

## **SOMMAIRE**

SOMMAIRE .....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
LISTE DES ABREVIATIONS .....	iii
LISTE DES FIGURES .....	iv
LISTE DES TABLEAUX .....	v
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I-GENERALITES.....	2
1-Schéma du cycle de l'eau .....	2
2- Cadre de l'étude .....	3
a- Définitions .....	3
b- Caractérisation du puits .....	3
CHAPITRE II-METHODOLOGIE .....	5
A- ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES .....	5
I- ECHANTILLONAGE .....	5
II- METHODES D'ANALYSES.....	5
B- ANALYSES BACTERIOLOGIQUES .....	20
I- ECHANTILLONAGE .....	20
II- METHODES D'ANALYSES.....	20
C- DEMANDE EN CHLORE .....	21
Chapitre-III-RESULTATS .....	22
INTERPRETATION ET DISCUSSION .....	25
CONCLUSION .....	26
ANNEXE .....	27
RESUME.....	29

## **REMERCIEMENTS**

Les travaux de recherche de ce mémoire, en vue de l'obtention du Diplôme de Licence d'Ingénierie en Sciences et Techniques de l'Eau, ont été réalisés aux Laboratoires d'Analyses de la JIRAMA Mandroseza.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à :

Monsieur Bruno RAZANAMPARANY, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Responsable de la formation LISTE, pour avoir nous accepter comme étudiant au sein du LISTE;

Docteur Andriamanjato RAJAOARISOA, Enseignant à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo d'avoir accepté de présider ce mémoire;

Monsieur Mihasina RABESIAKA, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo pour sa patience, ses conseils, son soutien et sa confiance, dont nous avons bénéficiés à tout moment ;

Madame Monique RABETOKOTANY, Chef Département Qualité Eau de la JIRAMA et Enseignante à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, en tant qu'encadreur professionnel,

Monsieur Jaona RAZAFIMAHATRATRA, Enseignant à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, d'avoir accepté de siéger parmi les membres de jury ;

Monsieur Bruno RAKOTOARIVELONANA HARY, chef de service contrôle qualité physico-chimique eau de la JIRAMA, pour sa collaboration à la réalisation de ce travail, pour son accueil inoubliable et ses conseils ainsi que tous les membres du personnel de la JIRAMA.

Anosfamilles, nos amis et à tous ceux qui ont de près ou de loin participé à la réalisation de ce travail.

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétraacétique

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

pH : Potentiel hydrogène

NTU : NephelometricTurbidity Unit

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

STD : Solides Totaux Dissous

STS: Solides Totaux en Suspension

NET: Noir Eriochrome T

TAC: Titre Alcalimétrique Complet

TA: Titre Alcalimétrique

TH: Titre Hydrotimétrique

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène pendant cinq jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

MO : Matières Organiques

DQO : Département Qualité Eau

JIRAMA : JirosyRano Malagasy

ASR : Anaérobies sulfito-réducteur

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : schéma du cycle de l'eau .....	5
Figure 2 : puits fermé .....	6
Figure 3 : puits ouvert .....	6
Figure 6 : parage de vache .....	7
Figure 7 : un bassin pour leur lessive .....	7
Figure 5 : évacuation d'eaux usées .....	7
Figure 4 : le puits est protégé par une petite cabane .....	7
Figure 8 : turbidimètre .....	8
Figure 9 :appareil multi-paramètre .....	9
Figure 10 : appareil pH-mètre .....	10
Figure 11 : appareil spectrophotomètre programmable DR 2800 .....	11
Figure 11 :incubateur thermostatique .....	12
Figure 12 : spectrophotomètre utilisé .....	17
Figure 13 : appareil de distillation .....	19
Figure 14 : appareil Titrino .....	19
Figure 15 : évaporateur rotatif .....	22
Figure 17 :milieu de culture (avant desinfection) .....	27
Figure 16 :milieu de culture (après desinfection) .....	27

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : facteur de dilution.....	12
Tableau 2 : résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau de puits étudié.....	25
Tableau 3 : résultat des analyses bactériologiques de l'eau brute .....	26
Tableau 4 : grille de la qualité des eaux souterraines.....	26
Tableau 5 : essai de désinfection de l'eau de puits de l'étude.....	27

## **INTRODUCTION**

L'eau est essentielle pour la vie. Cependant, elle peut être une source de maladie si elle est polluée. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 760 000 enfants meurent chaque année des maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson [OMS, 2013]. Une dose assez élevée de certains éléments chimiques très toxiques comme le cyanure peut rendre l'eau vraiment dangereuse.

La pollution de l'eau vient de n'importe où car l'eau parcourt un long cycle. L'eau de pluie peut être polluée dans l'air, en ruisselant et également dans le sous-sol puisqu'elle s'infiltra à travers les sols en amenant des polluants qu'elle croise.

De ce fait, la consommation d'une eau potable, facteur déterminant à la prévention des maladies liées à l'eau, doit bénéficier d'une attention particulière. En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir de substance chimique dangereuse ou de germe nocif pour la santé. C'est pour cette raison qu'il faut connaître la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Ainsi, nous avons caractérisé les qualités physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de puits du Fokontany d'Ambodivondava, Commune Rurale Sabotsy-Namehana, District Avaradrano, afin de connaître les traitements ultérieurs pour rendre l'eau potable et de proposer les recommandations pour la protection de qualité de l'eau du puits.

Les analyses ont été effectuées au sein du Laboratoire de la JIRAMA sis à Mandroseza.

La JIRAMA assure la quasi-totalité du service public d'eau et d'électricité, avec près de 340.000 abonnés dans 114 localités pour l'électricité et près de 145029 abonnés dans 65 centres pour l'eau [JIRAMA, 2012].

La première partie résume le cycle de l'eau et le cadre de l'étude. La méthodologie concernant les analyses physico-chimiques, les analyses bactériologiques et la demande en chlore sera entamée dans la deuxième partie. Les résultats et interprétations termineront cette étude.

## CHAPITRE I-GENERALITES

### 1-Cycle de l'eau

L'eau, élément sous trois formes (liquide, gazeux et solide) parcourt un cycle éternel. Ce cycle est illustré par la figure 1.

