



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
FACULTE DES SCIENCES
DOMAINE SCIENCES ET TECHNOLOGIES
MENTION CHIMIE



Parcours **I**ngénierie en **S**ciences et **T**echniques de l'**E**au

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME DE LICENCE D'INGENIERIE EN
SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'EAU

*Impact des facteurs environnementaux sur la
Qualité microbiologique des eaux de trois puits du quartier
Amboimitsara Ambohimangakely*

Présenté par : Mr RASAMITAHANTSOA Judicaël Steven's Anthony
Mr ANDRIAMAMONJISOLOFO Aina Ambinintsoa Lucas

Le *30 Janvier 2018* devant la commission d'examen composé de :

Président du jury : Mr RABESIAKA Mihasina, Professeur à la Faculté des
Sciences de l'Université d'Antananarivo

Examinateur : Mr RAVELONA Andry Judicaël, Assistant d'ESR à la Faculté des
Sciences de l'Université d'Antananarivo

Encadrant : Mr RASOLOMAMPIANINA Rado, Directeur de Recherches Associé
au Centre National de Recherches sur l'Environnement



Année universitaire : 2016 - 2017

REMERCIEMENTS

En préambule à ce mémoire, nous souhaitons adresser ici nos remerciements à Dieu tout puissant pour sa grâce éternelle.

Avant toutes choses, nous tenons à remercier Monsieur RAZANAMPARANY Bruno, Professeur et Responsable de la Formation, grâce à qui cette formation en Licence d'Ingénierie en Sciences et Techniques de l'Eau aura répondu à toutes nos attentes. Nous souhaitons que de nombreux autres élèves de la L.I.S.T.E aient la chance, comme nous, de découvrir à quel point le domaine de l'eau est infiniment large et intéressant.

Nos remerciements s'adressent maintenant à :

- Monsieur RABESIAKA Mihasina, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, pour l'honneur qu'il nous fait de présider le jury de notre mémoire ;
- Monsieur RAVELONA Andry Judicaël, Assistant d'ESR à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, pour avoir accepté de juger ce travail ;
- Monsieur RASOLOMAMPIANINA Rado, Directeur de Recherches Associé et Chef de Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement au CNRE, pour son accueil, ses enseignements, sa collaboration, son encadrement tout au long de l'élaboration de ce mémoire et pour nous avoir proposé ce sujet ;
- Monsieur RAMANANKIERANA Heriniaina, Directeur du Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE) pour nous avoir accueillis et permis de réaliser notre stage au sein du Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE) ;
- Madame ANDRIAMBELOSON Onja, chercheur au CNRE, de nous avoir accueillis, pour l'aide et le temps précieux qu'elle nous a accordés.

Nous tenons à témoigner notre gratitude à :

- Madame RAZAFIMAMONJY Huguette Nirina de son aide à l'accomplissement de notre travail sur le terrain ;
- Monsieur RANAIVOARISON Ludger Aimé, Chef du Fokontany d'Ambohimangakely de nous avoir reçus dans sa subdivision administrative et pour les renseignements qu'il nous a donnés généreusement ;

- **Nos enseignants depuis notre première année jusqu'à notre troisième année à qui nous devons tous nos connaissances et nos savoir-faire dans le domaine de l'eau.**

Enfin nous exprimons notre reconnaissance envers tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cet ouvrage en particulier nos chers parents pour notre éducation, leur patience, leur soutien, leur sacrifice.

Table des matières

<u>Glossaires</u>	I
<u>Liste des abréviations</u>	II
<u>Liste des figures</u>	III
<u>Liste des tableaux</u>	III
PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : Généralité sur les eaux souterraines	3
I.1 Définition	3
I.2 Prospection des ressources en eau souterraines	3
I.2.1 Phase d'identification	3
I.2.2 Etude de faisabilité (APS ou APD)	3
I.3 Types d'eaux souterraines	4
I.3.1 L'eau de constitution	4
I.3.2 L'eau de rétention	4
I.3.3 L'eau libre	4
I.4 Caractéristiques des eaux souterraines	4
I.4.1 Normes de potabilité	4
I.4.2 Les paramètres physico-chimiques	5
I.4.3 Paramètres bactériologiques	6
I.5 Les différents types de pollution des eaux souterraines	7
I.5.1 L'eau, l'hygiène et l'assainissement	7
I.5.2 La pollution	7
I.5.2.1 Qualité des eaux souterraines	8
I.5.2.2 Menaces climatiques	8
I.5.2.3 Sources de contamination bactériologique	9
CHAPITRE II : Présentation du thème	11
II.1 Cadre d'étude	11
II.2 Description des bactéries à déterminer	11
PARTIE II : METHOLOGIE	
I Matériels et méthodes	14
I.1 Matériels d'étude	14
I.1.1 Type d'eau à analyser	14

I.1.1.1	Localisation de la zone -----	14
I.1.1.2	Description des points d'eau étudiés -----	15
I.1.2	Milieux d'analyses-----	17
I.1.2.1	Milieu Gélose Lactosé au TTC et au Tergitol 7-----	17
I.1.2.2	Milieu Enterococcus Agar-----	17
I.1.2.3	Milieu chapman -----	17
I.1.2.4	Milieu PCA -----	17
I.1.3	Les diluants -----	17
I.1.4	La Stérilisation -----	17
I.2	Méthodes d'analyses -----	18
I.2.1	Dilution simple ou dilution décimale :-----	18
I.2.2	Filtration sur membrane :-----	18
II	Analyses bactériologiques des échantillons d'eau -----	19
II.1	Préparation des échantillons d'eaux à analyser -----	19
II.2	Recherches et dénombrement des bactéries étudiées-----	19
II.2.1	Recherches et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22°C à 37°C (ISO 6222 :1999)-----	19
II.2.2	Recherche et dénombrement des staphylocoques pathogènes (NF T90 421) ---	19
II.2.3	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (ISO 7899-2 :2000)----	20
II.2.4	Recherche et dénombrement des coliformes totaux (ISO 9308 – 1 : 2000) ----	20
PARTIE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS		
I	Résultats -----	23
I.1	Dénombrement des coliformes totaux-----	23
I.2	Dénombrement des streptocoques fécaux-----	24
I.3	Dénombrement des <i>staphylococcus aureus</i> -----	24
I.4	Dénombrement des flores revivifiables -----	25
II	Interprétations -----	27
II.1	Entérocoques : -----	27
II.2	Coliformes totaux :-----	27
II.3	Flores revivifiables à 22°C et à 37°C-----	28
II.4	Staphylocoques :-----	28
Conclusion -----		30
Recommandations :-----		31
Références Bibliographiques-----		35
Références Webographiques-----		36

Glossaires

- Aérobic** : Caractéristique d'un microorganisme ne pouvant vivre qu'en présence d'oxygène.
- Anaérobic** : Caractéristique d'un microorganisme ne se développant que dans des atmosphères dépourvues d'oxygène.
- Antigène D** : Toute substance étrangère qui, lorsqu'elle pénètre dans l'organisme, déclenche par celui-ci la fabrication d'ANTICORPS.
- Colonie** : Groupe de bactéries provenant d'une même cellule mère.
- Contamination** : Présence de microorganisme indésirable.
- Dilutions décimale** : Solution obtenue en mélangeant un volume déterminé de suspension mère avec neuf fois le volume de diluant.
- Ensemencement** : Introduction sur un milieu solide neuf des germes prélevés dans un milieu de culture mère, pour les faire proliférer
- Filtration** : Procédé physique permettant de repérer les substances solides dans un liquide. La filtration se fait à travers des substances poreuses (filtre), calibrées pour réunir des particules d'une certaine taille.
- Norme** : Document normatif décrivant l'analyse d'un produit en vue de recherche et de dénombrement de Microorganismes.
- Organoleptique** : Ensemble des caractéristiques perçues et évaluées par les sens du consommateur ou par ceux d'un expert.
- Solution mère** : Solution obtenue après avoir mélangé une quantité de l'échantillon à analyser avec une quantité neuf fois égale de diluant.

