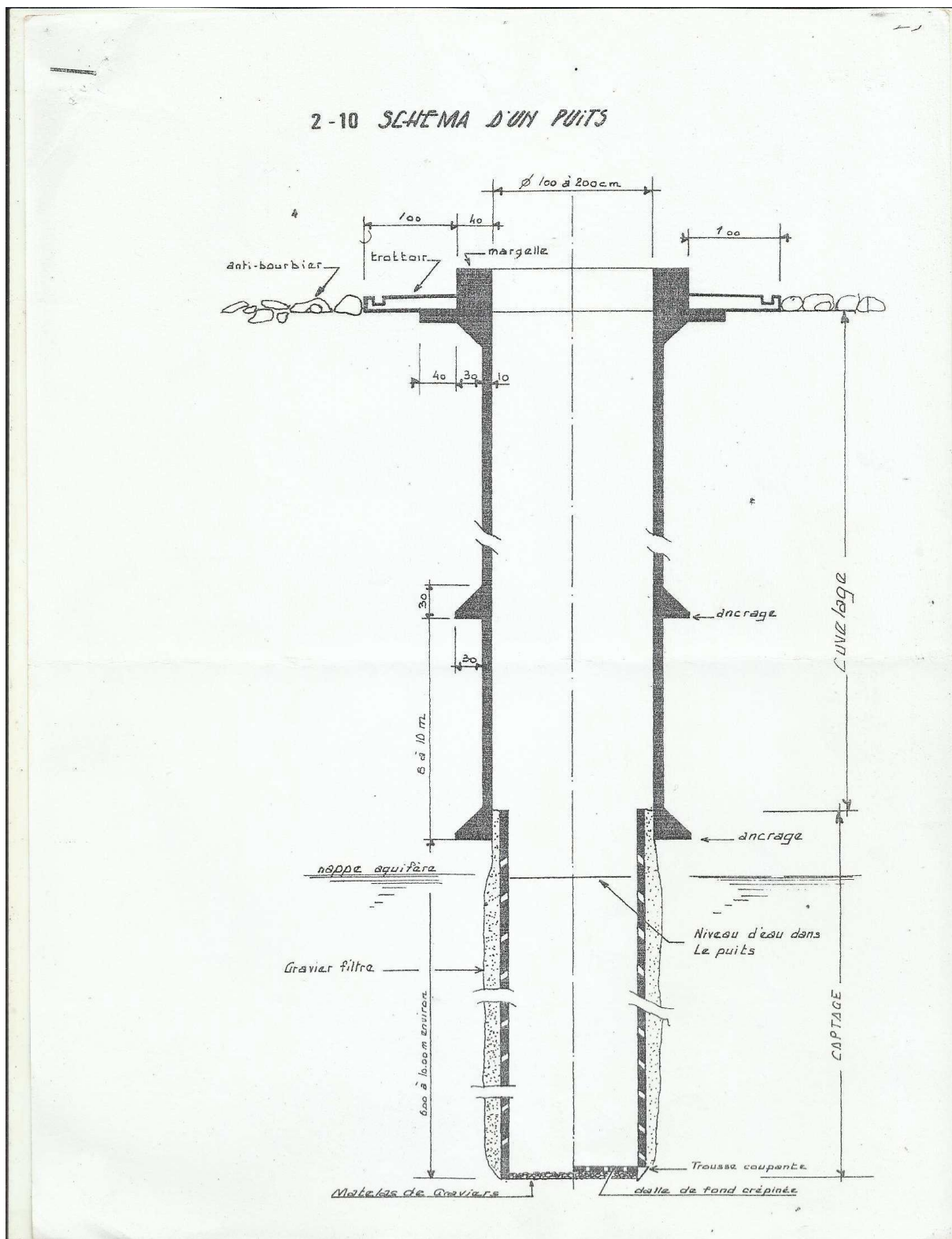


Figure 5: Coupe d'un puits moderne

### 3. Generalités sur la pollution des eaux souterraines

#### 3.1. *Définition de la pollution de l'eau*

De nos jours, les problèmes liés à la pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. La pollution de l'eau se manifeste par la dégradation de sa qualité. L'analyse chimique d'une eau polluée révélera la présence de certaines substances en solution ou en suspension. Ce sont la qualité et la quantité de ces éléments qui, d'une part définissent l'état d'une eau, puis, d'autre part, précisent et limitent son emploi dans ses multiples usages en matière d'alimentation, de besoins des ménages et industriels, d'irrigation,...

Parmi ces problèmes, la contamination de l'eau. Ainsi, l'eau est dégradée de façon spectaculaire par des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes donc dangereux pour la santé.

L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette variété d'eau reste aussi la plus exposée à la pollution que sa protection s'impose à travers le temps et l'espace.

En ce qui concerne la pollution des pollutions des eaux souterraines, cette variété peut être polluée au même titre que les eaux des surfaces et des rivières bien qu'elle se trouve en profondeur. En dépit des différents filtrages qui subissent les eaux souterraines, de nombreuses analyses ont décelé la présence de bactéries ou d'autres éléments nocifs. La pollution des eaux de puits est généralement occasionnée par :

- la pénétration d'impuretés par les ouvertures
- les fuites des conduits d'égouts
- l'infiltration des dépotoirs ou les terrains d'enfouissement
- les activités menées autour du puits

### **3.2. Sources de la salinisation**

La salinisation des eaux souterraines se produit lorsqu'elles sont chargées d'éléments chimiques majeurs ( $\text{Cl}^-$  ;  $\text{K}^+$  ;  $\text{Na}^+$  ;  $\text{Ca}^{2+}$  ;  $\text{CO}_3^{2-}$  ;  $\text{Mg}^{2+}$  ;  $\text{NO}_3^-$ ) et mineurs (éléments indésirables ou toxiques). À cause de ces ions dissouts, les eaux deviennent légèrement salées. Ainsi, le processus de salinisation naturelle de l'eau se manifeste de manières différentes :

- dissolution-précipitation de la roche aquifère, des évaporites et des échanges de bases ;
- écoulement de l'eau en surface (eau de pluie) et dans les rivières s'infiltrant dans les eaux souterraines et arrachant les ions alcalins ainsi que ceux halogénures par dissolution des roches ;
- degré de salinisation est proportionnel à la profondeur de la nappe aquifère.

Mais il existe d'autres sources de salinisation. En l'occurrence, il s'agit de l'irrigation, du défrichement, des activités minières (exploitation des mines de sel ou de potasse). La remontée des nappes phréatiques salées ou l'irruption d'un biseau salé dans une nappe d'eau douce, suite à un pompage dépassant la capacité naturelle de recharge de la nappe augmente la salinisation de l'eau.

### **3.3. Sources de contamination**

La contamination de l'eau pourrait découler de deux facteurs. Le processus peut être d'origine naturelle ou anthropique :

La contamination naturelle s'effectue par le passage des eaux dans le sol. Celle d'origine anthropique est induite par les activités humaines d'ordre domestique, industriel, et agricole. Parmi les activités domestiques figurent les rejets d'eaux usées domestiques, ordures ménagères et les latrines non étanches. Les effluents et déchets solides des usines et les fuites de cuve illustrent la pollution industrielle. Enfin, la pollution résultant des activités agricoles est causée par l'utilisation des engrais chimiques et biologiques, pesticides et herbicides.

## CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

### 1. Description de la zone d'étude

Au cours de notre travail de recherche, nous avons contacté le Président du Fokontany d' Ambodinonoka pour recueillir de plus amples informations relative à la situation géographique, démographique, économique, culturelle et sociale sur le site d'études. Les autres renseignements portant sur la localisation de la localité d'étude Web nous a aidé à (Figure 6,7) ont puisés sur Site Web.

#### ***1.1. Localisation de la zone d'étude***

Notre d'étude a été menée dans le fokontany d'Ambodinonoka commune rurale d'Andilanatoby, du District d'Ambatondrazaka. Ce site est localisé dans la Région Alaotra Mangoro. Il fait partie des douze (12) fokontany composant la commune Rurale d'Andilanatoby. Ambodinonoka est située à 38 km du chef – lieu de la commune. La localité est délimitée au Nord par la commune rurale de Manakambahiny Ouest, et au Sud par la commune Rurale d'Andilanatoby.



*Figure 6: Localisation du District d'Ambatondrazaka*



Figure 7: Localisation du site d'étude (Ambodionoka)

## 2. Information fondamentale sur le Fokontany d'Ambodionoka

Le Fokontany a des différentes situations comme la situation géographique, la situation démographique, la situation économiques et la situation sociale

### 2.1. Situation géographique

Le fokontany d'Ambodionoka s'étend sur une superficie de 68 km<sup>2</sup> ou 6800 ha .Il est le fokontany le plus proche de la commune d'Andilanatoby. De longitude est de 17°56 Sud et 48°14 Est, et de latitude Sud 17°, 93, Est 48°,23 et son altitude s'élève à 802m.

### 2.2. Situation démographique

Ambodionoka recense 3550 habitants.

Tableau I: Répartition de la population par âge et par sexe (année 2014)

Ages	0-5		6-10		11-15		16-18		19-60		60etplus	
Sexes	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Nombre de population	150	190	356	396	368	408	180	226	554	593	396	436

Source : Contacte par le Président du Fokontany

M : Masculin ; F : féminin

### **2.3. Situation économique**

Les principales activités économiques de la population sont l'agriculture et l'élevage. La répartition de la population par catégorie d'activité est mentionnée dans le tableau suivant.

Tableau II: Activités économiques

Secteur d'activité	Nombre
Agriculture	443
Elevage	388
Boucherie	2
Commerce	13
Collecte agricole	2
Artisanat	5
Gargote	5

### **2.4. Situation culturelle**

#### **2.4.1. Infrastructure Scolaires**

La plupart des enfants du Fokontany sont scolarisés. Il existe deux (02) types d'établissement scolaire à Ambodinonoka : une Ecole Primaire Publique (EPP), une annexe du Collège d'Enseignement Général (CEG) d'Andilanatoby et un Collège privé. Les parents qui n'ont pas la possibilité de financer par leur propre moyen les envoient à l'EPP du Fokontany .



*Tableau III: Infrastructures scolaires*

Infrastructures scolaires	EPP	CEG
Nombre	1	1

#### 2.4.2. Infrastructure culturelles

Pour l'édifice religieux, il existe cinq (05) églises dont FJKM, EKAR, JESOSY MAMONJY, ARA-PILAZANTSARA.

### 2.5. Situation Sociale

Sur le plan sanitaire, il est d'abord signaler l'inexistence du centre de santé dans la localité d'Ambodionoka. Ensuite, l'absence des infrastructures communautaires d'adduction compromet l'accès de la population locale à l'eau potable. Enfin, les enquêtes que nous avons menée nous-même ont révélé que 70 % des habitants ne possèdent pas de latrines. Cette situation favorise la défécation à l'air libre, exposant ainsi la population à des risques sérieux de maladies. Les infrastructures liées à la source d'approvisionnement individuelle sont reportées dans le tableau IV :

*Tableau IV: Infrastructures sociales*

Infrastructures sociales	Latrines	Puits traditionnels	Bornes fontaines	Puits communautaires
Nombre	23	23	0	19

# **PARTIE II. METHODES ET MATERIELS**

## **CHAPITRE I. ENQUETES SUR TERRAIN**

L'étude sur terrain a été réalisée du 18 Décembre 2014 au 18 Janvier 2015, soit une durée d'un mois. Pour mieux cerner les problèmes concernant la source d'approvisionnement en eau potable et le niveau d'assainissement et hygiène dans le Fokontany d'Ambodinonoka, des enquêtes ont été menées en malgache au niveau des foyers. Au total, nous avons enquêtés 20 personnes et le questionnaire comporte des questions ouvertes, fermées et à réponses multiples. (Voir ANNEXE II)

Nous avons choisi spécialement trois points au centre du fokontany où les sources d'approvisionnement en eau P1, P2, P3 sont assez vulnérables : P1 est à 10m en amont de P2, P2 est au centre de P1 et P3, et P3 est à 15 m en aval de P2. Et ces trois points sont suffisamment éloignés.