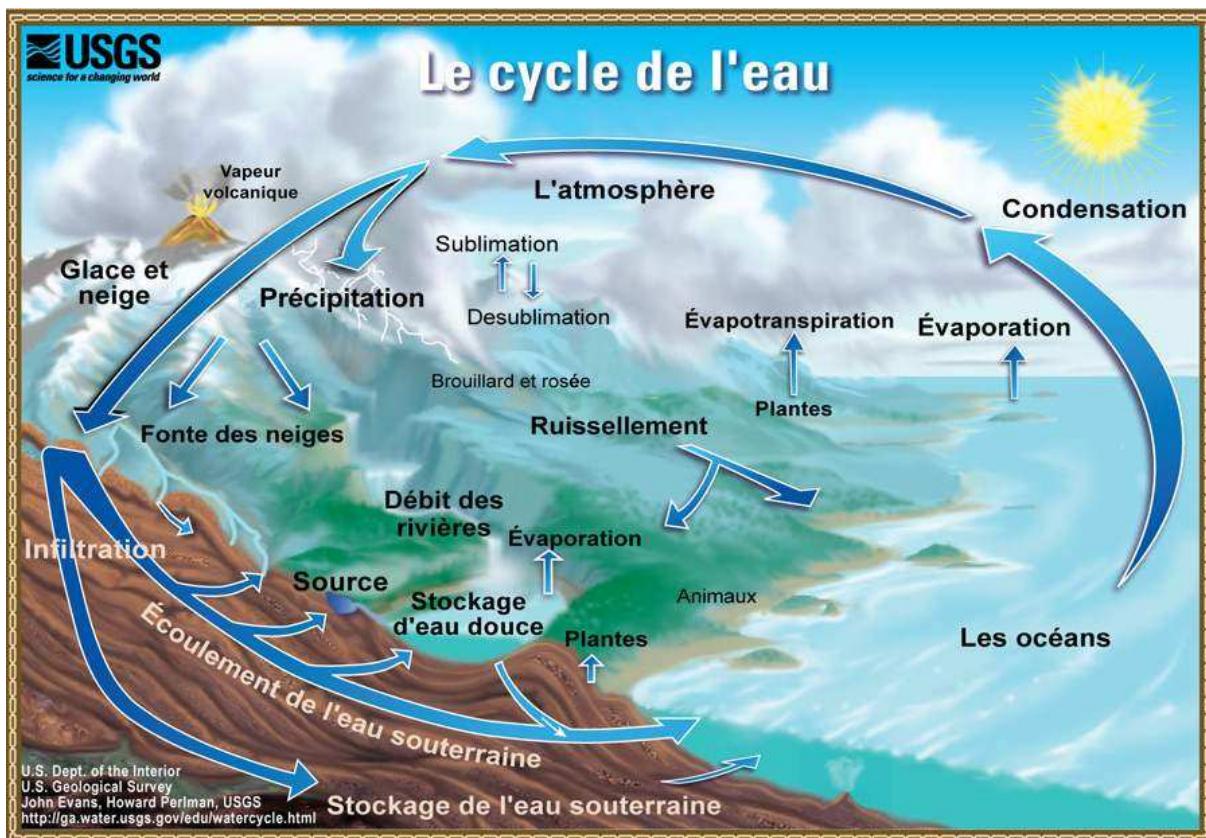


Figure 1 : schéma du cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est le déplacement d'eau sous deux formes principales : liquide et vapeur. L'évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers provoque la formation, dans la haute atmosphère, des nuages qui, par condensation, se transforment en pluie. Une fraction des eaux de pluie ruisselle à la surface du sol et va alimenter les cours d'eau et les lacs, d'où elle est sujette d'une part à l'évaporation et d'autre part, à l'infiltration à travers le sol. Une partie des eaux d'infiltration est prise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère : c'est l'évapotranspiration. L'autre partie s'accumule dans le sous-sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour, peut former des sources émergentes à la surface du sol.

### **2- Cadre de l'étude**

#### **a- Définitions**

##### **Puits ordinaire**

Un puits ordinaire est un simple trou dans le sol de forme carrée ou circulaire, creusé manuellement à l'aide d'une pioche, d'une pelle et de tout autre matériel d'excavation en vue d'exploiter l'eau.

##### **Eau potable**

Une eau potable est une eau destinée à la consommation humaine que l'on peut boire sans risque pour la santé et qui, par traitement ou naturellement, répond à des normes organoleptiques, physico-chimiques, bactériologiques et biologiques.

#### **b- Caractérisation du puits**

Selon une estimation, au cours de son cycle, 25 % de l'eau s'infiltreront dans les nappes phréatiques et les rivières souterraines. On peut ainsi dire que les réservoirs d'eau souterraine sont encore des ressources en eau très intéressantes.

Le puits de l'étude est un puits d'un ménage du Fokontany d'Ambodivondava, Commune Rurale Sabotsy-Namehana, District Avaradrano. Le puits est protégé par une petite cabane (figure 4). C'est un puits ordinaire de 1,50 m de diamètre et d'environ 15 m de profondeur (figure 2 et figure 3). Aux alentours du puits, il y a un bassin pour la lessive (figure 7), un bac à ordure traditionnel, un garage de réparation de voiture (figure 5) et un parage de vache avec des évacuations d'eaux usées (figure 6).



Figure 2 : puits fermé



Figure 3 : puits ouvert

## Caractérisations et traitement d'une eau de puits



Figure 4 : le puits est protégé par une petite cabane



Figure 5 : évacuation d'eaux usées



Figure 6 : parage de vache



Figure 7 : un bassin pour leur lessive

## CHAPITRE II-METHODOLOGIE

### A- ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

#### I- ECHANTILLONAGE

Le prélèvement de l'eau pour les analyses physico-chimiques a été effectué dans le puits d'un ménage d'Ambodivondava. Presque tous les éléments chimiques dans l'eau ont été dosés à savoir les éléments majeurs tel que le chlorure, le nitrite, le magnésium, le sulfate, etc ; et les autres éléments tel que le fer, les matières organiques, le calcium. La température, la turbidité, le pH, ainsi que la conductivité de l'eau ont été également déterminés.

Pendant l'échantillonnage, des flacons plastiques sont suffisants et le volume du prélèvement est de 1,5 litres pour une analyse complète. Il est préférable de faire les analyses des éléments chimiques le plus tôt possible. En effet, les éléments comme les nitrates peuvent subir des modifications lors de la conservation.

#### II- METHODES D'ANALYSES

##### II-1- Paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques sont la saveur, la couleur, l'odeur et la turbidité de l'eau. Ce sont les qualités sensibles de l'eau.

La couleur, après filtration, est due, le plus souvent, à la présence des matières organiques colorées dissoutes ou colloïdales (substances chimiques, métaux ou rejets industriels). Il n'y a pas de relation entre la couleur et la concentration en matières organiques. Elle est mesurée par comparaison à une solution de référence.

La croissance en micro-organismes et la présence de substance organochlorés peuvent provoquer une mauvaise saveur de l'eau.

L'odeur est liée à la présence de substances organiques volatiles ou de certains gaz dans l'eau.

La turbidité provient de la présence de matières en suspension telles que l'argile, le limon, les particules fibreuses, les particules organiques colloïdales, le plancton. En relation avec la mesure des matières en suspension, elle fournit une première indication sur les matières colloïdales d'origine minérale ou organique. La turbidité se mesure à l'aide d'un turbidimètre.