Liste des abréviations

APS	: Avant-Projet Sommaire
APD	: Avant-Projet Détaillé
CNRE	: Centre Nationale de Recherche Scientifique sur l'Environnement
DMA	: Dose Maximale Admissible
E. coli	: <i>Escherichia coli</i>
EPT	: Eau Peptonée
g	: gramme
h	: heure
Kg	: kilogramme
LME	: Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement
m	: mètre
mL	: millilitre
mm	: millimètre
Milieu TTC	: Milieu Triphenyl Tetrazolium Chloride
Milieu PCA	: Milieu Plate Count Agar
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
pH	: potentiel Hydrogène
SM	: Solution Mère
TH	: Titre hydrotimétrique
UFC	: Unité Formant Colonie
°C	: Degrés Celsius
μ	: Micron

Liste des figures

Figure 1. Les sources de contaminations des eaux souterraines.....	9
Figure 2. Photo satellitaire de la zone d'étude	15
Figure 3. Puits E ₁	16
Figure 4. Puits E ₂	16
Figure 5. Puits E ₃	16
Figure 6. Présence des coliformes totaux sur le milieu TTC	23
Figure 7. Présence des staphylocoques sur le milieu CHAPMAN	24
Figure 8. Présence des flores revivifiables sur le milieu PCA	25
Figure 9. Structure d'un puits.....	33
Figure 10. Tube utilisé en cuvelage.....	34
Figure 11. Buse utilisé en captage.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1 Sources potentielles de contamination bactériologique.....	9
Tableau 2 Nombre des coliformes totaux sur le milieu TTC	23
Tableau 3 Nombre des streptocoques fécaux sur le milieu enterococcus agar	24
Tableau 4 Nombre des staphylocoques sur le milieu CHAPMAN	25
Tableau 5 Nombre des flores reviviables à 22°C sur le milieu PCA	26
Tableau 6 Nombre des flores revivifiables à 37°C sur le milieu PCA.....	26
Tableau 7 Prescription sur le puits	32

Introduction

INTRODUCTION

Généralement, l'eau souterraine est potable et ne nécessite pratiquement pas de traitement avant l'attribution et l'emploi. La bonne qualité de cette eau est le résultat de la protection des sols et des roches dans la zone non saturée au-dessus de la nappe phréatique. Ils filtrent les bactéries et protègent les eaux souterraines des contaminants en surface. Mais l'entrée massive des polluants générés par le manque d'installation d'assainissement peut dépasser la capacité de la zone non saturée à épurer les contaminants et protéger les eaux souterraines.

Comme le monde est actuellement exposé à des problèmes majeurs de dégradation et de pollution de l'environnement, les nappes phréatiques peuvent faire l'objet de contamination chimique ou bactériologique. Les maladies hydriques font de nombreuses victimes au sein de la population qui continue de consommer les eaux de faible qualité telles que les eaux de pluies, de puits et de cours d'eau [7]. Cette consommation est parfois due à l'ignorance des populations qui pensent qu'une eau claire, inodore et qui n'a pas une mauvaise odeur (présentant l'aspect d'une eau potable) est bonne à boire et ne présente aucun danger. Elle est aussi due à la non satisfaction des besoins humains. Selon l'OMS, un individu en a besoin d'au moins 30L/j d'eau [6]. C'est l'exemple des eaux de puits de certains endroits de la ville d'Antananarivo surtout suburbaines. Le manque d'hygiène et d'assainissement autour des puits pourrait influencer la qualité bactériologique de ses eaux et pourrait avoir des conséquences sur leur potabilité. Les déchets sont mal gérés, les tas d'ordures se trouvant à proximité des puits, les rejets d'eaux usées un peu partout, les latrines à fosse non étanche construites à côté des puits qui ne respectent pas les normes de construction pourraient être des sources probables de diverses contaminations des eaux de puits.

Qu'il s'agisse d'une eau d'adduction, d'une eau de puits ou de source, le but est de pouvoir la consommer en toute sécurité. Les usagers ont tendance à ne se méfier que de l'aspect organoleptique des eaux, d'où la nécessité des analyses bactériologique. Ainsi l'objectif principal de cette étude est d'évaluer les impacts des facteurs environnementaux sur la qualité bactériologique des eaux de trois puits différents d'un site de la ville d'Antananarivo et d'en juger leur potabilité.

Ceci étant, l'analyse bactériologique des échantillons des eaux prélevées a été réalisée au sein du Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement (LME) du Centre National de Recherches sur l'Environnement (CNRE).

Aussi, persuadées par le vif intérêt que présente à nos yeux un tel travail, sommes-nous amenées à nous pencher sur la définition des eaux souterraines, il nous paraît ensuite nécessaire de parler de types d'eaux souterraines, de ses caractéristiques pour, enfin, dégager tant des différents types de pollution de ces eaux.

Dans une deuxième partie, nous traiterons l'épistémologie et les analyses au cours des quels nous ne manquerons pas d'axer notre travail sur les matériels et méthodes d'analyses, voir les milieux d'analyses eux-mêmes et l'analyses des paramètres bactériologiques.

Enfin, avant de présenter notre conclusion, nous allons nous pencher dans une troisième partie aux résultats et interprétations dont, notamment, les qualités bactériologiques des eaux de puits d'Ambohimitsara.

Partie I :

Synthèse

bibliographique

Selon les normes, il serait préférable de commencer la présente étude en donnant les définitions des termes même d'eaux souterraine afin de mieux appréhender la compréhension.

Nous examinerons successivement au cours de cette première partie.

CHAPITRE I : Généralité sur les eaux souterraines

I.1 Définition

Les eaux souterraines appelées communément avec les eaux superficielles, ressources en eaux, sont constituées des eaux contenues dans les aquifères et les sources qui sont des émergences naturelles des nappes souterraines. Elles sont classées dans les types d'eaux douces.

Les eaux souterraines ont la réputation d'être de meilleure qualité que les eaux superficielles, grâce aux capacités de filtration des sols. C'est un fait, mais la prudence reste de mise. Infiltration d'eau de surface, défaut d'entretien ou protection insuffisante peuvent augmenter les risques bactériologiques.

I.2 Prospection des ressources en eau souterraines

I.2.1 Phase d'identification

C'est la prospection générale basée principalement sur la capitalisation des informations disponibles c'est-à-dire :

La capitalisation des informations cartographiques disponibles (topographique, géologique, hydrogéologique, images satellitaires et photographique aérienne) afin de délimiter provisoirement et grossièrement les zones présentant des potentiels en matière de ressources souterraine.

Cette phase nécessite par la suite une mission d'expert pour confirmation c'est-à-dire confirmation et rectification du découpage provisoire.

I.2.2 Etude de faisabilité (APS ou APD)

C'est l'étude de prospection détaillée. Cette étude est nécessaire dans le cas où des points d'eau existent dans la zone. Elle nécessite des analyses physico-chimique et des essais de pompage sinon des essais géophysiques.

I.3 Types d'eaux souterraines

Les eaux souterraines se présentent sous trois formes :

I.3.1 L'eau de constitution

C'est l'eau qui rentre dans la structure cristalline des minéraux (exemple : gypse, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

I.3.2 L'eau de rétention

Il existe trois types d'eau de rétention :

- L'eau d'adsorption (liée). Ce sont les molécules d'eau dipolaires qui sont attirées par des effets de surface sur des ensembles ionisés (comme les argiles) en couche fine. L'eau d'adsorption n'est pas chassée par centrifugation.
- L'eau d'adhésion (pelliculaire). C'est l'eau retenue à la surface des grains par une attraction électrique moins forte que dans l'adsorption. Cette eau peut se déplacer.
- L'eau capillaire (frange capillaire) : elle se trouve dans les pores, c'est l'eau d'absorption (l'eau recherchée par les racines).

I.3.3 L'eau libre

C'est l'eau de gravité c'est-à-dire, l'eau disponible pour les nappes phréatiques et les aquifères et qui est donc disponible et exploitable, par un forage ou un puits.

I.4 Caractéristiques des eaux souterraines

I.4.1 Normes de potabilité

Une eau potable peut être définie comme une eau qui, lorsqu'elle est bue de façon permanente, ne présente aucun risque pour la santé. Et ceci lorsqu'elle respecte les normes de potabilité.