Pour mieux caractériser ces eaux de puits des enquêtes ont été menées auprès des usagers et nous ont permis de connaître les points suivants :

- Caractéristiques des trois puits et ses environnements
- Appréciation de la qualité et de la disponibilité des eaux
- Les maladies les plus fréquentes au niveau des consommateurs

### **1. Caractéristiques des puits étudiés**

Les trois puits sont caractérisés par une faible profondeur variant de 6 à 14 m.

Suivant la nomenclature des puits : P1 et P3 sont classés puits permanents, et P2 puisard temporaire.

Le tableau V représente les caractéristiques de ces puits

*Tableau V: Caractéristiques des puits étudiés*

## 2. Environnement de trois puits

Suite à des enquêtes environnementales effectuées sur place autour de ces trois puits les sources de contamination reportées dans le tableau VI ont été observées :

Puits	P1(en amont)	P2 (au centre)	P3(en aval)
<b>Année de Construction</b>	1998	2000	2004
Type de captage	Traditionnel	Traditionnel	Traditionnel
Usage	domestique	domestique	domestique
Type de sol	argile	argile	Sable
Diamètre (m)	1m	1m	0,5 m
Profondeur (m)	10m	6m	14m

*Tableau VI: Environnement de puits P1, P2, P3*

PUITS	Environnement	Distance par rapport au point d'eau (m)
P1 en amont	Jardin de fleur tout autour	0
	Un (1) étable	2
	Canal d'évacuation d'eau usée domestiques	0,5
P2 au centre	clôture en haie de roseau tout autour	0
	Deux (2) étables tout autour	0
	Latrine en amont	8
	Rejet d'eaux usées s'infiltrant dans le puits par le canal d'évacuation	0,5
P3 en aval	Culture d'arbres fruitiers comme (mangue, coco ...) tout autour	0
	Latrine en amont	6

Notons que les usagers utilisent des récipients souillés pour le puisage de l'eau dans ces trois puits.

Voici le schéma de l'environnement de ces trois puits pendant nos enquêtes sur terrain dans cette Fokontany.



Un étable à 2m de P1



Puits P1 entouré de jardin

*Figure 8: Environnement de puits P1 en amont*



Etable tout près de P2



Puits P2 clôturé en haie de roseau



Latrine à 8 m en amont du puits P2

*Figure 9: Environnement de puits P2 au centre*



Latrine à 6m en amont de P1



Puits en aval P3



Culture fruitiers tout autour de P3

*Figure 10: Environnement de puits P3 en aval*

### **3. Appréciation de la qualité des eaux de puits par les consommateurs**

D'après l'enquête, les puits, de faible profondeur, ciblés par notre étude sont situés à moins de 15 mètres des latrines. Donc, les eaux des puits vont certainement être contaminées. Ainsi, les impacts sur la santé des usagers, décrits dans le paragraphe suivant en démontrent.

### **4. Impacts sanitaires sur les consommateurs**

La mauvaise qualité des eaux de puits vont impacter sur la santé des habitants .La nuisance de l'eau peut causer diverses formes de maladies, entre autres :

#### ***4.1. Maladies de la peau : la gale***

La gale est une maladie cutanée qui se caractérise par des boutons (bosses) sur la peau qui démangent. Ainsi, on se gratte en permanence les parties du corps infectées. Les endroits les plus affectés sont :

- entre les doigts et les orteils
- autour du poignet
- autour de la ceinture
- au niveau des parties génitales

#### ***4.2. Maladies des yeux rouges***

Elles sont caractérisées par la douleur et la démangeaison.

#### ***4.3. Maladies respiratoires***

Elles se manifestent par des grippes, toux et allergies.

#### ***4.4. Maladies diarrhéiques***

Reconnues par des selles en général liquides ou molles et l'urine et la respiration entraînent des pertes hydriques.

#### ***4.5. Paludisme***

Elle est caractérisée par de la fièvre, maux de tête et douleur musculaire ponctué par de vomissement.

## CHAPITRE II. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES

### 1. Analyses physico-chimiques de l'eau

L'analyse physico chimique comprend 2 parties : l'analyse physique et celle de chimique.

#### 1.1. *Analyse physique*

Les analyses physiques ont été effectuées à l'aide des instruments de mesure appropriés.

Les résultats ont été obtenus par la lecture directe.

Les matériels utilisés en laboratoire pendant l'analyse physique sont :

- pH-mètre** : servant à mesurer le pH de l'eau.
- Conductimètre** : pour mesurer la conductivité et la minéralisation de l'eau.
- Turbidimètre** : qui sert à mesurer la turbidité de l'eau.

##### 1.1.1. pH (potentiel Hydrogène)

Le pH mesure la concentration des ions  $H^+$  et l'acidité ou la basicité de l'eau. Plus le pH est bas, plus l'eau est dite acide ( $pH < 7$ ). Plus le pH est élevé, plus l'eau est dite basique ( $pH > 7$ ).

##### ➤ **Principe**

Cette méthode consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique.

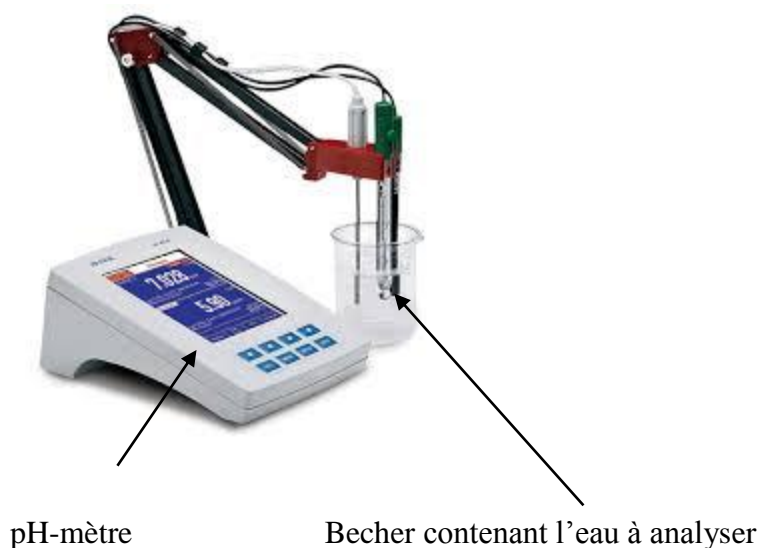
##### ➤ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I

##### ➤ **Mesure du pH**

Le pH doit impérativement mesuré sur le terrain à l'aide de pH-mètre ou colorimètre.

Au laboratoire le pH mesure à l'aide d'un pH-mètre (figure. 11)



*Figure 11: pH mètre*

*Tableau VII: Classification des eaux selon leur pH*

<b>pH</b>	<b>Type d'eau</b>
$\text{pH} < 5$	Eaux naturelles contenant d'acides minéraux ou organiques
$7 < \text{pH} < 8$	La majorité des eaux de surfaces
$5,5 < \text{pH} < 8$	La majorité des eaux souterraines
$\text{pH} > 8$	Eau à forte alcalinité

### 1.1.2. Température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température comme la conductivité.

#### ➤ Mesure de la température

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un conductimètre. On lit directement la température exprimée en degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### 1.1.3. Conductivité

La conductivité d'une eau est sa capacité à conduire plus ou moins bien un courant électrique la traversant.



➤ **Principe**

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon et la chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée pour calculer la conductivité par micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ ).

➤ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I.

➤ **Unité de mesure**

Micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ ).

#### 1.1.4. Minéralisation Solide Totaux Dissous

La minéralisation est en quelque sorte la concentration en sels solubles d'une eau. Il s'agit d'un caractère acquis par l'eau souterraine lors de sa formation jusqu'à l'émergence.

➤ **Principe**

La minéralisation est déterminée par le même principe que la conductivité.

➤ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I.

➤ **Unité de mesure**

Milligramme par litre ( $\text{mg}.\text{L}^{-1}$ ).

La conductivité électrique a été déterminée à l'aide d'un conductimètre électrique (figure. 12) qui permet de mesurer également les solides totaux dissous.



*Figure 12: Conductimètre*

Tableau VIII : Relation entre conductivité et minéralisation des eaux

Conductivité ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	Minéralisation
$C < 0,005$	Eau déminéralisée
$10 < c < 80$	Eau de pluie
$80 < c < 100$	Eau peu déminéralisée
$100 < c < 500$	Eau moyennement minéralisée
$500 < c < 1000$	Eau très minéralisée
$> 30000$	Eau de mer

### 1.1.5. Turbidité

C'est la mesure de la transparence de l'eau qui reflète l'absence des matières non dissoutes.

#### ➤ Principe

L'échantillon d'eau est introduit dans un flacon de mesure normalisé, et la turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre, un genre de photomètre qui mesure et calcule le rapport entre la lumière transmise et la lumière diffusée à  $90^\circ$ . Ce type d'analyse s'appelle aussi néphélométrie.

#### ➤ Fonctionnement du turbidimètre

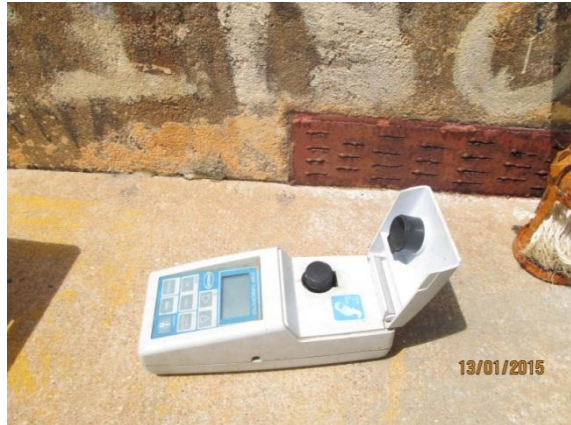
Le fonctionnement du turbidimètre est donné en annexe.

#### ➤ Unité de mesure

NTU (Nephelometry Turbidity Unit)

#### ➤ Mesure de la turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, les pigments .....). Elle se mesure à l'aide d'un turbidimètre (figure12).



*Figure 13: Turbidimètre portable*

*Tableau IX : Relation entre turbidité et aspects de l'eau*

<b>Turbidité</b>	<b>UNITES</b>	<b>ASPECT</b>
$T < 5$	NTU	Eau claire
$5 < T < 30$	NTU	Eau moins trouble
$30 < T < 50$	NTU	Eau légèrement trouble
$50 < T < 200$	NTU	Eau trouble
$T > 200$	NTU	Eau très trouble

L'efficacité de la désinfection dépend de la qualité de l'eau à traiter: pour une bonne efficacité, la turbidité doit être inférieure à 1 NTU.

## **1.2. Analyse chimique**

Les analyses chimiques se particularisent par l'utilisation de divers réactifs chimiques (catalyseur, indicateur coloré,...) et nécessitent des appareils particuliers pour faciliter la lecture des résultats. Ces analyses chimiques ont été catégorisées en deux : analyse colorimétrique et volumétrique (différent de l'autre par l'utilisation d'une solution titrant).