Figure 8 : turbidimètre

### II-2- Paramètres physiques

Les paramètres physiques sont la température, la conductivité et le pH.

#### *II-2-1- Température*

La température de l'eau est un paramètre très important. Elle doit être mesurée. En effet, elle influe sur beaucoup de paramètres comme le pH, la conductivité, l'oxygène dissous, etc. Plus la température de l'eau est élevée, plus la quantité d'oxygène dissous augmente. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

#### *II-2-2- Conductivité*

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet alors de déterminer la quantité des sels minéraux dans l'eau. En outre, la conductivité permet d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

Rappelons que la conductivité est fonction de la température de l'eau. Les mesures doivent être effectuées à 20 °C ou à 25 °C. Un appareil multi-paramètre (figure 9) est utilisé pour la mesure de la température et de la conductivité.



Figure 9 : appareil multi-paramètre

### II-2-3- pH

Le pH ou potentiel hydrogène mesure la concentration en ion H<sup>+</sup> présent dans l'eau. Il traduit ainsi la balance acide/base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre est mesuré par un pH-mètre (figure 10).



Figure 10 : appareil pH-mètre

Pour que les résultats soient fiables, l'appareil doit être étalonné avant utilisation. Le pH-mètre doit être calibré à pH=4, à pH=7 ou à pH=10. Pour la mesure de la conductivité, la calibration doit être effectuée à 1413 µS.

### II-3- Les substances dissoutes dans l'eau

#### - L'oxygène dissous

Pour le bon développement des animaux et des végétaux vivant dans l'eau, un minimum d'oxygène est nécessaire. L'oxygène dissous dans l'eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques. Les animaux et les végétaux l'utilisent pour leur respiration. L'oxygène participe également à la dégradation biochimique et chimique.

La détermination de la concentration en oxygène dissous dans l'eau est simple. Un volume de 10 mL de l'échantillon à analyser est prélevé dans un petit flacon. Ce dernier est placé dans un spectrophotomètre programmable DR 2800 pour donner la valeur de la concentration en mg.L<sup>-1</sup> d'oxygène dissous dans l'eau. Un échantillon standard est utilisé comme référence.

### - La DCO

La DCO ou demande chimique en oxygène d'une eau peut être définie comme la quantité d'oxygène requise pour l'oxydation des matières organiques au moyen d'un réactif chimique. Pour déterminer la concentration en  $\text{mg.L}^{-1}$  de DCO, un volume de 2 mL d'échantillon est versé dans un tube prêt à employer qui contient déjà un mélange de bichromate de potassium, du sulfate de mercure et d'acide sulfurique. Le tube est agité puis placé dans un réacteur qui est préalablement chauffé à 150 °C. Après 2 heures, on le met dans un portoir pour le refroidir. Pour vérifier la contamination, il faut procéder à la préparation d'un échantillon blanc. Pour cela, un volume de 2 mL d'eau distillée est versé dans un autre tube. Le mode opératoire est similaire à celui utilisé pour l'échantillon.

La lecture se fait à l'aide d'un spectrophotomètre programmable DR 2800 pour donner la valeur de la concentration en  $\text{mg.L}^{-1}$  de DCO.



Figure 11 : appareil spectrophotomètre programmable DR 2800

### - La DBO5

La DBO5 ou demande biochimique en oxygène pendant cinq jours est l'un des paramètres spécifiques de l'eau. Elle mesure la quantité de matières organiques biodégradables contenues dans une eau. Cette quantité de matière organique est évaluée par l'intermédiaire de l'oxygène consommé par les micro-organismes impliqués dans les mécanismes d'épuration naturelle. Ce paramètre est exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours pour dégrader les matières organiques biodégradables dans un litre d'eau.

La mesure du DBO5 se fait par méthode manométrique. Un volume V d'échantillon est versé dans un flacon (couleur brune) spécial pour la détermination de la DBO qui contient un barreau magnétique et quelques gouttes de thiosulfate de sodium 2 %. Un godet en caoutchouc est inséré dans le goulot du flacon et deux pastilles de soude sont mises pour piéger le dioxyde de carbone. La bouteille est fermée de façon à avoir une étanchéité totale. La mesure peut être commencée.

## Caractérisations et traitement d'une eau de puits

---

La bouteille est mise par la suite dans un incubateur thermostatique (figure 10) pour maintenir la température à 20 °C pendant cinq jours. Après la période d'incubation, on procède à la lecture de la valeur enregistrée sur le petit écran du goulot.

La valeur obtenue doit être multipliée par un facteur de dilution K (tableau n°1) pour avoir la masse d'oxygène consommé par les micro-organismes.



Figure 11 : incubateur thermostatique

Tableau 1 : facteur de dilution

Volume de l'échantillon (mL)	Valeur de K
432	1
365	2
250	5
164	10
97	20
43,5	50
22,7	10

### - Le STD

Le STD ou solide total dissous représente la concentration totale de substances dissous dans l'eau. Il est constitué de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques que l'on peut rencontrer dans l'eau sont le calcium, le potassium, le sodium, le magnésium qui sont des cations et le nitrate, le bicarbonate, le chlorure et le sulfate qui sont des anions. Notons qu'une faible teneur en STD donne un goût fade.

Ce paramètre est mesuré par un appareil multi-paramètre (figure 9).

### I-4- Mesure des solides totaux en suspension (STS)

Les solides totaux en suspension représentent la quantité de matière fine en suspension dans une eau, soit d'origine naturelle en liaison avec la précipitation, soit produite par les rejets urbains et industriels.

#### Détermination des concentrations en STS

##### Préparation des filtres

Des papiers filtres Wattman de diamètre 47 mm et de porosité 1,2 µm sont lavés au moins pendant 6 heures en les immergant dans un bêcher contenant de l'eau distillée. Après, ils sont mis dans une petite moule en aluminium pour être séchés dans un four à 150 °C pendant une heure. Lorsque le séchage est terminé, les papiers filtres sont mis dans un dessiccateur pendant une heure pour chasser l'humidité. Enfin, ils sont pesés et la masse du filtre vide est noté M<sub>0</sub>. Chaque moule doit être codée pour faciliter l'identification du filtre durant les manipulations.

##### Filtration

Avant toute opération, l'échantillon est homogénéisé en l'agitant. On place un filtre sur une rampe à filtre et un volume V d'échantillon est prélevé. Pour accélérer la filtration, une pompe à vide est utilisée. Lorsque la filtration est terminée, le filtre est mis dans la petite moule. Un autre filtre non conditionné est mis sous celle-ci pour empêcher l'adhérence de ce filtre avec la moule. Le filtre est mis à sécher dans un four à 105 °C. Après une heure de séchage, le filtre est sorti et il est refroidi dans un dessiccateur au moins pendant 30 minutes. Enfin, il est pesé et sa masse est notée M<sub>1</sub>.