Les normes de qualité de l'eau potable sont très rigoureuses. Elles s'appuient en général sur les travaux médicaux établissant les doses maximales admissibles (DMA), c'est-à-dire la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber quotidiennement sans présenter de danger tout au long de sa vie.

La qualité bactériologique doit être assurée en toutes circonstances et faire l'objet d'une surveillance très stricte.

On distingue les normes relatives aux paramètres physico-chimiques et les normes relatives aux paramètres bactériologiques. En voici quelques exemples :

I.4.2 Les paramètres physico-chimiques

✚ Les paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques sont les propriétés de l'eau telles que la couleur, l'odeur, le goût et l'aspect qui sont perceptibles par les organes sensoriels. On considère que les paramètres organoleptiques n'ont aucune incidence sur la santé.

✚ Les paramètres physico-chimiques naturels

❖ La température

La température est une grandeur physique liée à la notion immédiate du chaud et du froid. Elle se mesure au moyen d'un thermomètre.

C'est un paramètre physique qui influence considérablement la multiplication microbienne ainsi que leur métabolisme. Selon la température optimale de développement, les micro-organismes sont classés en trois catégories :

- Les germes mésophiles qui supportent une température moyenne comprise entre 20 et 40°C ;
- Les germes psychrophiles dont la température optimale de croissance est située entre 0 et 15°C ;
- Les germes thermophiles qui se multiplient préférentiellement entre 45° et 85°C.

Il faut noter que la majorité des bactéries pathogènes sont des mésophiles.

❖ Le pH

Le pH mesure la basicité ou l'acidité d'une solution. Il est lié à la concentration des ions hydronium H_3O^+ selon la formule $pH = -\log [H_3O^+]$. Une solution est acide lorsque que le pH est inférieur à 7 et basique lorsqu'il est supérieur à 7. C'est un paramètre très important dans la qualité de l'eau.

Les micro-organismes se multiplient dans une gamme étendue de pH. Cependant chaque espèce à un pH optimum de croissance. Les bactéries se multiplient en milieu neutre ou légèrement alcalin ($7 < pH < 7,5$). Pour survivre, elles doivent s'adapter aux modifications de pH de l'environnement. *Escherichia coli*, par exemple, se multiplie à partir de pH égal à 4,4 jusqu'à un pH égal à 8, [2].

❖ La dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH)

La dureté est la concentration totale en calcium et magnésium. En présence d'une eau dure le savon mousse difficilement.

❖ *Les substances indésirables*

Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-)

La présence de nitrates dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), domestiques (excréta) ou industrielle, [10].

Le nitrate ne constitue pas un danger direct pour la santé humaine. Mais il se transforme, dans l'organisme humain, en nitrite qui présente un danger, surtout pour les nourrissons. En effet, les nitrites réagissent avec l'hémoglobine normale pour former la méthémoglobine, affectant ainsi la capacité du sang à transporter suffisamment d'oxygène jusqu'aux cellules de l'organisme.

Il faut noter que les nitrates ont un rôle secondaire dans l'eutrophisation des cours d'eau le facteur principal étant le phosphore. Ce dernier qui participe à la diminution de l'oxygène dissous.

I.4.3 Paramètres bactériologiques

La composition des eaux souterraines est extrêmement variable en fonction de leurs milieux environnants. Elles peuvent contenir de nombreux germes (champignons, amibes, protozoaires, bactéries, virus) dont certains sont pathogènes. Or l'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène. La qualité bactériologique est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource, un dysfonctionnement du traitement de potabilisation. Les conséquences dépendent de plusieurs facteurs dont l'état général du consommateur, de la virulence des microorganismes, du mode de transmission ainsi que de la dose ingérée. Les troubles sont principalement des troubles gastro-intestinaux, diarrhées, vomissements.

Les principaux micro-organismes indicateurs de contamination fécale sont :

- *Les streptocoques fécaux ;*
- *Les coliformes totaux ;*
- *Les staphylocoques fécaux ;*
- *Les flores revivifiables ;*
- *Les spores de bactéries des anaérobies sulfite-réductrices*
- *Les Salmonelles*
- *Les Coliformes fécaux (thermo tolérants)*

I.5 Les différents types de pollution des eaux souterraines

I.5.1 L'eau, l'hygiène et l'assainissement

Il n'est pas évident, surtout dans les pays en voie de développement, de fournir l'eau potable à la population. Le manque d'hygiène ou d'assainissement ainsi que les moyens de transport et de stockage peuvent altérer la qualité de l'eau avant sa consommation. Il est clair qu'une eau potable transportée dans un récipient non couvert ou stockée sans les précautions d'hygiène élémentaire a toutes les chances d'être de mauvaise qualité avant son utilisation. De simples mesures d'hygiène telles que se laver les mains après un passage aux toilettes suffisent pour éviter un bon nombre de maladies. En Afrique de l'Ouest, par exemple, 50% de l'eau potable deviendrait impropre à la consommation humaine parce qu'elle est transportée ou conservée dans des récipients souillées ou par manque d'hygiène, [5].

Pour avoir un impact réel sur la santé, les projets d'eau potable doivent donc être associés aux conditions d'assainissement et d'hygiène. La sensibilisation de la population à une meilleure hygiène, la gestion des déchets, l'évacuation des excréta s'imposent.

I.5.2 La pollution

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît comme le sous-produit d'une action humaine, au travers d'effets directs et indirects.

Cette pollution se fait de plus en plus remarquée au cours de ces dernières années. Les eaux de surface et les nappes phréatiques sont les plus exposées. Les cours d'eau sont devenus des lieux privilégiés pour recevoir des ordures ménagères et des matières fécales. Dans les ménages, les déchets et les excréta sont mal gérés. La collecte des ordures n'est pas bien organisée même dans les grandes villes.

Même les eaux souterraines qui semblent être protégées aujourd'hui pourraient être atteintes dans l'avenir si aucune mesure adéquate n'est prise.

Ces pollutions ont pour conséquence la disparition de certaines espèces de poissons dans les cours d'eau, la présence de nitrate dans les puits à une concentration trop élevée, l'augmentation des maladies liées à l'eau.

I.5.2.1 Qualité des eaux souterraines

Pour considérer la qualité des eaux souterraines et leur dégradation, il faut faire la différence entre la contamination naturelle et anthropique. Dans la plupart des cas l'eau souterraine est naturellement potables, et ne nécessite pas de traitement.

Bien qu'il existe quelques exceptions à travers le monde, où l'eau souterraine naturelle présente des concentrations en divers minéraux solubles à des niveaux qui sont nocifs pour la santé humaine, animale ou végétale. Un cas bien connu est la forte concentration en arsenic de la nappe. La salinité est aussi un exemple de contamination naturelle, mais elle est très souvent aggravée par les activités humaines, [8].

Il semblerait que, la plupart des problèmes de qualité des eaux souterraines sont liés à :

- Une combinaison de fuite de latrines/ fosses septiques et des rejets d'effluents non contrôlés de l'industrie, des eaux usées et des zones d'enfouissement municipales ;
- La salinisation des eaux souterraines due à un excès de prélèvement pour l'irrigation ;
- L'intrusion saline en raison de l'abaissement de la nappe par des forages de production d'eau non loin ou dans les zones côtières.

I.5.2.2 Menaces climatiques

➤ Menace 1 : inondation

De tels événements génèrent des risques importants pour la qualité de l'eau souterraine ; celle-ci peut être contaminée à la fois par l'eau de ruissellement car un ruissellement de surface lourd peut endommager la boîte de captage (qui a été mal construite) ou les protections autour, et créer une turbidité plus importante.

➤ Menace 2 : sécheresse

De tels événements conduisent à un assèchement qui est causé par une diminution de la recharge de la nappe phréatique en raison des précipitations ; une taille des aquifères limitée et une augmentation du nombre de la population et donc des besoins en eau.

I.5.2.3 Sources de contamination bactériologique

Les sources potentielles de contamination bactériologique des eaux de surface sont multiples. La figure 1 suivante résume les sources de contaminations des eaux souterraines, elles peuvent être d'origine urbaine, rurale, agricole, industrielle et naturelle comme présentant le tableau 1 ci-dessous. Chacune de ces sources à une pouvoir de contamination distinctif, [12].