Les matériels utilisés pendant l'analyse chimique sont :

- Bécher** : Récipient pour la réaction au moment du dosage
- Burette** : Pour le titrage ou dosage de l'eau
- Pipette** : Pour mesurer et prélever un volume avec précision
- Eprouvette graduée** : mesure approximative du volume d'un liquide
- Fiole jaugée** : permet de mesurer un volume avec précision

-**Spatule** : permet de prélever un solide en poudre, granulé ou en copeaux de manière éviter le contact direct avec la peau

-**Spectrophotomètre** : permet de mesurer l'absorbance afin de déterminer la concentration d'une solution à une longueur d'onde donnée ou sur une gamme de spectre donnée

-**Agitateur magnétique avec un barreau aimanté** : homogénéiser un mélange de façon automatique

-**Plaque chauffante** source de chaleur pour les analyses et réactions à chaud

### 1.2.1. Méthode volumétrique

#### ➤ Dosage de la dureté totale

La dureté totale ou titre hydrotimétrique de l'eau est égale à la somme de sa dureté calcique et sa dureté magnésienne. Elle présente la teneur en sels de calcium et magnésium.

#### ✓ Principe

On effectue un dosage complexométrique par l'E .D.T.A (acide éthylène diamine tétracétique). L'analyse du calcium et du magnésium est effectuée en complexant le calcium et le magnésium avec l'E .D.T.A, la fin du dosage étant marquée par le virage de l'indicateur.



Bouteille E.D.T.A

Bécher contenant la solution titrée

*Figure 14: Mesure du TH*

### ✓ Mode opératoire

Le mode opératoire est donné en annexe I.

### ✓ Mesure du titre hydrotimétrique total (TH)

Le complexe formé par les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  avec l'E.D.T.A est dosé en présence du Noir d'Eriochrome T (NET) qui vire du rose au bleu.

### ✓ Mesure du titre hydrométrique calcique( $\text{TH}_{\text{Ca}}$ )

Le complexe formé par les ions  $\text{Ca}^{2+}$  avec l'E.D.T.A est dosé en présence de NaOH et quelques cristaux de Patton et Reeder qui vire du rouge vineux au bleu.

### ✓ Mesure du titre hydrométrique magnésienne ( $\text{TH}_{\text{Mg}}$ )

La différence entre le TH totale et le TH calcique correspond à la TH magnésienne.

$$\text{TH} - \text{TH}_{\text{Ca}} = \text{TH}_{\text{Mg}}$$

$$^{\circ}\text{F Ca} = 4 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$^{\circ}\text{F Mg} = 2,45 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$\text{Alors } \text{Ca}^{2+} = \text{TH}_{\text{Ca}} * 4$$

$$\text{Mg}^{2+} = (\text{TH} - \text{TH}_{\text{Ca}}) * 2,43$$

### ➤ Dosage de l'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'ions hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ), de carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et de bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Elle est mesurée par le TAC (titre alcalimétrique complet) et le TA (titre alcalimétrique) pour les eaux à  $\text{pH} > 8,3$ .

Le TAC correspond à la totalité des bicarbonates et de carbonates.

### ✓ Principe

Ces mesures sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

### ✓ Mode opératoire

Le mode opératoire est donné en annexe I.

✓ **Mesure de l'alcalinité d'une eau**

L'alcalinité se mesure à l'aide d'une solution étalon d'acide fort en présence d'indicateur coloré de pH. L'hélianthine pour le TAC, virant du jaune à l'orangé à un pH 4,3.

✓ **Unité de mesure**

Le TAC s'exprime en degré Français (°F) ou en milliéquivalent par litre (méq.L<sup>-1</sup>) avec la correspondance suivante : 1°F=0,2 méq .L<sup>-1</sup> ou 1méq .L<sup>-1</sup>=5°F

1°F correspond à 10 mg de CaCO<sub>3</sub> par litre.

➤ **Dosage des Chlorures Cl<sup>-</sup>**

C'est un atome de chlore chargé d'un électron supplémentaire ; c'est un ion négatif dit halogénure ; un atome de chlore ayant gagné un électron.

Il est aussi produit lors de la dissociation des chlorures d'hydrogène dans l'eau.

✓ **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

✓ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I.

✓ **Unité de mesure**

La quantité de chlorure s'exprime en milligramme par litre (mg.L<sup>-1</sup>).

Ces figures 15 montrent cette explication ci-dessus.



*Figure 15: Dosage des chlorures*

➤ **Dosage des matières organiques (MO) [10]**

Les matières organiques peuvent être présentes dans l'eau en suspension (déchets végétaux) ou sous forme dissoutes (hydrates de carbone, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les solvants chlorés ou les pesticides). Ces éléments proviennent essentiellement de la dégradation de la matière organique présente dans les milieux ou dans les sols lessivés par les pluies (décomposition des plantes et des animaux) ainsi que des composés issus de l'activité humaine. Leur présence dans l'eau favorise aussi l'apparition de mauvais goût.

*Tableau X: Classification des eaux suivant la teneur en matières organiques*

Classe	Eaux très pures	Eaux potables	Eaux suspectes	Eaux mauvaises
Matières organiques (mg.L <sup>-1</sup> )	Moins de 1	1-2	2-4	4

**Relation entre matières organiques et microbes.**

Une teneur élevée en matières organiques favorise toujours une contamination microbienne.

➤ **Principe**

L'eau est portée à l'ébullition en présence d'une solution diluée de permanganate de potassium dont l'excès est donné après 10 minutes exactement d'ébullition.

Voici les figures pour expliquer ces principes.



*Figure 16: Dosage des matières organiques*

### ✓ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I

#### 1.2.2. Méthode colorimétrique

Un dosage colorimétrique est un type de dosage possible lorsqu'une réaction chimique donne des produits colorés dont l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration l'élément à doser.

##### ➤ **Dosage des nitrites\_ ( $\text{NO}_2^-$ )**

Ce sont des composés intermédiaires de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Ils apparaissent lors de la dégradation des substances azotées par des bactéries dans la filtration biologique.

### ✓ **Principe**

La méthode utilisée est celle de la spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Colorimétrie)

En milieu acide (pH : 1,9) la diazotation de l'amino-4 benzène sulfonamide par les nitrites en présence du dichlorhydrate de N – (naphtyl 1) diamino-1,2 éthane donne un complexe rose susceptible d'un dosage colorimétrique à  $\lambda = 540\text{nm}$ .

### ✓ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I.

### ✓ **Expression des résultats**

La lecture à 540 nm donne la concentration en N [ $\text{NO}_2^-$ ]  
 $[\text{NO}_2^-] = \text{N} [\text{NO}_2^-] \times 3,29 \text{ en mg.L}^{-1}$

##### ➤ **Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

Les teneurs naturelles en nitrates dans les eaux souterraines sont généralement, très faibles (moins de  $10 \text{ mg. L}^{-1}$ ) mais la concentration en nitrates augmentent avec l'activité humaine comme l'agriculture, l'industrie, les effluents domestiques et les émissions des produits de combustion.



Les nitrates peuvent être responsables de la méthémoglobinémie chez les nourrissons de moins de 6 mois. Cette maladie résulte de la réaction des nitrites avec l'hémoglobine du sang, empêchant celui-ci de transporter l'oxygène des poumons vers le reste du corps

### ✓ **Principe**

La méthode adoptée est celle de la Spectrophotométrie d'absorption moléculaire. Les nitrates sont réduits en nitrites par du cadmium traité au sulfate de cuivre. Les nitrites produits, donnent avec l'4-aminobenzène sulfamide un composé diazoïque qui couplé avec N-(Naphthyl-1 diamine 1,2éthane donne un complexe rose susceptible d'un dosage colorimétrique à  $\lambda = 540\text{nm}$ .

### ✓ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I.

### ✓ **Expression des résultats**

La lecture à 540 nm donne la concentration en  $\text{N} [\text{NO}_3^-] + \text{N} [\text{NO}_2^-]$

$$[\text{NO}_3^-] = \text{N} [\text{NO}_3^-] \times 4,43 \text{ en mg.L}^{-1}$$

### ➤ **Dosage de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )**

L'azote ammoniacal dans les eaux naturelles peut provenir du lessivage des terres agricoles et des minéraux argileux ainsi que des eaux d'égouts municipaux et industriels. Sa concentration est généralement faible dans l'eau souterraine puisque' il s'absorbe sur les particules du sol et sur l'argile.

### ✓ **Principe**

En milieu alcalin et en présence de catalyseur le nitroprussiate de sodium, l'ion ammonium traité par une solution d'hypochlorite de sodium et de phénol donnent une couleur bleue qu'on mesure par spectrophotométrie.

Toute la verrerie doit être lavée avec une solution d'acide chlorhydrique à 5 %, rincée à l'eau désionisée ou fraîchement distillée

✓ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I.

➤ **Dosage Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

La présence de sulfates dans l'eau souterraine est liée à la nature de l'aquifère.

✓ **Principe**

On utilise une solution de chlorure de Baryum  $\text{BaCl}_2$  à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  pour ce dosage. En milieu aqueux, on a donc des ions  $\text{Ba}^{2+}$  et des ions  $\text{Cl}^-$ . Ces ions  $\text{SO}_4^{2-}$  et les

ions  $\text{Ba}^{2+}$  mis en présence se précipitent pour former du sulfate de baryum  $\text{BaSO}_4$  précipité blanc opaque très peu soluble.

L'équation bilan de la réaction est :  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$

✓ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I.

✓ **Appareil de mesure**

Le spectrophotomètre d'absorption moléculaire est un appareil qui permet la lecture des résultats de nitrates, nitrites, ammonium et sulfates.



*Figure 17: Spectrophotomètre*

➤ **Dosage du Fer Total.**

La présence de fer dans les eaux souterraines est d'origine multiple : le fer sous forme de pyrites ( $\text{FeS}_2$ ), est couramment associé aux roches sédimentaires déposées en milieu réducteur (marnes, argiles) et aux roches métamorphiques.

**Une eau riche en fer** n'entraîne pas de maladies, mais elle est caractérisée par un goût métallique, une couleur rougeâtre et tâche le linge. La corrosion des canalisations en est aussi une de ses conséquences

✓ Principe

En milieu ammoniacal, le réactif dithionite de sodium avec le diméthylglyoxine donne en présence du fer  $\text{Fe}^{2+}$ , un complexe de coloration rose dont l'intensité est fonction croissante de la concentration.



*Figure 18: Dosage du fer total*

✓ Mode opératoire

Le mode opératoire est donné en annexe I.

✓ Expression des résultats

Comparer la couleur de cette solution avec celle des plaquettes étalons à l'aide d'une comparatrice hydrocure. Lire la teneur en fer correspond en  $\text{mg.L}^{-1}$ .

## 2. Analyse bactériologique

### 2.1. Matériels utilisés

Ceux de prélèvement et certains petits matériels.

#### 2.1.1. Les matériels de prélèvement

**Flacons en verre stérile** : servant à prélever l'eau à analyser selon les normes.

➤ **Les petits matériels**

✓ **Tubes à essai sans graduation** : pour incuber les ASR

- ✓ **Portoir pour tube à essai** : afin de tenir le tube en position verticale avant ou pendant l'incubation
- ✓ **Pince stérile** : pour saisir la membrane après filtrations
- ✓ **Bec bunsen** : pour stériliser les matériels d'analyse contre toute contamination
- ✓ **Entonnoir** : pour verser un liquide dans un flacon à col étroit en évitant les pertes
- ✓ **Boîte de pétri** : pour préparer les milieux de culture
- ✓ **Vortex** : pour mélanger le contenu d'un tube à essai
- ✓ **Incubateur** : pour incuber le milieu de culture ensemencé d'eau à analyser à une température bien déterminée
- ✓ **Etuve** : pour stériliser les verreries et pinces
- ✓ **Autoclave** : pour stériliser les milieux de culture, les flacons d'échantillonnage

### 2.1.2. Les milieux de culture

- **Lactose agar** : milieu solide pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et Escherichia-Coli.
- **Slanetz et Bartley** : un milieu solide pour la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau à l'aide d'une membrane filtrante
- **Gélose viande foie** : milieu semi-solide pour la recherche du mode respiratoire des bactéries ainsi que l'isolement en profondeur des bactéries.