La valeur des solides totaux en suspension est calculée par l'équation 1.

$$STS = \left[ \frac{(M_0 - M_1)}{V} \right] \times 1000 \quad \text{Équation 1}$$

Avec :

STS: concentration des solides totaux en suspension dans l'échantillon ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )

$M_0$  : masse du filtre vide (mg),

$M_1$  : masse du filtre et le résidu sec (mg),

V : volume de l'échantillon utilisé (mL).

Si la concentration des solides en suspension est élevée, il y a risque de formation de sédiment et d'écran qui empêchent la pénétration de la lumière qui peut provoquer l'asphyxie des biomasses aquatiques et entraîner la mise en place d'une réserve de pollutions dans les dépôts.

### II-5- La dureté totale d'une eau

La dureté totale d'une eau, appelée également titre hydrotimétrique (TH), représente sa teneur en calcium et en magnésium. Elle est exprimée en degré français ( $^{\circ}\text{F}$ ) qui est équivalent à 4 mg de calcium par litre et 2,4 mg de magnésium par litre. Une eau dure présente des inconvénients d'ordre domestique en raison de la précipitation du calcaire.

Il est nécessaire de filtrer l'échantillon s'il est très salé. La dureté d'une eau est sans conséquence pour la santé humaine. En effet, le calcium et le magnésium sont des constituants majeurs de notre organisme.

#### Principe du dosage

C'est un dosage complémentaire par l'EDTA (Acide Éthylène Diamine Tétraacétique) 0,02 N (qui est équivalent à  $3,723 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ). Pour que le dosage soit parfait, il faut procéder à pH 10 et à  $50^{\circ}\text{C}$ .

Un volume de 100 mL d'échantillon est versé dans un bêcher, puis on y ajoute une solution tampon et quelques gouttes d'indicateur coloré NET ou Noir Eriochrome T. Ce dernier est titré avec l'EDTA. Le virage de l'indicateur coloré est de rose au vert qui indique la fin des réactions de dosage.

#### Calcul et résultat

La dureté totale d'une eau peut être déterminée par l'équation 2.

$$\text{TH} = 10 \times V \quad \text{Equation 2}$$

Où :

TH : Titre Hydrotimétrique ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ),

V : le volume d'EDTA versé (mL).

## **Caractérisations et traitement d'une eau de puits**

---

### **II-6- TA (Titre Alcalimétrique) et TAC (Titre Alcalimétrique Complet)**

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur en alcalis libres et en carbonates alcalins. Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et bicarbonates.

#### **Principe du dosage**

Le principe de l'analyse est basé sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'indicateur coloré.

Avant chaque analyse, il faut que l'échantillon soit homogène. Un volume de 100 mL d'échantillon est prélevé dans un bêcher pour la détermination du TA, et un autre, de même volume, est pris dans un autre bêcher pour la détermination du TAC.

Pour la détermination du TA, 10 à 15 gouttes de phénolphthaléine 1% sont ajoutées dans l'un des bêcher. Si l'eau reste incolore, alors, le TA est égal à zéro.

Pour déterminer le TAC, 10 à 15 gouttes d'hélianthine 1% y sont aussi ajoutées. Une burette est remplie avec de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) N/50. On fait les titrages des solutions avec du  $H_2SO_4$  en agitant constamment jusqu'à obtention du virage jaune à orange pour le dosage du TAC et la décoloration complète de la solution pour le dosage du TA.

Le TA et le TAC sont exprimés en degré Français ( $^{\circ}F$ ).

### **II-7- Matières organiques (MO)**

Les matières organiques sont dégradées par les microorganismes naturels.

L'opération consiste à mesurer, en milieu alcalin, la quantité d'oxygène enlevée (au permanganate) par les matières organiques d'origine animale ou végétale contenues dans l'eau.

Un échantillon de 100 mL doit être homogène. Un volume de 5 mL de  $NaHCO_3$  saturé y est ajouté. Ce dernier est porté à ébullition. Un volume de 10 mL de permanganate de potassium ( $KMnO_4$ ) N/80 y est versé. Ce mélange est porté à ébullition pendant 10 minutes. Puis, on le laisse refroidir. A l'aide d'une pipette, un volume de 5 mL de  $H_2SO_4$  et 10 mL de sulfate ferreux sont versés dans ce mélange.

Le titrage avec du  $KMnO_4$  est effectué jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante. Le volume de  $KMnO_4$  versé lors de ce titrage est noté  $V_1$  (mL). On recommence la même opération avec de l'eau distillée et le volume du  $KMnO_4$  versé pour ce dernier est noté  $V_2$  (mL).

#### **Calcul et résultat**

La quantité des matières organiques d'une eau peut être déterminée par l'équation 3.

$$MO = V_1 - V_2$$

**Equation 3**

Avec :

MO : Matière Organique ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),

$V_1$  : volume du  $\text{KMnO}_4$  versé pour titrer l'échantillon (mL),

$V_2$  : volume du  $\text{KMnO}_4$  versé pour titrer le blanc (mL).

### II-8- Chlorure

Le chlorure est dosé en milieu neutre par une solution titré de nitrate d'argent, en présence de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ). La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge, caractéristique du chromate d'argent.

Les réactifs utilisés sont le chromate de potassium et le nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) N/10.

Un volume de 100 mL d'eau à analyser est mis dans un bécher. Puis, 5 gouttes de chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) y sont ajoutées. Il faut verser, au moyen d'une burette, la solution de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) N/10 jusqu'à apparition d'une teinte rouge brique, qui devrait persister 1 à 3 minutes.

Pour une prise d'essai de 100 mL d'échantillon, un volume  $V$  (mL) est la valeur du nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) N/10 jusqu'à apparition d'une teinte rouge brique.

La concentration en chlorure peut être déterminée par l'équation 4.

$$[\text{Cl}^-] = V \times 35,5 \quad \text{Equation 4}$$

Avec :

$[\text{Cl}^-]$  : concentration en chlorure ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),

$V$  : volume de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) N/10 jusqu'à apparition d'une teinte rouge brique (mL),

35,5 étant masse molaire de chlorure.

### II-9- Dosage des sulfates

On procède à l'analyse colorimétrique. Pour cela, un volume de 0,5 mL d'acide chlorhydrique HCl est ajouté dans 20 mL d'échantillon. Puis, un volume de 2,5 mL de chlorure de baryum ( $\text{BaCl}_2$ ) est versé dans ce dernier. La valeur du sulfate est affichée sur le spectrophotomètre (figure 12).



Figure 12 : spectrophotomètre utilisée

### II-10- Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )

Les réactifs utilisés sont un tampon basique  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (pour diminuer le pH jusqu'à environ 1) et un réactif coloré. L'appareil de mesure utilisé est un spectrophotomètre.