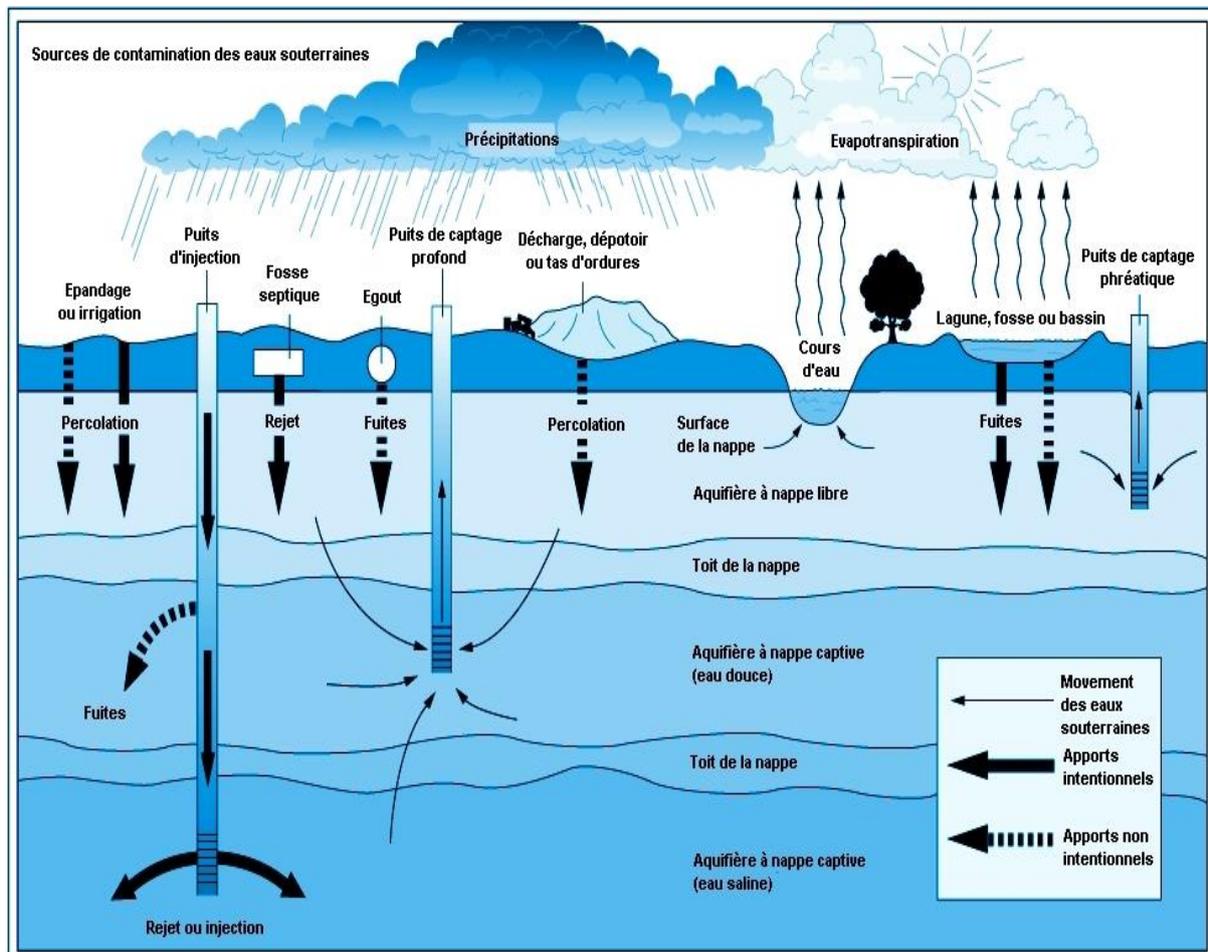


Figure 1. Les sources de contaminations des eaux souterraines

Tableau 1. Sources potentielles de contamination bactériologique

Urbaines	<p>Eaux usées municipales :</p> <p>Non traitées ;</p> <p>Non désinfectées ;</p> <p>Déversements et dérivation aux stations d'épuration ;</p> <p>Débordements des réseaux d'égout.</p> <p>Eaux de ruissellement (égouts pluviaux)</p>
Rurales	<p>Eaux usées domestiques de bâtiments non desservis (résidences et commerces) :</p> <p>Rejets directs d'eaux usées non traités ;</p> <p>Débordements de fosses septiques ;</p> <p>Résurgences de champs d'épuration.</p> <p>Eaux de ruissellement.</p>
Agricoles	<p>Déjections d'animaux d'élevage :</p> <p>Rejetées aux cours d'eau (directement ou indirectement) ;</p> <p>En provenance de système d'entreposages défaillants, d'aires d'alimentation et de cours d'exercice.</p> <p>Eaux de ruissellement et drains souterrains de terres fertilisées avec des déjections animales.</p>
Industrielles	<p>Industries agroalimentaires.</p> <p>Industrie de pâtes et papier.</p>
Naturelles	<p>Déjection d'oiseaux et d'animaux sauvages.</p> <p>Eaux de ruissellement.</p>

CHAPITRE II : Présentation du thème

II.1 Cadre d'étude

Le choix est porté sur « l'impact des facteurs environnementaux sur la qualité bactériologique des eaux des 3 puits différents ». Cette application permet de déterminer les germes pathogènes susceptibles d'exister dans les eaux souvent mal connus par la population qui s'intéresse presque essentiellement qu'à l'aspect organoleptique. Elle permet aussi de juger la potabilité de l'eau ainsi que d'instruire au peuple l'effet de ses imprudences à la construction des latrines et aux rejets des déchets près des puits vis-à-vis de la qualité bactériologique des eaux.

II.2 Description des bactéries à déterminer

Il n'est actuellement pas possible de rechercher systématiquement tous les germes pathogènes susceptibles d'être présents dans l'eau, étant donné leur variété et l'irrégularité de la présence ; ainsi que la diversité et le coût des analyses qu'il convient de mettre en œuvre pour les détecter.

Néanmoins, comme l'origine de la plupart des micro-organismes pathogènes véhiculés par l'eau est fécale, le principe du contrôle de la qualité de l'eau repose sur la démonstration que l'eau consommée ne contient pas de germes provenant de contamination fécale. Pour cela, on recherche des indicateurs de contamination fécale, appelés aussi germes témoins de contamination fécale.

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces bactériennes présentes dans l'eau, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui sont indicatrices de contamination fécale. Ce sont :

- Les Coliformes totaux : elles se présentent sous forme de bâtonnets, non sporulés, capables de croître en aérobiose à 30°C. Elles correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulé, oxydase négatif, aérobie et anaérobie facultatifs, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48h à une température comprise entre 35 et 37°C. Ils constituent un groupe hétérogène de bactéries d'origine fécale (dont les bactéries *E. coli*) et environnementale.
- Les Streptocoques fécaux ou Entérocoques : ce sont des bactéries à Gram positif, sphériques ou ovoïdes, formant des chainettes, non sporulées, catalase négative, possédant l'antigène D, cultivant en anaérobiose à 44°C, et à pH 9.6, et capables

d'hydrolyser l'esculine en présence de bile. Ils se répartissent en deux genres : *Streptococcus* et *Enterococcus*.

- Les Staphylocoques : ce sont des Cocci à Gram (+), Isolées ou en grappes de raisin, catalase (+) et coagulase (+). L'espèce type du genre est *Staphylococcus aureus*. Elle est pathogène et très redoutée.

La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource, un dysfonctionnement du traitement de potabilisation.

- Les flores revivifiables : Ce sont des Bactéries, Levures, Moisissures se développant en aérobiose, lorsque l'essai est effectué selon la méthode spécifiée.

Le principe consiste à mettre en évidence les bactéries

Qui se développent à 20°C favorisant ainsi les germes spécifiques de l'eau.

Et celles qui se développent à 37°C favorisant ainsi les germes issus de l'homme et des animaux à sang chaud.