Nous avons effectué pendant notre travail la recherche systématique des germes indicateurs de contamination fécale

Pour la JIRAMA quatre (4) types de germes sont à déterminer lors d'une analyse bactériologique à savoir :

- Coliformes totaux
- Escherichia Coli (E .COLI)
- Streptocoques fécaux
- Anaérobies Sulfite-Réducteurs(ASR)
- **Coliformes totaux** : ce sont des bactéries à gram négatif, non sporulées, oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultatives capables de se multiplier en présence de sels biliaires et fermentent le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à une température de 37°C.

Elles sont présentes dans les matières fécales, le sol et les végétaux. Elles indiquent la qualité bactériologique de l'eau et la présence possible de bactéries et de virus pathogènes.

- **Escherichia Coli** : Ce sont des coliformes fécaux qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C, c'est un indicateur plus spécifique d'une contamination fécale.
- **Streptocoques fécaux** : ce sont des bactéries à gram positif, sphérique ou ovoïdes formant des chainettes non sporulées, catalase négative, possèdent l'antigène D cultivant en anaérobiose à 37°C.
- **Anaérobie Sulfite-Reducteur** : c'est une forme de résistance de micro-organisme se développant en anaérobiose à 37°C plus ou moins en 24 heures et ou en 48 heures en gélose viande foie et donnant des colonies typiques réduisant le sulfate de sodium.

*Tableau XI: Analyse des quatre types de germes*

<b>Germes</b>	<b>Couleur milieu</b>	<b>Durée incubation (h)</b>	<b>Température Incubation (°C)</b>	<b>Résultats</b>
Coliformes Totaux	Vert	24	37	Colonie jaune Halo jaune
Escherichia Coli	Vert	24	44	Colonie jaune Halo jaune
Streptocoque Fécaux	Rouge	24-48	37	Colonie rouge Violacée
Anaérobie Sulfito-réducteurs	Jaune (milieu en tube)	24	37	Colonie noire

## **2.2. Méthodes générales de dénombrement**

La méthode de dénombrement se distingue en deux types à savoir :

- Méthodes de dénombrement en milieu solide.
- Méthode par filtration.

### **➤ Principe**

L'échantillon d'eau à analyser est filtré à travers une membrane qui retient les micro-organismes. La membrane est ensuite placée sur un milieu gélosé.

Durant l'incubation, des colonies se forment à la surface de membrane.

\*MF : membrane filtrante de porosité 0,45 µm



*Figure 19: Rampe de filtration*

Entonnoir

\*MF

#### ➤ **Mode opératoire**

Le mode opératoire est donné en annexe I

### 3. Résultats d'analyse et interprétations

Les résultats d'analyses sont résumés dans le tableau N° **XII** ci –après.

*Tableau XII: Résultats d'analyse avant traitement*

Date de prélèvement : 18 janvier 2015.

Date d'analyse : 19 janvier 2015 à 8h-12h ; 20 janvier 2015 à 13h30min-17h

Paramètres	Unités	P1 (en amont)	P2 (au centre)	P3 (en aval)	Normes Malagasy
Température	°C	24,3	24 ,3	24,3	<25
pH		6,30	6,08	6,97	6,5-9,0
Turbidité	NTU	3,69	4,14	3,43	<5
Conductivité	μS.cm <sup>-1</sup>	876	2220	436	<3000
Minéralisation	mg.L <sup>-1</sup>	817	2056	403	<1000
TH	°F	42,7	50,9	7,2	<500
THca	°F	21,9	16,9	3	
TAC	°F	1 ,2	1,2	1,8	
Chlorures(Cl <sup>-</sup> )	mg.L <sup>-1</sup>	160,46	404,7	97,98	<250
Matières organiques	mg.L <sup>-1</sup>	17,6	84	0	2 (en milieu alcalin)
Nitrites(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg.L <sup>-1</sup>	0,00	0,08	0,334	<0,1
Nitrates(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg.L <sup>-1</sup>	0,46	17,82	0,062	<50
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg.L <sup>-1</sup>	0	0	0,031	<0,5
Sulfates(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg.L <sup>-1</sup>	0	0	9,7	<250
Fer total (Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> )	mg.L <sup>-1</sup>	0,10	Trace	1,3	<0 ,3
Coliformes Totaux	UFC/100mL	5 .10 <sup>2</sup>	9.10 <sup>2</sup>	<1	0
Escherichia coli	UFC/100 mL	<1	<1	<1	0
Streptocoques Fécaux	UFC / 100 mL	2 .10 <sup>2</sup>	1.10 <sup>2</sup>	2.10 <sup>2</sup>	0
Anaérobies Sulfito-réducteurs	UFC/100 mL	15	40	In*	0

\*In :Indinombrables



## **Interprétations**

Les prélèvements au niveau des trois puits ont été réalisés en pleine période cyclonique

Selon les résultats d'analyse ci-dessus, les trois puits sont tous contaminés avec un degré différent l'un de l'autre.

**Puits P1 en amont** : il est caractérisé par une teneur en matières organiques très élevée égale  $17,6\text{mg.L}^{-1}$ , c'est une eau de très mauvaise qualité, non consommable. Cette valeur provient de la décomposition des matières animales et végétales générées par les étables à 2m du puits, et les déversements d'eaux usées domestiques à ses environnements immédiats. Sa minéralisation égale  $817\text{ mg.L}^{-1}$  est liée à la teneur en sels de calcium et de magnésium, on peut donc dire que l'une des couches géologiques est une couche calcaire car durant notre enquête aucun amendement du sol par la dolomie n'a été signalé. Sa profondeur de 10 m la rend vulnérable aux sources de pollution, la teneur en chlorures égale  $160,46\text{mg.L}^{-1}$  en fait preuve bien qu'elle soit inférieure à la norme.

Le nombre élevé de coliformes, streptocoques fécaux, ASR confirme que P1 est contaminé. Le passage du cyclone augmentant le débit d'infiltration a accentué le phénomène.

**Puits P2 au centre** : son degré de contamination chimique est plus élevé que P1, la teneur en matières organiques égale  $84\text{ mg.L}^{-1}$  est 5 fois plus grande, les chlorures égale  $404,7\text{mg.L}^{-1}$  et la minéralisation égale  $2056\text{mg.L}^{-1}$  sont 2,5 fois supérieurs, les nitrates égale  $17,82\text{ mg.L}^{-1}$  sont 37 ; fois plus élevés que celui de l'amont.

Ces résultats sont plus ou moins attendus, vu l'état de son environnement immédiat et sa profondeur de 6 m : rejets d'eaux usées s'infiltrant dans le puits, présence d'étables tout autour du puits,

La dureté TH ( $50,9^{\circ}\text{F}$ ) à la limite de la conformité est tributaire du terrain karstique.

Pour l'analyse bactériologique, le grand nombre de coliformes totaux, ASR (Anaérobies Sulfato-Réducteur), streptocoques fécaux, pourrait être expliqué par la présence d'une latrine à moins de 15 m de P2 et sa faible profondeur. En présence de matières nutritives ces bactéries peuvent très facilement se multiplier dans l'eau.

***Puits P3 en aval*** : les paramètres physico -chimiques déterminant la potabilité de l'eau suivent les normes requises à cause de sa profondeur 14 m. Mais il renferme des germes pathogènes comme les streptocoques fécaux et ASR. D'après la norme, l'eau est non potable et impropre à la consommation humaine . L'emplacement du puits en aval est en bas de l'autre latrine à une distance de 6m .

***Pour l'ensemble des puits*** , la nappe souterraine qui les alimente est en contact permanent avec les matières fécales des humains et des bovidés. En outre, l'eau puisée n'est pas du tout préservée (seau de puisage sans couvercle, ustensiles utilisés sales).

En bref, par la suite de la pollution le puits P2 est plus salin par rapport à P1 et P3, et il en est de même pour P1 par rapport à P3. P1 et P3 caractérisés par une forte teneur en matières organiques, et P3 fortement contaminé par les ASR, ne sont pas aptes pour la consommation humaine.

# PARTIE III. SUGGESTIONS D'AMELIORATION ET RECOMMANDATIONS

## CHAPITRE I. DESINFECTION DES EAUX DE PUIITS ET RECOMMANDATIONS

La désinfection est le traitement qui permet de détruire ou éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre de maladies. La désinfection se fait généralement à l'aide des produits chimiques tels que le chlore, le bioxyde de chlore, les chloramines et l'ozone, ou à l'aide de rayonnement ultra-violet.

Le taux de désinfection est déterminé par les essais au laboratoire appelés « **DEMANDE EN CHLORE** ».

**La demande en chlore** est la dose de chlore pouvant être consommée par l'eau pour sa désinfection et pour la destruction des matières organiques

Les matériels utilisés au laboratoire pendant la détermination de la demande en chlore sont :

- 10 récipients (bêchers de 100 mL)
- Pipettes de 1mL ou 2 mL
- Agitateur magnétique avec un barreau aimante
- Balance de précision : pour les pesées
- Comparateur Hydrocure : pour comparer les intensités de couleur.
- Plaquette de chlore libre 0,1 à 2 mg.L<sup>-1</sup> : pour lire la teneur en chlore résiduel.

### 1. Désinfection par hypochlorite de Calcium

L'hypochlorite de calcium ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) est un solide corrosif sous forme de comprimé ou de poudre. Il est composé de sel de calcium et d'acide hypochloreux. Il produit en dissolvant une solution de gaz-chlore( $\text{Cl}_2$ ) dans une solution d'oxyde de calcium( $\text{CaO}$ ) et d'hydroxyde de sodium( $\text{NaOH}$ ).

### ➤ Principe

La méthode consiste à ajouter à un même volume d'eau des doses croissantes d'hypochlorite de calcium. La teneur en chlore résiduel mesuré au bout d'un temps donné (30mn min) permet de déterminer la dose optimale de la désinfection

### ➤ Mode opératoire

Le mode opératoire est donné en annexe

### ➤ Expression des résultats

Le taux de désinfection est tiré de la formule suivante, sachant Q, c, d

$$Q_t = dc$$

$$d = Q_t/c$$

Soient Q : volume de l'échantillon d'eau (en ml)

t : taux de désinfection ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

c : concentration de l'hypochlorite de calcium ( $\text{g.L}^{-1}$ )

d: la dose de l'hypochlorite dans chaque bécher de volume (ml)

On prend un exemple pour le calcul du taux dans le bécher N°1

$Q=100 \text{ ml}$  ;  $c=1 \text{ g.L}^{-1}$  ;

$d = 0,15 \text{ ml}$  ;  $t=1,5 \text{ mg.L}^{-1}$

## 1.1. Demande en chlore du puits en amont

Tableau XIII : Résultats avant désinfection par hypochlorite de Calcium du puits en amont

Bécher N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taux désinfection (mg.L <sup>-1</sup> )	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Prise d' Essai (ml)	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
Chlore résiduel Cl <sub>2</sub> après 30 mn de contact	0,05	0,1	0,2	0,15	0,3	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7