1 goutte de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  est versée dans 50 mL d'échantillon de l'eau à analyser. Ensuite, 1 mL du réactif coloré y est versé. Il faut attendre 10 minutes pour observer le résultat.

On effectue la lecture sur un spectrophotomètre (figure 12).

### II-11- Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates proviennent de la minéralisation de la matière organique, des engrains azotés, des résidus animaux et des eaux domestiques.

1 goutte de soude ( $\text{NaOH}$ ) est versée dans 50 mL d'échantillon. Ensuite, un volume de 1,25 mL de solution concentrée y est ajouté. L'ensemble est réduit au cadmium ; c'est la réduction sur colonne cadmium de façon à avoir 7 à 10 mL par minute. Le premier 25 mL est jeté mais le deuxième 25 mL est recueilli. 1 mL de réactif coloré est versé dans ce dernier. Il va prendre une couleur rose. On procède ainsi à la lecture sur le spectrophotomètre (figure 12) de la dose de nitrate dans l'échantillon.

Les expressions des résultats sont données par l'équation 5.

$$[\text{NO}_3^-] = (\text{Nat-Nit}) \times 4,43 \quad \text{Equation 5}$$

Avec :

[NO<sub>3</sub><sup>-</sup>] : concentration en nitrate (mg.L<sup>-1</sup>),

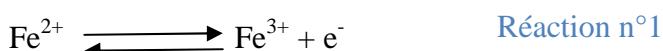
Nat : nitrate,

Nit : nitrite.

### II-12- Fer total

La présence de fer dans les eaux souterraines dépend du sol où il ruisselle. Le fer, sous forme de pyrite (FeS<sub>2</sub>), est couramment associé aux roches sédimentaires déposées en milieu réducteur (marnes, argiles) et aux roches métamorphiques. Il se retrouve souvent à de fortes concentrations dans les eaux des cuirasses d'altération de socle.

Pour la détermination de la concentration en fer total, il faut réduire tous les espèces fer présent dans l'eau en ions ferreux (Fe<sup>2+</sup>) suivant la réaction n°1.



Un volume de 2 mL de sodium dithionite est versé dans 100 mL d'échantillon. Puis 2 mL d'ammoniac 10 %, et 2 mL de diméthyglyoxime 0,5 % (5 g.L<sup>-1</sup>) y sont ajoutés. Si l'eau contient du fer, sa couleur devient rose. Quand l'échantillon contient une forte concentration en fer, cette coloration devient rouge intense. Dans ce cas, il faut diluer l'échantillon, refaire l'expérience et multiplier les valeurs lues par le coefficient de dilution. La lecture des concentrations en fer est effectuée avec une plaque comparative.

### II-13- Analyse des substances indésirables et toxiques

#### *a- Détermination de la concentration en cyanure*

Le terme cyanure est souvent utilisé pour désigner le cyanure de potassium. Les cyanures sont des composés de l'ion CN<sup>-</sup>, formés d'un atome de carbone lié par une triple liaison à un atome d'azote. Les sels de cet ion sont extrêmement toxiques.

La détermination de la concentration en cyanure dans l'eau se fait en deux étapes :

- une distillation avec un acide fort,
- et une titration par titrino.

#### *1<sup>ère</sup> étape : distillation avec un acide fort*

Un volume de 100 mL d'échantillon est versé dans un tube de 350 mL. Un volume de 5 mL de chlorure de Magnésium, puis 10 mL d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sont ajoutés dans ce dernier. Le tube est mis dans une chambre à réaction et on appuie sur le bouton START pour mettre en marche le distillateur. Lorsque la distillation commence, l'échantillon s'évapore et ces vapeurs passent dans un réfrigérant avant d'être récupérée dans une fiole qui contient 10 mL de soude (NaOH 1,25N).

## Caractérisations et traitement d'une eau de puits

---

On obtient ainsi un distillat d'environ 80 mL qui contient du cyanure. La durée de la distillation est de 3 minutes 50 secondes.

Un lavage de 5 minutes à l'eau distillée est nécessaire entre deux distillations successives pour qu'il n'y ait pas contamination.



Figure 13 : appareil de distillation

### 2<sup>ème</sup> étape : titration par titrino

Le titrino est un appareil de dosage volumétrique automatique. Cet appareil est utilisé pour doser le cyanure contenu dans la fiole de récupération. Il est programmé en avance pour que le calcul se fasse automatiquement.



Figure 14 : appareil Titrino

La concentration en cyanure peut être calculée par l'équation 6.

$$[\text{CN}^-] = \text{EP1} \times 0,0104 \times \frac{1000}{\text{COO}} \quad \text{Equation 6}$$

Avec :

$[\text{CN}^-]$  : concentration en cyanure ( $\text{mg.L}^{-1}$ ),

EP1 : volume de l' $\text{AgNO}_3$  versé au point d'équivalence (mL),

COO : prise d'essai (mL).

La solution titrante est le nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) dont la normalité utilisée est donnée par les conditions suivantes :

- si la concentration en cyanure dans l'eau est comprise entre 2 à 10  $\text{mg.L}^{-1}$ , la normalité du nitrate d'argent sera de 0,002  $\text{mol.L}^{-1}$ ,
- si la concentration en cyanure dans l'eau est comprise entre 0,1 à 0,5  $\text{mg.L}^{-1}$ , la normalité du nitrate d'argent sera de 0,0002  $\text{mol.L}^{-1}$ ,
- si la concentration en cyanure dans l'eau est très élevée, la normalité du nitrate d'argent( $\text{AgNO}_3$ ) sera de 0,01  $\text{mol.L}^{-1}$ .

Pour la préparation de la solution de nitrate d'argent, on prépare, dans un premier temps, une solution mère de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,1  $\text{mol.L}^{-1}$  en dissolvant 3,3974 g de nitrate d'argent poudre dans 200 mL d'eau distillée. Dans un second temps, il faut faire une dilution à partir de la solution mère pour avoir la normalité voulue suivant l'équation 7 :

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \quad \text{Equation 7}$$

Avec :

$C_i$  : concentration de la solution mère ( $\text{mol.L}^{-1}$ ),

$V_i$  : volume à diluer (mL),

$C_f$  : concentration voulue ( $\text{mol.L}^{-1}$ ),

$V_f$  : volume final à préparer (mL).

### b- Détermination de la concentration en ammonium

L'ammonium est un cation formé d'un atome d'azote et 4 atomes d'hydrogène, de formule  $\text{NH}_4^+$ . Il est obtenu par protonation de l'ammoniaque suivant la réaction :



Les réactifs utilisés sont le citrate de sodium, l'eau de javel, le phénol et le nitroprussiate.