Partie II :
Méthodologie

I Matériels et méthodes

I.1 Matériels d'étude

I.1.1 Type d'eau à analyser

Dans le cadre de cette étude, les eaux qui ont fait l'objet de l'analyse sont constituées par trois eaux de puits différents du « quartier Ambohimitsara, Fokotany Ambohimangakely/ commune Ambohimangakely. »

I.1.1.1 Localisation de la zone d'étude

Notre zone d'étude est localisée dans la partie Est de la région Analamanga, district Avaradrano, commune Ambohimangakely, Fokontany Ambohimangakely, quartier Ambohimitsara ayant une latitude de 18°54' (18,9°) Ud, une longitude de 47°36' (47,6°) Est et une altitude de 1270 mètres soit 4167 pieds. La figure 2 suivante montre la photo satellitaire de la zone d'étude.

Le Fokontany possède deux (2) bornes fontaines alimentées par la station de la JIRAMA Mandroseza et un lavoir qui sont tous opérationnels. Il subit de coupures d'eau fréquente de la part de la JIRAMA. Les ressources principales en eau des quartiers d'Ambohimangakely sont : un puits public et des puits privés.



Figure 2. Photo satellitaire de la zone d'étude

I.1.1.2 Description des points d'eau étudiés

Le puits E₂ se situe dans la partie la plus basse du quartier où se déroulent parfois l'évacuation des ordures qui s'entassent à proximité du puits et des rejets d'eaux usées qui ruissellent un peu partout près du puits pendant les périodes de forte pluie et d'inondation. La Figure 4 montre la photo du puits E₂.

Les puits E₁ et E₃ sont localisés dans des endroits étroits et sales où l'environnement qui les entoure est près de tous rejets d'eaux domestiques et des latrines à fosses perdues sont construites sans respecter une distance minimale de 15m requise. Les Figures 3 et 5 suivantes montrent les photos des puits E₁ et E₃.

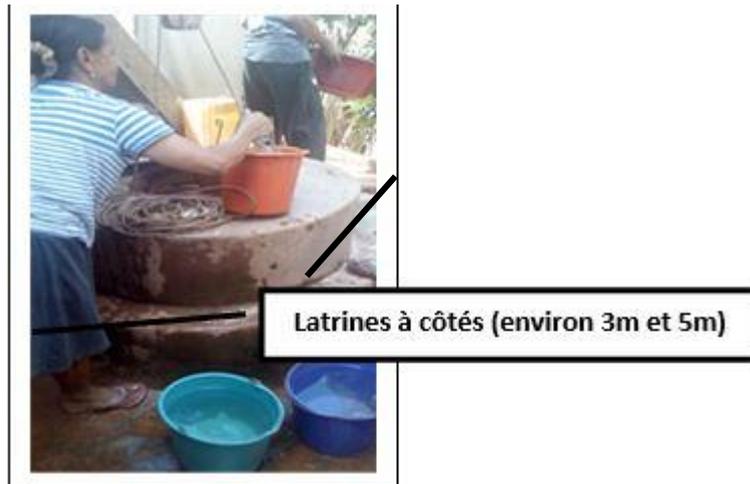


Figure 3. Puits E₁



Figure 4. Puits E₂



Figure 5. Puits E₃

I.1.2 Milieux d'analyses

I.1.2.1 Milieu Gélose Lactosé au TTC et au Tergitol 7

C'est un milieu sélectif et différentiel qui permet la détection et l'énumération des *Coliformes* et d' *Escherichia coli* dans l'échantillon d'eau.

I.1.2.2 Milieu Enterococcus Agar

C'est un milieu solide sélectif permettant l'isolement et l'énumération de *Streptocoques fécaux* par la méthode de filtration sur membrane.

I.1.2.3 Milieu chapman

C'est un milieu sélectif et différentiel pour le dénombrement et identification présumptive des *Staphylocoques* par la méthodes de filtration sur membrane.

I.1.2.4 Milieu PCA

C'est un milieu élitiste permettant l'isolement et l'énumération des *Flores revivifiables* par la méthode de dilution simple.

NB : Les compositions de ces milieux sont données dans l'annexe 1.

I.1.3 Les diluants

Les diluants utilisés dans cette étude sont l'eau distillée stérile et l'eau peptonée.

I.1.4 La Stérilisation

Tous les milieux de culture sont stérilisés dans l'autoclave pendant 20 min. à 121°C, tandis que les verreries sont stérilisées dans une étuve universelle pendant 30 min. à 180°C.

Il est à noter que pour minimiser les risques de contamination, les manipulations se font dans des conditions aseptiques ; c'est-à-dire dans une hotte à flux laminaire et autour d'un bec bunsen. La surface de travail est stérilisée par des désinfectants appropriés tels que l'hypochlorite de sodium et l'alcool 70°C, avant et après chaque manipulation.

I.2 Méthodes d'analyses

Deux (2) méthodes sont d'usages pour la réalisation d'analyse bactériologique de l'eau que nous citons : la méthode dilution simple ou dilution décimale et la méthode de filtration sur membrane.

Ces méthodes se focalisent sur la recherche et le dénombrement des germes typiques de l'eau et des germes pathogènes.

I.2.1 Dilution simple ou dilution décimale :

La dilution simple ou dilution décimale permet de réduire le nombre des micro-organismes par unité de volume pour permettre après incubation de dénombrer aisément le nombre de colonies dans les boîtes de Pétri. Pour cela, 1 mL de la solution mère (échantillon d'eau) est transférée aseptiquement dans un tube contenant 9 mL d'EPT. Le mélange est ensuite homogénéisé au vortex et on obtient la dilution 10^{-1} . Ce procédé est répété jusqu'à la dilution maximale nécessaire.

principe :

Un volume précis d'échantillon d'eau à analyser est déposé dans une boîte de Pétri stérile, le milieu de culture maintenu en surfusion est ensuite coulé dans la boîte. Après incubation, les colonies qui se développent à la surface sont dénombrées.

I.2.2 Filtration sur membrane :

Cette méthode permet d'identifier et de dénombrer les germes pouvant exister dans l'eau à analyser après incubation. Pour cela 100 mL de la solution mère ou 100 mL de ses dilutions décimales sont filtrées à travers une membrane stérile de porosités $0,45 \mu\text{m}$ et de diamètre 47 mm.

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 sélectif selon les germes à rechercher. Les colonies qui se forment sont dénombrées après incubation.

II Analyses bactériologiques des échantillons d'eau

L'analyse bactériologique des échantillons d'eaux de puits étudiés a été effectuée au Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement du centre Nationale de Recherches sur l'Environnement. Les germes recherchés et dénombrés dans les échantillons d'eau à analyser sont : les coliformes totaux, les staphylocoques, les entérocoques set les flores revivifiables.

II.1 Préparation des échantillons d'eaux à analyser

Le prélèvement des échantillons d'eau a été effectué à l'aide des flacons stériles de 500 millilitres (mL), les échantillons sont ensuite transportés au laboratoire en les maintenant à + 4°C dans une glacière munie des plaques eutectiques. Arrivés au laboratoire, les échantillons d'eaux ont été tout de suite soumis à l'analyse.

Il est à remarquer que la durée de conservation et l'analyse bactériologique des eaux ne doit pas excéder les 24h qui suivent le prélèvement.

II.2 Recherches et dénombrement des bactéries étudiées

II.2.1 Recherches et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22°C et à 37°C (ISO 6222 :1999)

Après agitation vigoureuse de l'échantillon, 1mL de l'échantillon et de ses dilutions décimales est versé dans des boîtes de Pétris stériles. Quinze (15) mL du milieu PCA est maintenu en surfusion sont ensuite coulés dans chaque boîte de Pétri et le milieu est laissé se solidifier à température ambiante. Après solidification, les boîtes de Pétri ont été incubées à 22°C pendant 72heures ; celle qui contenaient 30 à 300 colonies ont été retenues pour l'expression des résultats.

Même procédé que le précédent pour les micro-organismes revivifiables incubées à 37°C mais pendant 24 heures.

II.2.2 Recherche et dénombrement des staphylocoques pathogènes (NF T90 421)

Cette analyse a été effectuée selon la méthode de « filtration sur membrane » en filtrant 100mL d'eau ou de ses dilutions décimales sur une membrane filtrante stérile de 47 mm de diamètre et de 0.45 µm de porosité. La membrane est ensuite placée dans une boîte de Pétri contenant *du* milieu de Chapman préalablement coulé et solidifié. Les cultures sont ensuite incubées à 37°C pendant 48 heures. Après incubation, les colonies caractéristiques de couleur blanche ou jaune

entourées d'un halo jaune sont dénombrées. Le test de confirmation a été réalisé par l'examen microscopique des Cocci Gram +.