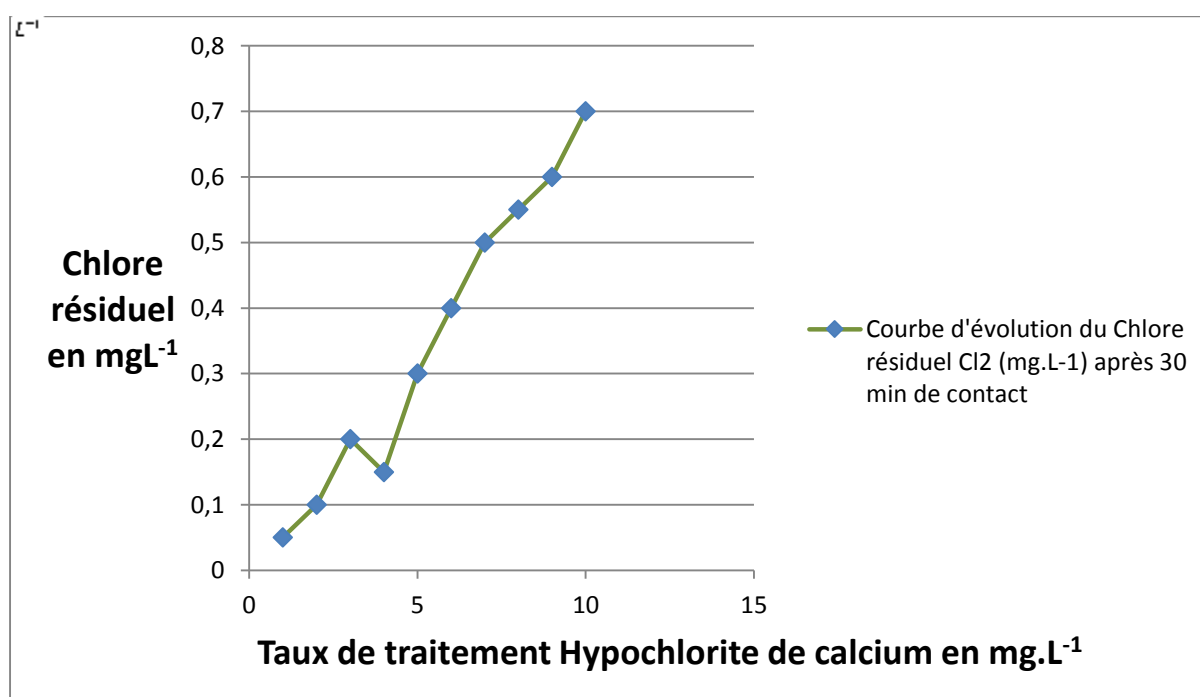


Figure 20: Courbe, d'évolution du chlore résiduel Cl<sub>2</sub> après 30 min de contact sur l'eau de puits P1 en amont

## 1.2. Demande en Chlore du puits au centre

Tableau XIV : Résultats des désinfections par hypochlorite de calcium du puits au centre P2

Bécher N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taux de désinfection (mg.L <sup>-1</sup> )	3	4	5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
Prise d' essai	0,3	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
Chlore résiduel Cl <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> ) après 30 min de contact	0,10	0,15	0,20	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60

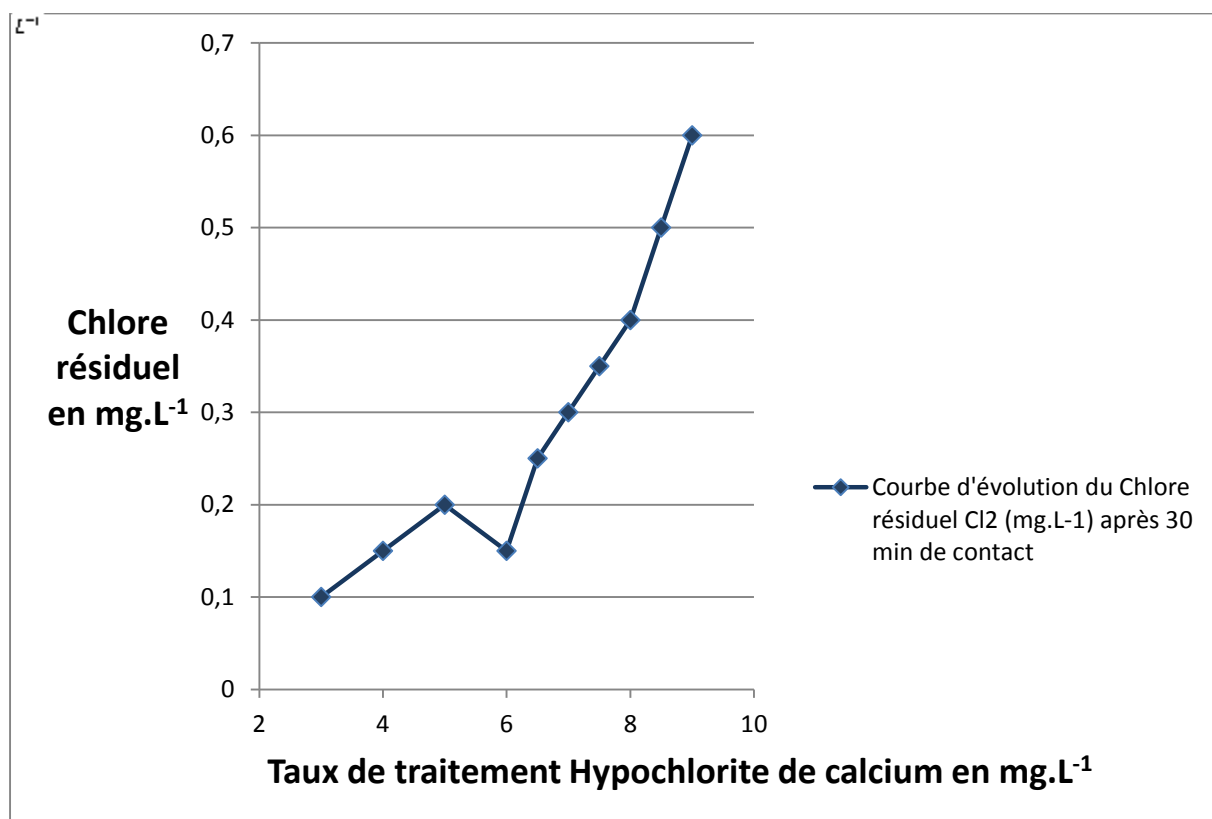


Figure 21: Courbe d'évolution du Chlore résiduel Cl<sub>2</sub> après 30 min de contact sur l'eau de puits P2

### 1.3. Demande en Chlore du puits en aval P3

Tableau XV : Résultats des désinfections par hypochlorite de calcium du puits en aval

Bécher N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taux de désinfection (mg.L <sup>-1</sup> )	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
Prise d' essai (ml)	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,50	0,55
Chlore résiduel cl <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> ) après 30 min de contact	0,2	0,3	0,35	0,20	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1

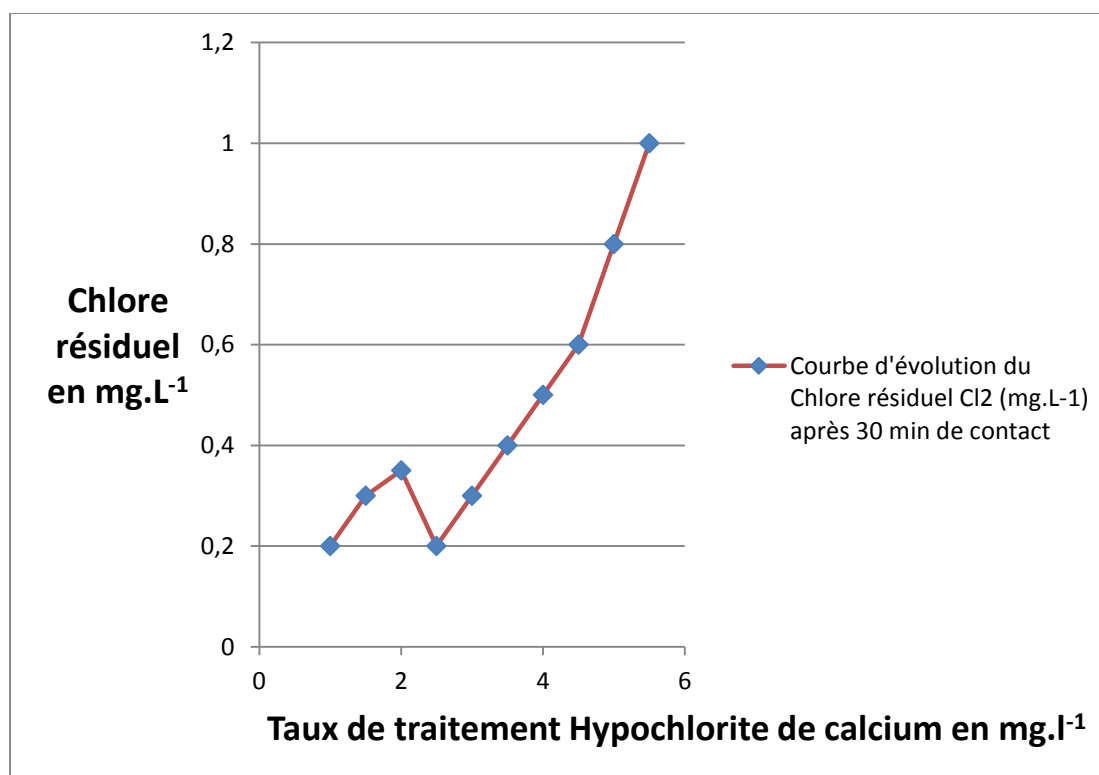


Figure 22: courbe d'évolution du chlore résiduel Cl<sub>2</sub> après 30min de contact sur l'eau de puits P3 en aval

## **Interprétations**

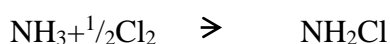
Avec un taux de désinfection entre 1,5-2,5 mg.L<sup>-1</sup> pour le puits P1, 3-5 mg.L<sup>-1</sup> pour P1 et 1-2 mg.L<sup>-1</sup> pour P3, le chlore réagit d'abord avec l'azote ammoniacal et les matières organiques azotées. Il y a formation de monochloramine qui est un chlore résiduel à l'état combiné et dont le pouvoir désinfectant est assez faible. La portion de la courbe décroissante correspond à la destruction des composés organiques et chloramines

Le point minimal est appelé break-point ou point de rupture; La chloration au break-point : c'est l'addition du chlore jusqu'à ce que la demande en chlore soit satisfaite et donne une teneur en chlore résiduel proportionnelle à la quantité ajoutée au-delà du point de remontée.

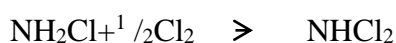
A partir respectivement des taux 3 ; 6 ; et 2,5 mg.L<sup>-1</sup> pour les trois courbes P1, P2, P3 le chlore résiduel est sous forme de chlore libre tel que : HClO ou ClO<sup>-</sup> dans cette zone le chlore libre est proportionnel à la quantité du chlore ajoutée et très efficace pour la désinfection.

En présence d'azote ammoniacal et de substances réductrices les réactions au cours de la désinfection avec du chlore peuvent être décrites comme suit :

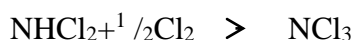
-Formation de monochloramine.



-Formation de dichloramine



-Formation de trichloramine



**\*\***Pour garantir la qualité bactériologique de l'eau en cours de stockage et limiter la formation des sous-produits (THM), les taux de désinfection correspondant à un chlore résiduel de 0,4mg.L<sup>-1</sup> ont été choisis comme optimaux selon le tableau XVI ci - après:

*Tableau XVI: Taux de désinfections optimaux*



<b>Puits étudiés</b>	<b>(P1)</b>	<b>(P2)</b>	<b>(P3)</b>
Taux de désinfection (mg .L <sup>-1</sup> )	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>3,5</b>

### **Commentaires**

Ces taux de désinfection sont plus ou moins attendus, ils concordent bien au fait que (P2) est plus contaminé par rapport à (P1) et (P3).