Un volume de 25 mL d'échantillon est extrait. On mélange 40 mL de citrate de sodium et 10 mL d'eau de javel. Un volume de 2 mL de ce mélange est pris. 1 mL de phénol et puis 1 mL de nitroprussiate y sont ajoutés. Il faut attendre 1 heure pour observer le résultat avant de faire la lecture sur le spectrophotomètre (figure 12).

### II-14-Détermination de la concentration en huiles et graisses

#### Préparation du matériel

Un ballon de récupération doit être lavé et conditionné dans une étuve à 120 °C pendant une heure. Après, on le refroidit dans un dessiccateur pendant 12 heures. La masse du ballon est notée  $M_0$ .

L'extraction des huiles et graisses totaux se fait en deux étapes.

#### 1<sup>ère</sup> étape :

Un volume de 500 mL ou de 1000 mL de l'échantillon est versé dans une ampoule à décanter. Pour faciliter la décantation, le pH doit être inférieur ou égal à 2. Pour cela, 16 gouttes d'acide chlorhydrique y sont ajoutées, suivit d'un ajout de 25 mL d'hexane puis on agite manuellement. La phase aqueuse (phase inférieure) est recueillie dans une bouteille. Ceci ne contient ni d'huile et ni de graisse. La phase organique (phase supérieure) est récupérée dans un ballon de récupération à travers une colonnette contenant du sulfate de sodium. On refait une deuxième fois l'extraction en ajoutant 25 mL d'hexane.

#### 2<sup>ème</sup> étape :

À l'aide d'un évaporateur rotatif, tout en maintenant la température du bain à environ 70 °C, la phase organique est évaporée à sec. Lorsque tout l'hexane s'est évaporé, le ballon est mis dans une étuve à 120 °C pendant une heure puis dans un dessiccateur pendant 12 heures. La masse de ce ballon est notée  $M_1$ .



Figure 15 : évaporateur rotatif

### Expression de résultat

La concentration en huile et graisse, exprimée en milligramme par litre, est calculée à partir de l'équation 8 :

$$HG = \left[ \frac{(M_1 - M_0)}{V} \right] \times 1000 \quad \text{Équation 8}$$

Avec :

HG : la concentration en huile et graisse ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

$M_0$  : la masse du ballon vide (g),

$M_1$  : la masse du ballon après extraction (g).

## **B-ANALYSES BACTERIOLOGIQUES**

### **I- ECHANTILLONAGE**

Les prélèvements de l'eau pour les analyses bactériologiques (l'eau brute et l'eau après traitement), ont été effectués le 13 juin 2013 dans le puits d'un ménage d'Ambodivondava. Nous avons utilisé un flacon stérile muni d'un cordon. Au moment du prélèvement, le flacon est ouvert et il est introduit dans le puits en prenant bien soin de ne pas contaminer l'échantillon. Ensuite, le flacon rempli d'eau est retiré du puits. Le cordon est détaché et le flacon rempli d'eau est refermé dans les conditions aseptiques requises jusqu'au moment de l'analyse bactériologique.

### **II-METHODES D'ANALYSES**

L'eau souterraine peut contenir des microorganismes pathogènes, agents d'infection humaine redoutable. Toute eau destinée à la consommation humaine doit être exemptée germe pathogène.

Il y a 4 types de germes pathogènes et indicateurs de pollution fécale :

- Coliformes totaux,
- Streptocoques fécaux,
- Escherichia Coli,
- Anaérobies sulfito-réducteur.

#### **1- Coliformes totaux et fécaux:**

Les coliformes sont des indicateurs présomptions de contamination fécale.

Pour les analyses des coliformes totaux et fécaux, il faut utiliser la méthode de filtration par membrane basée sur la numération des coliformes présents dans l'eau. Elle consiste à filtrer un volume de 100 mL d'échantillon à travers une membrane (porosité de 0,45µm). Après filtration, on place la membrane, face, vers le haut, dans une boite de Pétri. La membrane est mise dans un incubateur à 37 °C, pendant 24 heures pour les coliformes totaux et 48 heures pour les coliformes fécaux. Ainsi, on dénombre les colonies qui se développent à la surface des membranes. Les coliformes sont différenciés par la couleur des colonies. En effet, les coliformes totaux ont des colonies jaunes et les coliformes fécaux ont des colonies halo jaune. Ainsi, on peut dénombrer les colonies qui se développent à la surface des membranes.

### 2- Escherichia Coli (E Coli) :

Escherichia coli est l'organisme véritable indicateur de contamination fécale dans l'eau. Pour dénombrer l'Escherichia Coli dans l'eau, on pratique également la méthode par filtration sur membrane. La méthode est comme celle des coliformes totaux, sauf que la température d'incubation est de 44 °C. Pour le comptage des coliformes sur la membrane, les colonies rouges métalliques représentent E coli.

### 3- Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) :

Les anaérobies sulfito-réducteurs (clostridium) sont présentes dans les matières fécales humaines et animales, ainsi que dans les eaux usées et le sol. À la différence des Escherichia coli et des autres organismes coliformes, elles survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes que les formes végétatives sous l'action des facteurs chimiques et physiques. Elles peuvent même résister à la chloration dans les proportions habituellement utilisées pour le traitement des eaux.

Pour la méthode d'analyse de l'ASR, un volume de 20 mL d'échantillon est versé dans un milieu de culture approprié à l'état liquide qui est déjà près dans un tube. Ce dernier est agité pendant une minute dans le but de bien homogénéiser le milieu et l'échantillon. Le tube est par la suite mis dans un incubateur pendant 24 heures à 37 °C. Dans le milieu de culture, les anaérobies sulfito-réducteurs sont différenciés par leur couleur.

## C- DEMANDE EN CHLORE

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

Pour la demande en chlore, on prépare 10 bêchers qui contiennent 100 mL d'échantillon d'eau à désinfecter. Une solution d'hypochlorite de calcium ( $\text{Ca(ClO)}_2$ ) 1 g.L<sup>-1</sup> à dose croissante y sont versés.

La teneur optimale en chlore correspond à la teneur en chlore résiduel désiré pour assurer la désinfection

Pour mesurer le chlore résiduel libre ( $\text{Cl}_2$  libre) dans chaque bêcher, il faut y verser 3 à 4 gouttes d'orthotolidine. S'il y a du chlore libre, la couleur devient jaune et la lecture des concentrations en chlore libre est effectuée avec une plaquette comparative. Le tableau 3 illustre l'essai de désinfection (demande en chlore) de l'eau à étudiée.

## **CHAPITRE-III-RESULTATS**

Les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau de puits du Fokontany d'Ambodivondava, Commune Rurale Sabotsy-Namehana, District Avaradrano sont présentés dans le tableau 2.