II.2.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (ISO 7899-2 :2000)

L'expérience a été réalisée par la méthode de filtration sur membrane en filtrant 100 mL d'eau ou des dilutions décimales sur la membrane stérile. La même méthode que précédemment a été utilisée ; après filtration, La membrane filtrante est déposée dans une boîte de Pétri contenant du milieu m- Enterococcus Agar préalablement coulée et solidifiée. Après incubation à 37°C pendant 24 heures, les colonies caractéristiques de coloration rose, violette, rouge ou marron sont dénombrées. Le test de confirmation est réalisé par l'examen microscopique des bactéries (Cocci Gram +, formants des chainettes) et l'absence de catalase.

II.2.4 Recherche et dénombrement des coliformes totaux (ISO 9308 – 1 : 2000)

Comme précédemment, après filtration de l'échantillon d'eau à analyser, la membrane filtrante est déposée dans une boîte de Pétri contenant du milieu gélosé Lactosé au TTC et au Tergitol 7. Après incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures, les colonies caractéristiques de coloration jaune orangée, avec présence d'un halo jaune dans la masse du milieu sous la membrane sont dénombrées.

Partie III :
Résultats
et
Interprétations

I Résultats

Après incubation des boîtes de Pétri aux températures et aux temps appropriés, le dénombrement des germes se fait par comptage des colonies caractéristiques qui se développent à l'intérieur et à la surface des milieux de culture dans le cas de la méthode par dilution et sur les membranes pour la méthode de filtration sur membrane.

I.1 Dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes apparaissent sous forme de colonies jaunes orangées de 1 mm de diamètre ou plus sur le milieu TTC comme présentant la figure 6. Les boîtes de Pétri présentant moins de 100 colonies sont retenues pour l'expression des résultats. Les résultats de dénombrement des coliformes totaux sont donnés dans le tableau 2 ci-après :

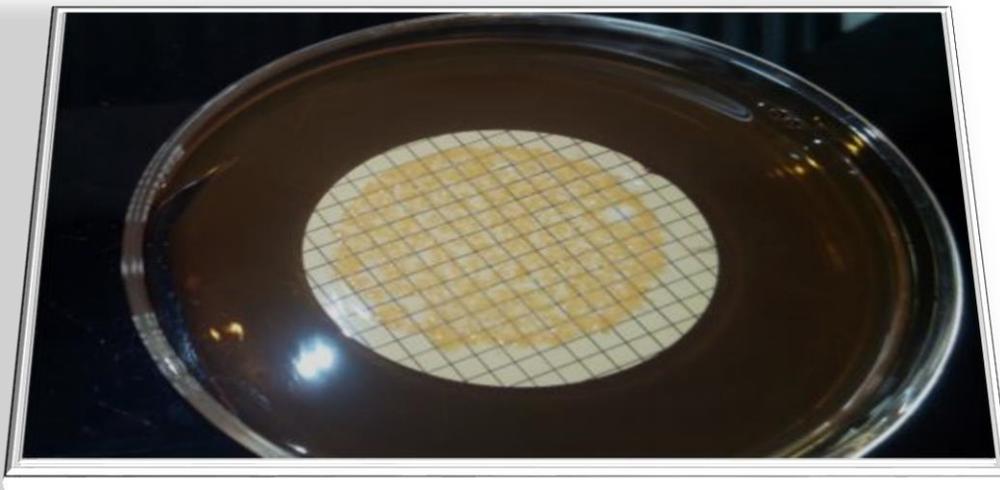


Figure 6. Présence des coliformes totaux sur le milieu TTC

Tableau 2. Nombre des coliformes totaux sur le milieu TTC

Dilutions décimales	Echantillons d'eaux de puits		
	E ₁	E ₂	E ₃
Dilution 10 ⁻²	1,6. 10 ²	Indénombrable	7. 10 ²

I.2 Dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux se présentent sous forme des colonies rose, violet ou marron sur le milieu Enterococcus agar. Les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux sont résumés dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3. Nombre des streptocoques fécaux sur le milieu Enterococcus agar

Dilutions décimales	Echantillons d'eaux de puits		
	E ₁	E ₂	E ₃
Dilution 10 ⁻²		< 1	

I.3 Dénombrement des *staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus se présentent sous forme de colonies jaune ou blanche sur le milieu de CHAPMAN montrant la figure 7 ci-après. Les résultats de dénombrement sont présentés dans le tableau 4 suivant :



Figure 7. Présence des staphylocoques sur le milieu CHAPMAN

Tableau 4. Nombre des staphylocoques sur le milieu CHAPMAN

Dilutions décimales	Echantillons des eaux de puits		
	E ₁	E ₂	E ₃
Dilution 10 ⁻²	4,3. 10 ²	1,3. 10 ²	<1

I.4 Dénombrement des flores revivifiables

Les flores revivifiables apparaissent sous forme des colonies blanches sur le milieu PCA comme présente la figure 8. Les boîtes de Pétri présentant 30 à 300 colonies sont retenues. Les résultats de dénombrement des flores revivifiables à 22°C et à 37°C sont présentés dans les tableaux 5 et 6 suivants :

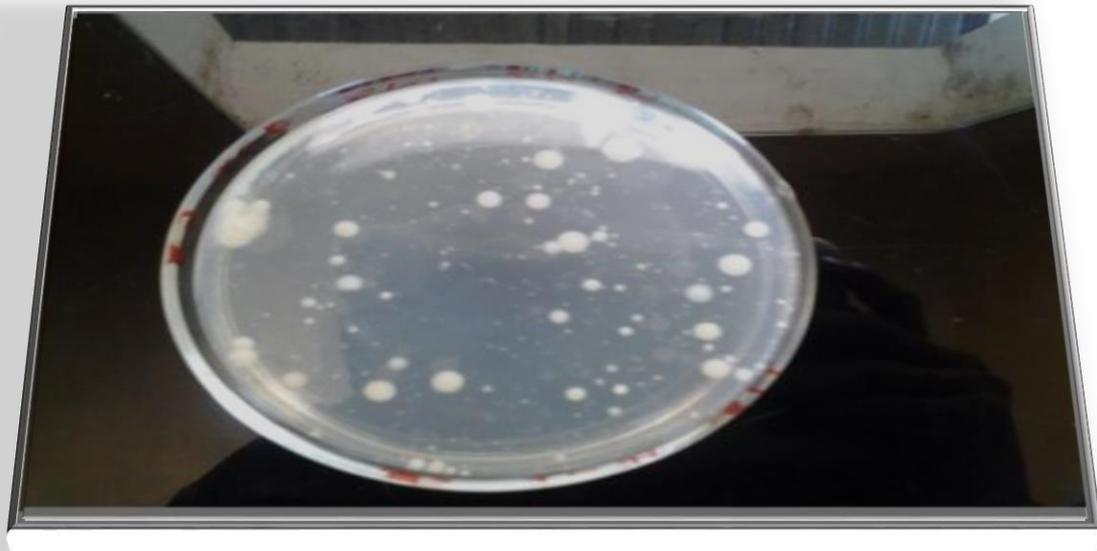


Figure 8. Présence des flores revivifiables sur le milieu PCA

Tableau 5. Nombre des flores revivifiables à 22°C sur le milieu PCA

Echantillons des eaux de puits	Dilution 10 ⁻¹
E ₁	1,8.10 ³
E ₂	3,3.10 ²
E ₃	2.4.10 ²

Tableau 6. Nombre des flores revivifiables à 37°C sur le milieu PCA

Echantillons des eaux de puits	Dilution 10 ⁻¹
E ₁	1,1.10 ²
E ₂	1,5.10 ³
E ₃	1.3.10 ²

II Interprétations

Selon l'analyse bactériologique des 3 échantillons d'eau étudiés les coliformes totaux, les staphylocoques, les entérocoques et les flores revivifiables indicateurs de pollution ont été dénombrés. Les normes extraites de recommandation de l'Institut Pasteur de Lille et du décret du 3 janvier 1989 (Journal officiel du 4 janvier 1989) représentées en « annexes III » fixent que l'eau alimentaire traitée ou non ne doit pas contenir l'une de ces bactéries.