## **2. Qualité des eaux au niveau P1, P2 et P3 après désinfection**

Pour évaluer les impacts de la désinfection sur la qualité des eaux des puits, des analyses ont été faites sur les eaux tout en tenant compte des taux optimum déterminés précédemment.

Les résultats correspondants sont consignés dans le tableau XVII :

*Tableau XVII: Résultats d'analyse après désinfection par hypochlorite de calcium de puits en amont au centre et en aval*

Paramètres	Unités	P1 (en amont)	P2 (au centre)	P3 (en aval)	Normes Malagasy
Température	°C	26 ,1	24 ,7	24,7	<25
Conductivité	μS .cm <sup>-1</sup>	878	1685	823	<3000
Minéralisation	mg.L <sup>-1</sup>	813	1561	763	<1000
pH		5 ,74	5,46	5,40	6,5-9,0
Turbidité	NTU	4	4,95	3,97	<5
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg.L <sup>-1</sup>	0	0	2,22	<0,1
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg.L <sup>-1</sup>	0,15	16,9	0,01	<50
Matières organiques	mg.L <sup>-1</sup>	1,1	2,6	0	2milieu (alcalin)
Coliforme Totaux	UFC/100 mL	<1	<1	<1	0
Escherichia coli	UFC/100 mL	<1	<1	<1	0
Streptocoques fécaux	UFC/ 100 mL	<1	<1	<1	0
Anaérobies Sulfito- réducteurs	UFC/100 mL	<1	<1	<1	0

## **Interprétation**

Les analyses physico-chimiques de ces échantillons montrent la diminution des valeurs des paramètres presque à la valeur normale, particulièrement pour les matières organiques. Et l'analyse bactériologique a montré que tous les coliformes ont été éliminés. La teneur en matières organiques a diminué jusqu'à 93% pour (P1) et 96 % pour (P2) et 100% pour (P3), suite à leur oxydation par le chlore. En raison de son efficacité, le chlore est le désinfectant le plus utilisé dans le monde. Toutefois, lorsque le chlore est ajouté à une eau à forte teneur en matières organiques des sous-produits peuvent se former comme les trihalométhanes (THM) cancérigènes.

Il est donc fort probable que les eaux de puits désinfectées contiennent du THM, vu leur teneur en matières organiques avant le traitement (17 à 84 mg.L<sup>-1</sup>).

## **3. Recommandations concernant la désinfection**

D'après les analyses, l'eau est impropre à la consommation sans traitement préalable, aussi nous recommandons la désinfection individuelle de l'eau par des solutions techniques les plus simples et réalisables au niveau des ménages à savoir :

Désinfection de l'eau par ébullition pendant 10 à 20 minutes pour éliminer la plupart des pathogènes.

Désinfection par le soleil : exposition de l'eau dans une bouteille en verre ou en PET plastique propre et clair à la lumière du soleil pendant 5 heures (de 11h-16h), la radiation ultra-violette de la lumière du soleil détruit la plupart des pathogènes.

Application du taux de désinfection sachant la capacité du récipient de stockage de l'eau (seau, bidon, fût) suivant la formule suivante :

$$\text{Quantité introduite} = \text{Quantité reçue}$$

Avec :  $\text{Quantité introduite} = \text{Concentration de la solution injecté} \times \text{Volume introduite}$

$\text{Quantité reçue} = \text{Taux de désinfection} \times \text{Volume récipient}$

$$\text{Concentration} \times \text{volume introduite} = \text{Taux de désinfection} \times \text{volume de récipient}$$

$$\Rightarrow \text{Volume} = \frac{\text{Taux de désinfection} \times \text{volume de récipient}}{\text{Concentration de la solution introduite}}$$

Concentration de la solution introduite

-Volume en L

-Concentration en g.L<sup>-1</sup>

-Taux de désinfection en mg.L<sup>-1</sup> ou g.10<sup>-3</sup> .L<sup>-1</sup>

-quantité en g

Pour faciliter l'application de cette méthode par les villageois d'Ambodinonoka, l'utilisation d'un bouchon d'Eau vive, ou d'une cuillère à soupe est recommandée pour mesurer la quantité d'hypochlorite à utiliser. Pour ce faire des étalonnages ont été effectués :

- 1 bouchon d'eau vive d'hypochlorite de calcium équivalent à 7,5 g.
- 1 cuillère à soupe est environ 10 mL.

Les recommandations pour avoir une bonne désinfection de puits par Hypochlorite de calcium est donnée par le tableau suivant :

*Tableau XVIII : Désinfection par hypochlorite de calcium*

Puits	P1		P2		P3	
Taux de désinfection mg.L <sup>-1</sup>	4		8		3 ,5	
Concentration hypochlorite de calcium (mg.L <sup>-1</sup> )	7,5		7,5		7,5	
Volume d'hypochlorite de calcium à introduire	mL	Nombre de cuillère à soupe	mL	Nombre de cuillère à soupe	mL	Nombre de cuillère à soupe
Seau 12 L	6,4	0,6	12 ,8	1,25	5,6	0,5
Seau 15 L	24	2,5	16	1,5	7	0,75
Bidon 20 L	10,6	2	21,33	2,25	9,33	2
Fût de 75 L	40	4	80	8	35	3,5

4-Filtration lente pour réduire la pollution bactérienne : faire passer l'eau lentement au travers d'un lit de sable (de bas en haut, pour cela on superpose des couches de graviers de sable grossier, et de sable de granulométrie de plus en plus fine) : la plupart des pathogènes vont être retenus par la couche supérieure du sable. Le filtre à sable devient efficace à partir de deux semaines d'utilisation, de bons microbes se développent sur les couches de sable, vont tuer les pathogènes et dégrader les matières organiques.

## CHAPITRE II. RECOMMANDATIONS D'AMELIORATION AU NIVEAU DES PUIITS

### 1. Recommandations au niveau de puits

#### 1.1. Modernisation du captage

La modernisation des puits existants est une des solutions pour augmenter la quantité et améliorer la qualité de l'eau. Elle consiste à recouvrir les captages d'un radier, d'un collier, d'un couvercle et d'installer une pompe.

#### 1.2. Mesure de protection [7]

Pour assurer la protection contre la contamination il est indispensable d'implanter le puits le plus loin possible de toutes sources de pollution (fossé, fumier, dépôts d'ordures, canalisation d'eaux usées...) suivant la distance requise dans le tableau XIX.

*Tableau XIX: Délimitation de la zone de protection de puits contre les sources de pollution*

Source de contamination	Distance minimale par rapport au puits (m)
Latrine traditionnelle non étanche	15
Installation d'élevage d'animaux et ouvrage de stockage de déjection	30
Epandage de matières fertilisantes	30
Parcelle en culture	30
Système non étanche de traitement d'eaux usées	30
Système étanche de traitement d'eaux usées	15
Stockage de déjection animale à même le sol dans un champ cultivé	30

Les actions suivantes sont recommandées :

- Construire une clôture autour du point d'eau pour garder les animaux loin de la source
- Il faut mettre un canal de protection contre les eaux de ruissellement
- Balayer autour du point d'eau chaque jour

### ***1.3. Autres recommandations***

En cas d'impossibilité d'application des recommandations ci- dessus, il faut abandonner ces puits surtout le puits P2 pour réduire les risques des maladies liées aux fortes teneurs en matières organiques particulièrement le THM sous-produits de la désinfection par le chlore. Et le lieu de la nouvelle implantation sera choisi conformément aux mesures de protection minimales données dans le tableau XIX ci – dessus.

## **2. Recommandations pour les ménages**

L'aménagement et la protection des puits sont peines perdues si aucune bonne pratique d'utilisation de l'eau potable et d'hygiène n'est appliquée. Aussi pour garder l'eau de boisson propre et éviter sa contamination ultérieure, les actions suivantes s'avèrent nécessaires pour limiter les risques sanitaires

### ***✓ Pendant le puisage et le transport de l'eau :***

- Lavage des mains et nettoyage du récipient avant de puiser l'eau
- Utilisation des récipients propres pour puiser l'eau
- Protection du récipient d'eau pendant le transport avec un couvercle

### ***✓ Au cours de stockage de l'eau :***

- Stockage de l'eau dans un récipient propre et fermé
- Lavage régulier du dit récipient et renouvellement de l'eau chaque 2 ou 3 jours
- Mise en place du récipient en hauteur pour empêcher qu'il soit mouillé en dessous
- Interdiction aux enfants de plonger leurs mains dans le récipient d'eau et de boire directement au récipient

### 3. Recommandations en matière d'assainissement

Sans assainissement adéquat l'hygiène au niveau des ménages est assez précaire, il est donc indispensable :

✓ D'avoir de latrine propre :

-Il est important que chaque maison/parcelle ait de latrine propre

-Dans certains villages, il est primordial de mettre en place des latrines communautaires étanches

Pour ce faire, les latrines sont balayées et la dalle nettoyée une fois par jour, et les mauvaises odeurs sont empêchées par déversement de cendres dans la fosse au moins 1 fois par semaine, et la mise en place d'un système de lavage des mains du genre tippy tap à côté des latrines est préconisée.

✓ D'avoir une fosse pour les déchets (trou à ordures) :

-La fosse est placée en dehors du village

-La fosse n'est pas placée sur une colline, en hauteur, en amont du village

-La fosse est au minimum à 100 mètres des puits

-Le contenu de la fosse est brûlé une fois par semaine.

### 4. Recommandations en matière d'hygiène

Les règles d'hygiène suivantes sont de rigueur pour éviter les maladies fréquentes au niveau du village ;

✓ Pour les maladies de la peau :

-Se laver le corps chaque jour avec de l'eau propre et du savon (pour les enfants aussi)-Laver régulièrement les vêtements et le linge de lit (draps, couvertures) avec du savon, les faire sécher au soleil et si possible les repasser

✓ Pour les infections des yeux :



- Ne pas se toucher les yeux avec des mains sales
- Se laver régulièrement les yeux avec de l'eau propre
- Laver la face d'un enfant au moins une fois par jour pour éviter que les mouches soient attirées et infectent les yeux

✓ Pour le paludisme :

- Utiliser des moustiquaires
- Eviter que l'eau stagne dans les parcelles
- Couper régulièrement les herbes broussailles qui abritent les moustiques et les rats...
- Bruler des feuilles de tomates, de fleurs de palme, et des écorces de manioc autour de la maison, la fumée éloigne les moustiques

✓ Pour la diarrhée :

- Eviter la défécation à l'air libre
- Utiliser de l'eau potable et des ustensiles de cuisine propre: se laver les mains avant de préparer les aliments, faire bouillir l'eau de boisson, protéger la nourriture des mouches, des rats et autres vecteurs dangereux.
- Laver les mains avec du savon ou de cendre après la défécation.

# CONCLUSION

L'eau a une place primordiale sur notre planète ; c'est un élément nécessaire pour l'environnement humain. L'eau provient du cycle de l'eau, et les ressources en eau se présentent sous différentes formes : eau de pluie, eau de surface et eau souterraine. La prise en compte de l'eau, l'assainissement et l'hygiène dans le cadre de l'amélioration de la qualité de vie d'une communauté donnée a été adoptée dans la politique et stratégie de l'Etat pour le développement durable du pays

Le cas des villageois d'Ambodinonoka, fokontany dans la commune Andilanatoby du district d'Ambatondrazaka a été étudié dans ce travail. La situation dans la zone d'étude a été évaluée à partir des enquêtes, des visites sur terrain dans le fokontany d'Ambodinonoka et nous a permis de mettre en évidence la vulnérabilité des sources d'approvisionnement en eau vis à vis des sources de pollution liées à la faible profondeur et emplacement des puits par rapport aux latrines non étanches. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits au niveau du laboratoire de la JIRAMA Mandrozeza Antananarivo ont démontré la forte contamination des eaux par les matières organiques, nitrates, et bactéries d'origine fécale avec un degré différent l'un de l'autre

Dans le cadre de l'amélioration de la qualité des eaux, les essais de désinfection ont permis d'obtenir des eaux conformes aux normes de potabilité malagasy. L'ébullition et la désinfection solaire sont préconisées en cas d'indisponibilité de désinfectant; la modernisation des puits ou la construction de nouveau captage est recommandée en respectant des mesures de protection adéquates.