**Tableau 2 : résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau de puits étudié**

Date de prélèvement	27 mars 2013	RESULTATS	NORME DE POTABILITE MALAGASY (MAXIMA ADMISSIBLE)
Date d'analyse	27 mars 2013		
PARAMETRES	UNITES		
Température	°C	22,1	<25
pH		5,32	6,5 - 9,0
Conductivité	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	69,7	<3000
STD		58	1000
Turbidité	NTU	3,03	<5
Titre hydrotimétrique TH	°F	1,8	500
Titre hydrotimétrique calcique TH <sub>Ca</sub>	°F	0,7	
Calcium (ANNEXE II)	$\text{mg.L}^{-1}$	2,8	200
Magnésium (ANNEXE II)	$\text{mg.L}^{-1}$	2,73	50
TAC	°F	0,5	
Bicarbonate	$\text{mg.L}^{-1}$	6,3	
Matières organiques MO	$\text{mg.L}^{-1}$	1,5	2 (milieu alcalin)
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	0,184	0,5
Fer total	$\text{mg.L}^{-1}$	0	0,5
Chlorures Cl <sup>-</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	5,325	250
Chlore libre résiduel Cl <sub>2</sub>	$\text{mg.L}^{-1}$	0	0,5-0,6
Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	0,018	0,1
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	0	50
Sulfates SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	0	250

D'après le tableau 2, l'eau de puits suit la norme de potabilité malgache à l'exception du pH. Compte tenu de l'environnement du puits à étudier, une analyse bactériologique a été effectuée pour mettre en évidence son degré de contamination bactérienne.

## Caractérisations et traitement d'une eau de puits

Les prélèvements de l'eau pour les analyses bactériologiques (pour l'eau brute et pour l'eau traitée avec l'hypochlorite de calcium), ont été effectués le 13 juin 2013 dans le même puits. Le résultat des analyses bactériologiques sont donnés dans le tableau 3.

Tableau 3 : résultat des analyses bactériologiques de l'eau brute

Date d'analyse : 13 juin 2013

GERMES PATHOGENES ET INDICATEURS DE POLLUTION FÉCALE	RESULTATS	NORME (MALAGASY)
Coliformes totaux	250	0 dans 100 mL
Coliformes fécaux	200	0 dans 100 mL
Escherichia Coli	40	0 dans 100 mL
Anaérobies sulfito-réducteurs	Indénombrable	<2 dans 100 mL

Le tableau 3 montre une contamination bactérienne assez élevée de l'eau brute.

Pour évaluer la qualité de l'eau étudiée, la grille de la qualité des eaux souterraines du tableau 4 a été considérée comme référence.

Tableau 4 : grille de la qualité des eaux souterraines

CLASSE DE QUALITE PARAMETRES	UNITES	Excellent	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très
						Mauvaise
PHYSICO-CHIMIQUES						
1 Conductivité à 20°C	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	<400	400 - 1300	1300 - 2700	2700 - 3000	>3000
2 Chlorures	$\text{mg.L}^{-1}$	<200	200 - 300	300 - 750	750 - 1000	>1000
3 Nitrates	$\text{mg.L}^{-1}$	<5	5 - 25	25 - 50	50 - 100	>100
4 Ammonium	$\text{mg.L}^{-1}$	<=0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 2	2 - 8	>8
5 Oxydabilité au KMnO4	$\text{mg.L}^{-1}$	<=2	2 - 5	3 - 5	5 - 8	
BACTERIOLOGIQUE						
6 Coliformes fécaux	$\text{mg.L}^{-1}$	<=20	20 - 2000	2000 - 20000	>20000	

D'après le tableau 4, du point de vue bactériologique, l'eau étudiée est de bonne qualité. Du point de vue physico-chimique, elle est d'excellente qualité.

## Caractérisations et traitement d'une eau de puits

Compte tenu de la norme de potabilité bactériologique du tableau 3, la désinfection de l'eau s'avère nécessaire. Pour ce faire, une demande en chlore a été effectuée pour déterminer la teneur optimale du désinfectant (chlore) en vue de rendre cette eau potable. Les résultats sont reportés dans le tableau 5.

Tableau 5 : essai de désinfection de l'eau de puits étudié

BECHER N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taux de Ca(ClO) <sub>2</sub> en mg.L <sup>-1</sup>	1,5	1,75	2	2,25	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Taux de Ca(ClO) <sub>2</sub> mL (pour 100 mL)	0,150	0,175	0,20	0,225	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Cl <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> ) après 30 minutes	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8

Comme il s'agit d'une AEP (Adduction d'Eau Potable) individuelle et non communautaire avec un réseau de distribution, la teneur en chlore résiduel ( $0,6 \text{ mg.L}^{-1}$ ) suffit pour assurer la qualité bactériologique de l'eau, ce qui correspond au taux de désinfection de  $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$  ou de  $2,5 \text{ g.m}^{-3}$ . Les résultats des analyses bactériologiques sont donnés aux figure 16 et figure 17.



Figure 16 : milieu de culture (avant traitement)

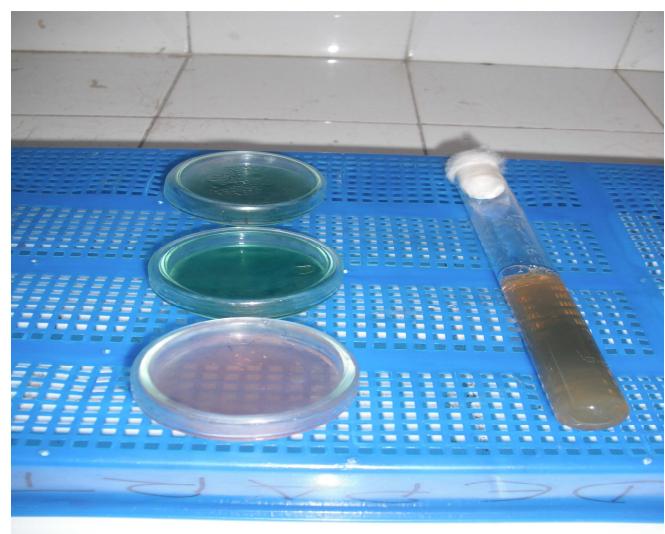


Figure 17 : milieu de culture (après traitement)

Ces résultats montrent l'absence de bactérie après traitement.

## **INTERPRETATION ET DISCUSSION**

Au vu des résultats obtenus précédemment, la qualité physico-chimique de l'eau de puits est excellente. La majorité des paramètres sont conformes à la norme de potabilité exigée par l'OMS, à l'exception du pH. La valeur du pH assez faible est spécifique des eaux souterraines et/ou lié éventuellement à l'activité bactérienne dans l'eau.

Par contre, du point de vue bactériologique, l'eau brute est fortement contaminée des germes pathogènes et des indicateurs de pollution fécale en particulier par les anaérobies sulfito-réducteurs. Cette contamination est due à la présence de bassin pour la lessive, du garage de réparation de voiture, parage de vache et au bac à ordure).