II.1 Entérocoques :

La présence des entérocoques dans l'eau d'un puits met en évidence une pollution d'origine fécale, humaine ou animale, et la présence possible de pathogène entériques. Toute eau contenant ces bactéries ne doit pas être consommée.

Quantité acceptable : < 1 UFC/100 mL

Les résultats obtenus (<1) montrent que les 3 échantillons d'eaux étudiés ne présentent aucun signe de présence des entérocoques.

II.2 Coliformes totaux :

La présence de coliformes totaux dans l'eau d'un puits n'indique généralement pas une contamination d'origine fécale ni un risque sanitaire mais plutôt une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau. Cette dégradation peut être attribuée entre autre à une infiltration d'eau de surface dans le puits. La plupart des espèces peuvent se trouver naturellement dans le sol et la végétation. La présence de coliformes totaux permet de montrer une vulnérabilité possible du puits face à la pollution de surface. Dès que la concentration dépasse 10 UFC/100 mL, une désinfection préventive doit être entreprise.

Quantité acceptable : < 1 UFC/100mL (Institut Pasteur de Lille,1989)

Les résultats obtenus ($E_1 : 1,6.10^2$; E_2 : indénombrable et $E_3 : 7.10^2$) montrent une concentration en coliformes totaux supérieur à la quantité acceptable. Ceux-ci suggèrent donc que toutes les eaux prélevées ont été contaminées soit par des matières fécales soit par les germes contenus naturellement dans le sol. Il est donc souhaitable de voir indispensable de procéder à la désinfection du puits.

II.3 Flores revivifiables à 22°C et à 37°C :

La présence des micro-organismes aérobies non pathogènes dits « revivifiables » dans l'eau de consommation n'indique généralement pas une contamination d'origine fécale ni un risque sanitaire car ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique.

Selon la norme de l'Institut Pasteur de Lille une eau potable doit avoir :

Micro-organismes aérobies à 37°C en 24 h < 10 UFC/mL

Micro-organismes aérobies à 22°C en 72 h < 100 UFC/mL

Les résultats obtenus montrent une concentration en flores revivifiables inacceptable. Ceux-ci suggèrent à faire une investigation, un contrôle et un examen bactériologique. En cas de répétitions, passant au traitement.

II.4 Staphylocoques :

Selon la norme, une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir de ce germe pathogène précité. La recherche présomptive de staphylocoque est positive sur les deux échantillons E₁ (entre 2 latrines présentant 4,3.10² UFC) et E₂ (à côté d'une décharge avec un canal de ruissellement à proximité possédant 1,3.10² UFC) et négative sur E₃ (près d'une latrine). Ce qui indique que les deux premiers échantillons sont souillés par ce germe présentant ainsi un danger pour les consommateurs.

Il est donc important de déterminer la source de la contamination et d'apporter les correctifs appropriés pour améliorer la qualité de l'eau à long terme. Les sources locales de contamination sont multiples.

- ✓ Mauvaise aménagement du puits (manque d'étanchéité du couvercle ou du scellement, dégradation des matériaux, etc.) ;
- ✓ Pente inadéquate du sol environnant (absence d'un monticule autour du puits pour éloigner le ruissellement provenant de la surface) ;
- ✓ Installation des fosses septiques défectueuses ;
- ✓ Insalubrité des lieux (exemple : épandage de fumier ou autres activités générant de la pollution fécale à proximité). Comme le cas du puits E₂.

Conclusion

et

Recommandations

Conclusion

L'analyse bactériologique est l'un des moyens indispensables pour déterminer la potabilité d'une eau. Mais aucun usager des puits interrogé ne se soucie guère du contrôle de son eau.

L'eau, malgré ses caractéristiques organoleptiques acceptables (couleur, odeur, saveur), peut constituer un danger pour la santé humaine. C'est le cas de ces eaux qui présentent une concentration très élevée des germes pathogènes indicateurs de pollution.

Les latrines sont construites parfois non loin des puits et ne sont pas construites en matériaux étanches ; les déchets ménagers et les eaux usées domestiques sont jetés près des puits et les infrastructures de ces puits ne respectent pas les normes.

Il faut souligner ici que, à cause du non-respect de la distance minimale de 15 mètres entre les puits et les latrines, l'eau est polluée. Il est donc souhaitable que les études soient menées afin de déterminer les causes réelles de pollutions et la manière de construction de ces latrines.

Il est à signaler également que malgré la protection de ces puits, l'eau est polluée. Donc la couverture d'un puits ne constitue pas une garantie de la bonne qualité de son eau.

D'après les résultats des analyses bactériologiques de ces eaux et les normes considérées [Normes extraites de recommandations de l'Institut Pasteur de Lille et du décret du 3 janvier 1989 (journal officiel du 4 janvier 1989)], les eaux de ces trois puits du quartier d'Ambohimitsara Ambohimangakely ne sont pas potables.

Recommandations

Les études effectuées montrent une pollution de la nappe phréatique d'Ambohimangakely. Cette nappe, à partir de laquelle les puits domestiques fournissent de l'eau en permanence à la population, doit être protégée. Il est donc urgent de changer les comportements quotidiens qui mettent en péril sa qualité.

La gestion des déchets et des excréta doit être bien menée à domicile. Pour une meilleure qualité des eaux des puits, il faut :

✚ Construire les latrines :

- dans les zones non fissurées ;
- à fosse septique et puisard étanches ;
- en aval des puits et non le contraire
- le respect d'une distance minimale entre les latrines et le puits.

✚ Pour la réalisation des puits, il faudrait suivre les recommandations suivantes :

- creusement (en fin de saison sèche) ;
- dépôt de buses jointées : étanches au-dessus (cimentation) et poreuse au fond ;
- dépôt d'une couche de graviers entre le sol et les buses ;
- dépôt d'une couche de graviers au fond ;
- autres équipements : couvercle, tablier et pompe.

Prescription sur le choix du point d'implantation :

Accessibilité : à moins de 500 m des habitations à desservir ; accessible toute l'année même en période cyclonique.

Par rapport aux menaces climatiques : site à l'abri de submersion durant les périodes d'inondation ;

Par rapport aux sources de polluants : distance minimale à respecter en fonction des natures des sources de polluants.

Autres : possibilité d'évacuer les eaux de drainage vers des émissaires naturels ou caniveaux publics ; site faisant l'objet de l'acceptation sociale.

Prescription par rapport aux sources des pollutions

Tableau 7. Prescription sur le puits

Types	Périmètre de protection (m)
Latrines	30
Fosse septique étanche	10
Rejet de surface des eaux usées	50
Etang d'épuration	100
Réservoir de carburant hors sol	50
Installation de stockage de fumier	100
Zone d'épandage de fumier	30
Décharge	500
Puisard d'absorption	30