Des recommandations d'amélioration ont été établies pour garantir la qualité des eaux puisées par adoption des mesures d'hygiène au niveau de chaque ménage depuis le puisage jusqu'à la consommation, protéger les ressources par normalisation des latrines et gestion des déchets domestiques ; et adopter les mesures d'hygiène pour limiter les différentes maladies qui sévissent dans la zone d'étude

Le respect de ces principes par la population progresse certainement la qualité de vie et la santé des villageois, néanmoins la mise en place d'un système d'adduction d'eau potable communautaire est vivement souhaitée pour un meilleur développement du village.

# BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Dominique Moll Gérant, conseiller pour la qualité de l'eau 1999 -2008 Page 2.
- [2] Valeur de l'UNICEF en 2003
- [3] Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie, cf fichier « Eau potable 31décembre 2001 page 2.
- [4] THERON, L'eau. Ny voaary. UERP-MINESEB /WWF. Edition 2000.Antananarivo-Page 81-87 (cycle de l'eau).
- [5] Docteur RALAIMARO Joseph Cours Eau naturelle 2013 formation LISTE 2.
- [6] Equipe technique du RéFEA, Schéma d'un puits Comité Interafricain d'études hydrauliques date non connue livre 2.
- [7] Kassim Coulibaly. Thèse « étude de qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certaines quartiers du district de Bamako »,20 Avril 2005.
- [8] Fokontany Ambodinonoka, Monographie 2014
- [9] Ministère de l'énergie et de mine Décret N° 2003-940 relatif aux périmètres de protection Antananarivo, le 09 septembre 2003.
- [10] DEGREMONT L.MONOD J.-Mémento technique de l'eau, Tome I, 1989
- [11] Monsieur RASOLOMAPIANINA Rado Cours Bactériologie de l'eau 2013 formation LISTE 2.
- [12] Madame RABETOKOTANY Monique Cours Désinfection 2014 formation LISTE 3.

## Webographies

[http:// www .oieau .fr /ReFEA/ fiches / Analyse Eau physico-chimie Pres.Gen.htm](http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEauphysicochimiePresGen.htm)

[http : // www.astsurf.com](http://www.astsurf.com) / luxorien / Sciences...

[http:// fr .Wikipédia .or](http://fr.Wikipédia.or)

# ANNEXES

## ANNEXE. I. MODES OPERATOIRES

### Mesure pH.

- Retire l'électrode de son étui de protection
- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée;
- Plonger l'électrode dans la solution à mesure à une profondeur minimum de quatre Centimètres ;
- Attendre que la valeur soit stable avant la lecture ;
- Rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée avant de faire la mesure suivante.

### Mesure de la Turbidité

- Mettre en marche le turbidimètre en pressant la touche on/off et attendre l'affichage NTU ;
- Remplir une cuvette propre jusqu'au trait (30 ml) avec de l'eau à analyser en évitant la formation de bulle d'air ;
- Tenir la cuvette par le bouchon et l'essuyer avec mouchoir doux sans peluches pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts ;
- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot ;
- Appuyer sur la touche Read ;
- L'affichage indique NTU et clignote durant 8 secondes environ puis le résultat s'affiche en NTU ;
- Lire et noter le résultat affiché ;
- Ouvrir le capot et retirer la cuvette du puits de mesure ;
- Vider la cuvette et la rincer avant la mesure suivante.

### Mesure de la conductivité électrique

- Rincer l'électrode à l'eau distillée ;
- Plonger la cellule dans l'échantillon à analyser ;
- Appuyer sur \_+ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension ;
- Vérifier que ARNG soit affiché si non appuyer sur TC jusqu'à apparition ;

-Vérifier que la température et l'unité Sal soient affichées sinon sur x jusqu'à leur apparition ;

-Appuyer sur la touche x jusqu'à ce que s'affiche Lin, ARNG et lire la valeur de la conductivité en  $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$  ;

### **Détermination du Titre hydrométrique totale (TH)**

-Prélever 100 ml d'eau à analyser ;

-Ajouter 2 ml de tampon TH et quelques gouttes de NET ;

-Doser avec la solution de complexons III (E.D.T.A. N/50) jusqu'au virage du rouge vineux au bleu-vert ;

-Vérifier qu'une goutte de complexons ne produit plus de tache bleu-vert ;

-Expression des résultats

-Si V est le volume de l'E.D.T.A. versé pour une prise d'essai de 100 ml,

-La dureté totale, exprime en  $^{\circ}\text{F} = \text{Vml}$

### **Détermination du Titre hydrométrique calcique (THCa)**

-Prélever 100 ml d'eau à analyser ;

-Ajouter 2 ml de NaOH 3N + quelques cristaux de Patton et Reader ;

-Doser avec la solution de complexons III (E.D.T.A. N/50) jusqu'au virage du rouge vineux au bleu-vert ;

-Expression des résultats

Si V' est le volume de l'E.D.T.A. versé pour une prise d'essai de 100 ml,

La dureté calcique, exprimée en  $^{\circ}\text{F} = \text{V}'\text{ml}$

-La dureté magnésienne est la différence de dureté totale et dureté calcique

$$(\text{TH}_{\text{Mg}} = \text{TH} - \text{TH}_{\text{Ca}})$$

### **Détermination du Titre Alcalimétrique TAC**

-Prélever 100 ml d'eau à analyser ;

-Ajouter 2 gouttes d'hélianthine ;

-Doser avec la solution d'acide sulfurique N/50 ;

-Titrer jusqu'au virage du jaune au jaune orangé;

- Lire le volume V ;
- Expression des résultats.
  - Si V est le volume de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  versé pour une prise d'essai de 100 ml,
  - Le TAC, exprimée en  $^\circ\text{F}=\text{Vml}$

### **Détermination des Chlorures.**

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 5 gouttes de chromate de potassium ;
- Titrer avec le nitrate d'argent (N/10) jusqu'au virage de la coloration jaune au rouge brique ;
- Lire le volume V ;
- Expression des résultats
  - Si V est le volume d'AgNO<sub>3</sub> versé pour une prise d'essai de 100 ml,
  - Le Chlorure, exprimée en  $\text{mg.l}^{-1} = \text{V ml} \times 35,5$

### **Détermination des Matières Organiques**

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
  - Verser 5 ml de NaHCO<sub>3</sub> saturé ;
  - Porter à ébullition ;
  - Ajouter 10 ml de KMnO<sub>4</sub> N/80 et suivre l'oxydation pendant 10 mn ;
  - Refroidir et y ajouter encore 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec 10 ml de Sel de Mohr pour réduire l'excès de KMnO<sub>4</sub> ;
  - Titrer avec KMnO<sub>4</sub> jusqu'à l'apparition de la couleur rose persistante. Soit V<sub>1</sub> le volume de KMnO<sub>4</sub> versé pour l'échantillon ;
  - Recommencer les mêmes opérations avec de l'eau distillée (blanc) et noter V<sub>0</sub> le volume de KMnO<sub>4</sub> versé pour le titrage ;
  - Expression résultat
- $$\text{MO (mg.ml}^{-1}\text{)} = \text{V}_1 - \text{V}_0$$

### **Dosage des Nitrites**

- Prélever 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter une goutte de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pour diminuer le pH jusqu'à 1,9 +/- 0,1
- Refaire les mêmes essais avec de l'eau distillée (blanc)

-Laisser reposer 15 mn ;

-Expression des résultats

-Faire la lecture à 540nm pour avoir en mg/l la concentration en  $[N(NO_2^-)]$  en tenant compte du blanc

La concentration en  $NO_2^-$  en mg/l =  $[N(NO_2^-)] * 3,29$

### **Dosage des Nitrates**

-Prélever 50 ml d'eau à analyser ;

-Ajouter une ou quelques gouttes de NaOH pour avoir pH entre 7 et 9+/- 0,1 ;

-Introduire 1,25 ml de solution tampon concentrée ;

-Préparer aussi en même temps un « blanc » avec de l'eau distillée de la même façon que l'échantillon ;

-Percoler l'échantillon à travers la colonne à cadmium à un débit de 7 à 10 ml.mn-1. Jeter les 25 premiers ml de l'échantillon, récupérer le reste avec 1ml de réactif coloré ;

-Laisser reposer 15 mn ;

-Faire la lecture à 540nm pour avoir en mg/l la concentration en  $[N(NO_2^-)+N(NO_3^-)]$  en tenant compte du blanc ;

La concentration en  $NO_3^-$  en mg/l =  $[N(NO_3^-)] * 4,43$

### **Dosage de l'azote ammoniacal**

-Prélever 50 ml d'eau à analyser ;

-Ajouter 2 ml de solution de phénol alcoolique, 2 ml de solution de nitroprussiate de sodium et 2,5 ml de solution oxydante ;

-Agiter énergiquement et laisser reposer 1 HEURE ;

-Expression des résultats

-La lecture à 640 nm donne directement la concentration en  $(NH_4^+)$  mg.l<sup>-1</sup>=°C

### **Dosage des sulfates**

-Prélever 39 ml d'eau à analyser dans un bécher ;

-Acidifier avec 1 ml HCl 1/10 (Acide Chlorhydrique)

-Ajouter 5ml chlorure de Baryum puis ;

-Agiter énergiquement et laisser reposer 20MN ;

-Expression résultat

-Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm en tenant compte de la valeur lue pour le témoin.

### **Dosage du fer total**

-Prélever 100 ml d'eau ;

-Ajouter 1 jauge de dithionite de sodium. Agiter jusqu'à dissolution du réactif ;

-Ajouter 16 à 20 gouttes (2 ml) de diméthylglyoxime. Agiter ;

-Ajouter encore 16 à 20 gouttes (2ml) d'ammoniaque. Agiter ;

-Expression des résultats

-Utiliser le comparateur en positionnant, d'un côté, une cuve A/B remplie avec l'eau brute, de l'autre, la cuve A/B remplie de solution colorée.

-La lecture des concentrations est effectuée par comparaison de couleur avec une plaquette pour Fer. Pour les concentrations faibles (0,06 à 1 mg.L<sup>-1</sup>), effectuer la lecture au-dessus des cuves. Pour les concentrations fortes (0,3à0, 5 mg .L<sup>-1</sup>), lire en passant la plaquette parallèlement aux cuves.

-Si la coloration rouge est trop intense, diluer la préparation et multiplier les valeurs lues par le coefficient de dilution.

### **Mode opératoire bactériologique**

-Avant tout, Allumez le bec bunsen à l'aide d'une allumette, afin travailler en condition stérile. Pour une meilleure efficacité, la flamme doit être bleu cela produira en zone stérile d'environ 20 cm autour de la flamme ;

-Vous devez impérativement dans cette zone afin d'éviter toute contamination.