La désinfection de l'eau par l'hypochlorite de calcium a permis d'éliminer toutes les bactéries, ce qui assure sa potabilité et la sécurité sanitaire des utilisateurs.

Toutefois, le nombre élevé des anaérobies sulfito-réducteurs impose l'instauration de la zone de protection du puits. Ainsi, des réglementations efficaces et des précautions doivent être prises pour éviter la contamination de l'eau dans le réservoir à savoir :

- la protection du puits, c'est-à-dire, le propriétaire doit s'assurer que le puits reste fermé,
- le bon fonctionnement des canaux d'évacuation des eaux usées,
- la désinfection permanente de l'eau. Par exemple, pour désinfecter 200 L d'eau de puits, il faut verser un volume de 12,7 mL (équivalent à une cuillère à soupe et une cuillère à café d'eau de javel commercial 12°), en respectant 30 minutes du temps de contact (ANNEXE 1),
- la réalisation d'un test physico-chimique tous les trois ans pour le suivi de l'évolution de la qualité,
- la mise en écart des animaux domestiques,
- l'emplacement du bac à ordure (10 m du puits),
- La mise en place d'un système de traitement d'eaux usées qui doit être situé à plus de 30 m du puits.

## **CONCLUSION**

Notre travail avait pour objectif d'analyser les paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de puits située dans le Fokotany d'Ambodivondava, district Sabotsy-Namehena. La connaissance de ces paramètres est indispensable car l'eau peut contenir des substances chimiques et des bactéries qui peuvent être dangereuses pour la santé. Plusieurs enfants meurent encore chaque année des maladies dues à la contamination des aliments ou de l'eau qu'ils boivent. A Madagascar, certains utilisateurs de l'eau de puits ne se préoccupent pas de la qualité de l'eau de boisson. Pourtant, l'eau de puits n'est forcément pas potable. Plusieurs paramètres ont alors été étudié, à savoir les paramètres organoleptiques (la saveur, la couleur, l'odeur et la turbidité), les paramètres physiques (la température, le pH et la conductivité), les paramètres chimiques (le nitrate, le fer, le magnésium, le calcium, les bicarbonates, les matières organiques, les ammoniums, les nitrites, les nitrates, les sulfates et les chlorures), les germes pathogènes et les indicateurs de pollution fécale (les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les Escherichia Coli et les anaérobies sulfito-réducteurs).

Les résultats ont montré que le pH de l'eau étudiée est faible. Ce résultat est prévisible, car c'est une caractéristique spécifique d'une eau souterraine. Nous avons également montré que cette eau présente une forte contamination bactérienne à cause de l'environnement du puits pollué par les ordures ménagères, les eaux usées provenant du nettoyage ménager, les matières fécales des animaux d'élevage et les puisards qui coulent ou forment des flaques stagnantes autour du puits et dans les canaux bouchés. On peut constater que cette eau est fortement polluée par les anaérobies sulfito-réducteurs qui survivent dans l'eau pendant longtemps.

On peut ainsi conclure que l'eau de puits est de bonne qualité du point de vue physico-chimique, mais elle est dangereuse du point de vue bactériologique. Elle n'est donc pas potable. Ainsi, la désinfection de l'eau a été menée en étudiant le taux de traitement suffisant pour améliorer la qualité bactériologique de l'eau. Cette désinfection a permis de rendre cette eau de puits potable.

Nous espérons que les résultats et recommandations issus de ce travail aideront les individus utilisant une eau de puits à mieux protéger le puits en vue de réduire les incidences des maladies liées à l'eau. La sensibilisation des utilisateurs à traiter l'eau de puits par un désinfectant sera conseillée incessamment.

## **ANNEXE I : CAS PRATIQUE POUR LA DESINFECTION DE L'EAU ETUDIEE**

Le taux de désinfection nécessaire est de 2,5 g.m<sup>-3</sup>.

Pour traiter un volume de 200 mL de cette eau, la quantité du désinfectant doit être égale à 0,5 g.

Sur le plan commercial, on peut utiliser l'eau de javel (12 °), c'est-à-dire 39,24 g de chlore par litre.

1 L d'eau de javel → 39,24 g de chlore actif

? L d'eau de javel → 0,5 g de chlore actif

Ainsi, il faut verser un volume de 12,7 mL d'eau de javel (12 °) pour traiter 200 L d'eau du puits.

## **ANNEXE II : CALCUL DES CONCENTRATION EN CALCIUM, EN MAGNESIUM ET EN BICARBONATE A PARTIR DU TH, TH<sub>Ca</sub> ET DU TAC**

Calcium :

$$[\text{Ca}] = \text{TH}_{\text{Ca}} \times \frac{M(\text{Ca})}{2} \times \frac{1}{5}$$

Avec :

[Ca] : concentration en calcium,

TH<sub>Ca</sub> : titre hydrotimétrique calcique,

M(Ca) : masse molaire de calcium.

Magnésium :

$$[\text{Mg}] = \text{TH}_{\text{Mg}} \times \frac{M(\text{Mg})}{2} \times \frac{1}{5}$$

Avec :

[Mg] : concentration en magnésium,

TH<sub>Mg</sub> : hydrotimétrique en magnésium,

M(Mg) : masse molaire de magnésium

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

Bicarbonate HCO<sup>3</sup> :

$$[\text{HCO}^3] = \text{TAC} \times \frac{M(\text{bicarbonate})}{1} \times \frac{1}{5}$$

Avec :

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

M(bicarbonate) : masse molaire du bicarbonate = 63 g.mol<sup>-1</sup>

1 °F =  $\frac{1}{5}$  milliéquivalent

## **RESUME**

Cette étude avait pour objectif, d'analyser les paramètres physico-chimiques et bactériologiques et de déterminer le traitement adéquat pour la potabilisation d'une eau de puits située dans le Fokontany d'Ambodivondava, Commune Rurale Sabotsy-Namehana, District Avaradrano.

L'étude est divisée en trois parties. La première partie concerne la généralité. La deuxième partie concerne la partie expérimentale dans laquelle tous les paramètres requis dans la norme de potabilité malgache ont été étudiés. Les résultats et interprétations sont présentés dans la troisième partie.

Les résultats montrent que l'eau est d'excellente qualité du point de vue physico-chimique, mais elle est contaminée par les germes pathogènes et indicateurs de pollution fécale. L'eau étudiée n'est donc pas potable. Vu que la contamination bactérienne est assez élevée dans l'eau, alors un traitement par un désinfectant était réalisé. L'essai de désinfection a été effectué. La désinfection a permis de rendre l'eau potable.

**Mot clé :** eau de puits, analyses physico-chimiques et bactériologiques, pollution, Sabotsy-Namehana, désinfection.