Prélever 50 ml d'échantillon ;

-Filtre l'eau à analyser sur la membrane de porosité 0,45 µm ;

-Enlever la membrane sur la rampe de filtration ;

-La mettre dans une boîte de pétrie contenant le milieu de culture spécifique ;

-Laisser incuber dans l'étuve suivant la température et la durée préconisée dans le tableau ci-dessous :



Germes	Tps incubation	Température incubation
Coliformes Totaux	24 h	37°C
Escherichia Coli	24 h	44°C
Streptocoques Fécaux	48h	37°C

-Dénombrer les colonies sur la membrane ;

***Pour l'ASR, la méthode de dénombrement se fait par incorporation en milieu solide.***

**Mode opératoire :**

- Prendre 5 à 10 ml d'eau à analyser dans un tube stérile ;
- Mettre dans un bain marie à 80°C pendant 10 mn pour détruire les formes végétatives ;
- Refroidir à 55 °C ;
- Verser l'eau à analyser dans un tube contenant le milieu Gélosé viande-foie préalablement fondu à 88 °C ;
- Bien homogénéiser l'ensemble mélanger et Incuber à 37 °C pendant 24 h puis 48 h ;
- La présence d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réducteur (ASR) est confirmée par des colonies noires entourées d'un halo noir ;

### **Mode opératoire de la désinfection par l'hypochlorite de calcium.**

- Peser en  $\text{g.L}^{-1}$  l'hypochlorite de calcium (poudre) à l'aide d'une balance de précision.
- Puis, ajouter dans une fiole de 1000ml l'hypochlorite de calcium (poudre) et verser de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
- Mélanger l'hypochlorite de calcium dans une eau distillée à l'aide d'un agitateur magnétique.
- Dans une série de 10 récipients d'un volume donné ;
- Introduire V ml d'eau à désinfecter ;
- Ajouter dans chacun d'eux à l'aide d'une pipette des quantités croissantes d'hypochlorite de calcium  $1 \text{ g.l}^{-1}$  ;
- Agiter et couvrir chaque récipient d'une feuille de papier ;
- Laisser en contact 30 min ;
- Agiter au milieu et à la fin de l'expérience ;
- Mesurer le chlore résiduel dans les 10 béchers avec une plaquette de chlore libre 0,1 à  $2\text{mg.l}^{-1}$  à l'aide d'un comparateur Hydrocure.

## ANNEXE. II. FICHES D'ENQUETES

Anarana :

Fanampiny:

Lahy: ☐ Vavy: ☐

Fokontany:

Kaominina:

Daty : ora :

1-Firy ny isan'ny mponina eto Ambodinonoka?

2-Firy ny velaran-tany?

### FAMATSIANA RANO FISOTRO

3-Loharano ☐ Lava-drano ☐ Renirano ☐

### NY TOETRANY :

4-Taona nanorenana ny lava-drano:

5-Halaliny ny lava-drano.....metatra.

6-Ny sava ivon'ny lava-drano .....metatra.

7-Karazan'ny tany:

8-Lokon'ny tany:

### Tontolo manodidina ny lava-drano.

9-Misy sarony miaro amin'ny loto ve ny lava-drano? Eny ☐ Tsia ☐

10-Inona avy ny manodidina ny lava-drano?

Jaridaina Tranon'omby Lakan-drano

Zozoro

Voly voankazo

kabone

**11-Elanelan'ny:**

Lava-drano sy ny kabone.....metatra.

Lava-drano sy ny tranon'omby.....metatra

Lava-drano sy ny lakan-drano.....metatra

Lava-drano sy ny jaridaina.....metatra

Lava-drano sy ny zozoro.....metara

Lava-drano sy ny voly voankazo.....metatra

**Fangalana rano.**

**12-Iza no mpaka rano?**

Lehilahy ☐

Vehivavy ☐

Zaza ☐

Mpanampy

**13-Inona ny fitaovana angalanareo rano?**

Seau ☐

Daba ☐

Jerrican ☐

Bidon ☐

koveta ☐

Tavoahangy ☐

**Fitehirizana ny rano**

**14-Manangona rano ve nareo?**

Eny ☐

Tsia ☐

**15-Misarona ve izy io?**

Eny ☐

Tsia ☐

**Fampiasana ny rano**

**16-Inona avy ny ampiasainareo rano?**

Ao an-tokantrano ☐

Fambolena ☐

Fiompiana ☐

### **Fahatsapana ny kalitaon'ny rano**

**17-**Ahoana ny fahitanareo ny hatsaran'ny rano.

Mahalana ☐

Antonony ☐

Mankarary ☐

### **Fanadiovana ny rano**

**18-**Mampiasa fanadiovan-drano ve ianareo?

Eny ☐

Tsia ☐

Eny ☐

Ampangotrahana ☐

Sur'eau ☐

Tsihifina ☐

### **Aretina**

**19-**Inona ny aretina matetika mahazo ny olona ato an-tokatranonareo?

Aretin-kibo ☐

Aretin-koditra ☐

Haseporana ☐

Tazo ☐

Areti- maso ☐

### **Fividianana rano**

**20-** Vidina daholo ve ny rano ampiasaina: Fandraisana anjara ihany ☐

Tsy mividy mihitsy ☐

**21-** Misy mpitondra ve? ohatrinona? Lafo ve?

**22-** Raha latakemboka dia ohatrinona?

Isan-taona ☐

Isam-bolana ☐

Isan-kerinandro ☐

### **Fahasalamana, fidiovana ary fotodrafitr'asa**

**23-** Isaky ny inona ianareo no manasa tanana?

Alohan'ny sakafo ☐

aorian'ny mivoaka ☐

aorian'ny mampivoaka zaza ☐

avy miasa ☐

Rehefa mifoha ☐

tsy manasa mihitsy ☐

Hafa:.....

### **Fahadiovan'ny tena**

**24-** Aiza nareo no mandro (midio vatana)

Ao an -trano ☐ Eny an-tsaha ☐

Hafa :.....

### **Latrine (kabone)**

**25-** Inona no ifafanareo rehefa avy mangery?

Ravin-kazo ☐ Rano ☐ Taratasy ☐

Hafa :.....

**26-** Manana kabone ve ianareo?

Eny ☐ Tsia ☐

### **ENY:**

**27-** Anareo manokana ve?

**28-** Aiza no misy azy (lavitra sa akaiky)

**29-** Iza no nanangana azy?

**30-** Nandoa vola ve ianareo?

**31-** Inona ny antony nahatonga anareo nanao io kabone io?

Fahadiovana ☐ fialana @ aretina ☐ teren'ny fanjakana ☐

### **TSIA:**

**32-** Aiza no mangery ?

Eny rehetra eny Pot Kabone iraisana Hafa...

**33-** Inona no antony tsy anaovanareo kabone?

.....

**34-** Dalle (afaka jerenay ve?)

Tany ☐      Biriky ☐      Béton ☐      Hazo ☐      tsy misy ☐

Hafa :.....

Hafa :

**35-** Misy olona hafa ve mampiasa io kabone io?

**36-** Misy firy nareo no mampiasa azy?

**37-** Manary zavatra hafa ao ve nareo?

Fako Rano maloto Taratasy Ravin-kazo Hafa...

### **Vidange latrine ( lavapiringa)**

**38-** Rehefa feno ny kabone dia ataonareo ahona?

Vidange ☐    manao lavaka vaovao ☐      manao kabone vaovao ☐

tsy misy ☐

Tsy fantatra ☐      Hafa.

**39-** Iza no manao vidange? Avy aiza? Mbola manao ve ry zareo hatr@zao?

.....  
.....  
.....

**40-** Ovina ny vidange farany?

**41-** ohatrinona ny vola aloa? Lafo ve sa mora?

.....  
.....  
.....

### **Rano avy nampiasaina sy fako**

**42-** Aiza ny anarinareo rano maloto?

Lava-jezika ☐      Eny antsaha ☐      Eny an-tokontany ☐      Arabe ☐

Kabone ☐      lakandrano ☐

Hafa.

**43-** Manelingelina anareo ve ny rano maloto miangona?

Eny.....

Tsia.....

**44-** Aiza ny anarinareo fako raha ohatra vary masaka, hodin-javatra?

Lava-jezika ☐ Fitoeram-pako ☐ Manao lavaka ☐

Hafa :.....

### **Fahafahana mividy rano**

Privé Publique

**45-** Inona no andrasanareo @ fitsinjarana rano ohatr'izao?

Rano fisotro madio ☐ Rano tsara kalitao ☐ Rano tsy tapatapaka ☐

Rano ho an'ny tena manokana ☐ Fotoana ☐ Fahasalamana ☐

Hafa :.....

**46-** Inona avy no ampiasainareo rano ao antrano?

Vilia ☐ sakafo ☐ Fanadiovana ☐ Hafa :.....

**47-** Tianareo ve raha asina rano isaky ny tokan-trano eto aminareo?

**ENY:**

**48-** Inona no Antony?

Tsy manahirana ☐ Mora tsitsina ☐ Tsy mampiady ☐

Hafa :.....

**49-** Raha misy vidiny io fampidirana rano io dia mety hoatr'inona ny zakanareo?

### **Handoa vola:**

**50-** Aloa indray mandoa ve?

**51-** Vonona handoa facture isam-bolana ve sa inona no mety @nareo?



**Tsy te handoa vola:**

**52-** Inona no antony?

**TSIA:**

**Borne fontaine**

**53-** Tianareo ve raha asiana toerana fividianan-drano aty aminareo?

(tsy miova mihitsy ny vidin-drano na main-tany aza)

**ENY:**

Ohatrinona ny zakanareo? Tsy te handoa vola

**TSIA:**

**54-** Inona ny antony ?

Tsy ilaina mihitsy

Hafa :.....

Nom et prénom : RAHAINGONIRINA Lalaina Nadia

Numéro de téléphone : 0337187524

Nom et Prénom : RAKOTONIRINA Haingombolantiana Narindra

Numéro de téléphone : 0337206268

Rapporteur : Madame Monique RABETOKOTANY

## *Contribution à l'amélioration de quelques sources d'approvisionnement en eau de consommation dans le village d'AMBODINONOKA*

Nombre de pages : 58

Nombre de tableaux : 20

Nombre de figures : 22

## **RESUME**

Les puits traditionnels constituent les principales sources d'approvisionnement en eau de consommation sur le Fokontany d'Ambodinonoka, et l'impact d'une telle situation sur la santé des habitants se manifestent par des maladies de la peau, des yeux et des diarrhées. Ce qui nous a amené à faire des études monographiques, des enquêtes, des analyses physico – chimiques et bactériologiques. Pour mieux analyser les problèmes et d'en déduire des propositions d'amélioration au niveau des trois puits P1, P2, P3 choisis comme référence dans la Fokontany d'Ambodinonoka. Les puits sont fortement contaminés par les matières organiques et des bactéries d'origines fécales suite à leur promiscuité avec les latrines et les étables. Les mesures d'améliorations consistent à désinfecter les eaux des puits avant toute consommation et respecter les taux optimaux de désinfection pour éviter la formation de la trihalométhane (THM), et à protéger les puits contre toutes sources des pollutions. L'abandon des puits est préconisé en cas de non effectivement de la mise en place d'une zone de protection.

Mots clés : Eaux de puits,- contamination – désinfection – protection

## **ABSTRACT**

Traditional wells are the main drinking water supply sources on the Fokontany Ambodinonoka and the impact of this situation on the health of the people manifest themselves in diseases of the skin, eyes and diarrhea. What brought us to monographic studies, surveys, analyzes physical - chemical and bacteriological. To better analyze problems and to deduce proposals for improvements at the three wells P1, P2, P3 chosen as reference in Fokontany of Ambodinonoka. The wells are heavily contaminated with organic matter and bacteria of fecal origin following their promiscuity with latrines and stables. The measures consist of improvements to disinfect water well before consumption and comply with optimal levels of disinfection to prevent the formation of trihalomethanes (THMs), and protect well against all sources of pollution. The abandonment of the wells is recommended when not actually the establishment of a protection zone.

Keywords: well water - contamination - disinfection - protection