Structure

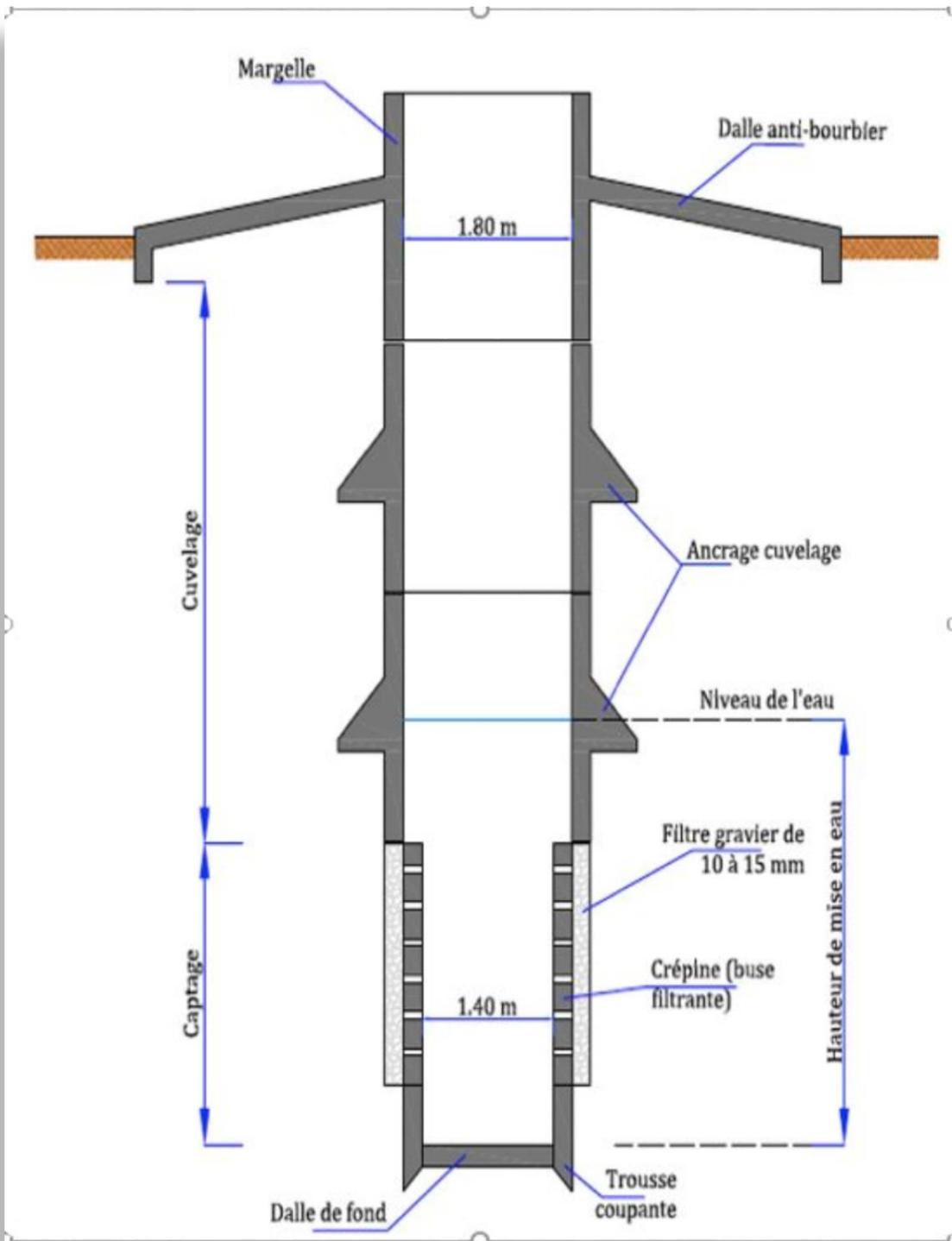


Figure 9. Structure d'un puits

Cuvelage

Figure 10. Tube utilisé en cuvelage

- ❖ Tubage en béton armé
- ❖ Etanchéité des jonctions assurées par des joints certifiés eau potable
- ❖ Niveau inférieur atteignant le niveau supérieur de la nappe phréatique après rabattement



Captage

- ❖ Saturée en eau de l'aquifère au moins à 5m sous la ligne de saturation ;
- ❖ Buse à barbacanes ayant un diamètre de 20mm chacun et un angle d'inclinaison de 45° vers l'extérieur et sont espacées de 10cm ;
- ❖ Massif filtrant d'une épaisseur de 5cm est constitué de graviers siliceux arrondis de dimensions de 10 à 15mm

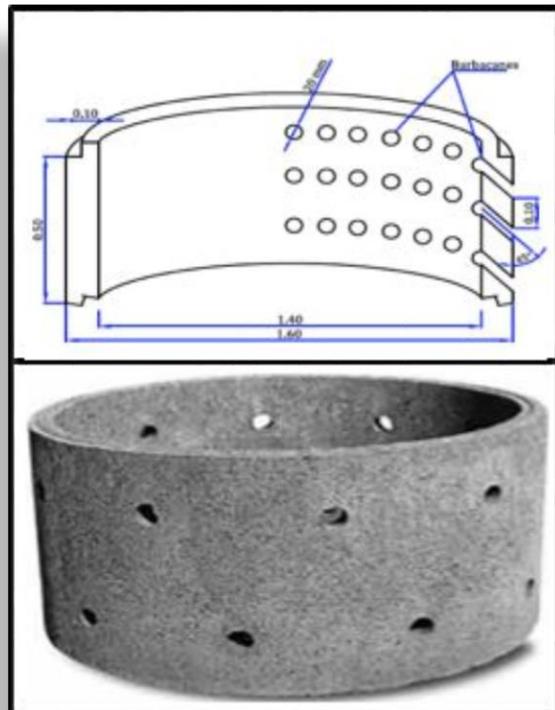


Figure 11. Buse utilisé en captage

*Références
Bibliographiques
et
Webographiques*

Références Bibliographiques

1. **Cours GIRE et NORME (2017)**. Facultés des Sciences de l'Université d'Antananarivo.
2. **Cours Microbiologie (2016)**. Facultés des Sciences de l'Université d'Antananarivo
3. **Cours d'Hydrologie (2015)**. Facultés des Sciences de l'Université d'Antananarivo
4. **Cours d'Hydrogéologie (2017)**. Facultés des Sciences de l'Université d'Antananarivo
5. **PROTOS (2006)**. La filière de l'eau. L'eau dans sa dimension internationale
6. **CULOT Marc (2006)**. Cours sur la désinfection et les substances actives désinfectantes. FSAGx, Belgique
7. **EDORH A. Patrick (2005)**. Cours de biochimie et bactériologie des eaux. IMSP, Porto-Novo
8. **Gouvernement du Canada (2017)**. Contamination des Eaux souterraines
9. **Ministère du développement durable, Environnement et Lutte contre les Changement Climatique (2016)**. Guide d'Interprétation du règlement sur la qualité de l'eau potable, Québec
10. **Ministère du développement durable, Environnement et Lutte contre les Changement Climatique (2017)**. La qualité de l'eau de mon puits, Québec
11. **Waris CHOUTI (2007)**. Evaluation de la qualité des eaux des puits munis e pompe dans la commune de Porto-Novo. Mémoire de DESS/DGE, Institut de Mathématique et de Sciences Physiques IMSP
12. **Ministère du développement durable, Environnement, Faune et Parc (2013)**. Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Québec
13. **TOXIKOA (2011)**, Bactériologie des eaux. Blog des étudiants en pharmacie, Constantine
14. **MIANDRA A. Léonie (2012)**. Suivi bactériologique des Eaux de puits dans deux sites de la ville d'Antananarivo. Mémoire de licence, Facultés des Sciences de l'Université d'Antananarivo
15. **Centre National des Recherches sur l'Environnement (2017)**. Protocole pour l'Analyse Bactériologique des eaux, Antananarivo

Références Webographiques

[http://Toxikoa.tk /documents analyse bactériologique pdf/Bactériologie des eaux_Toxikoa.html](http://Toxikoa.tk/documents_analyse_bactériologique_pdf/Bactériologie_des_eaux_Toxikoa.html) (06-07-2017)

http://www.biokar-diagnostics.fr/FT_BK030_BM148_v8.pdf (09-01-2018).

http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eaupotable/reglement/guide_interpretation_RQEP.pdf (17-12-2017)

[http://www.akvo.org/Collecte des eaux de source - Akvoedia.htm](http://www.akvo.org/Collecte_des_eaux_de_source_-_Akvoedia.htm) (Novembre 2017)

<http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/preventioncontrole/14-268-02W.pdf> (13-12-2017)

Annexes

ANNEXE I

Description des autres bactéries non étudiées

Les Coliformes fécaux (thermo tolérants) : présentent les mêmes propriétés que les coliformes totaux mais qui ils se développent à 44°C dont l'origine fécale est plus nette. La plupart d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de première importance. Par ailleurs, leur résistance aux agents désinfectants et notamment au chlore est voisine de la résistance des bactéries pathogènes vis-à-vis desquelles ce type de traitement est instauré. Leur présence dans l'eau de puits doit être interprétée comme l'indice d'une situation dangereuse.

Les Salmonelles : ce sont des bacilles Gram négatifs, qui sur milieu Hektoen, forment de petites colonies, lisses à contours réguliers, pigmentées en vert ou en bleu vert à centre noir.

Les Salmonelles se divisent en deux grands groupes : les typhoïdiques (hautement pathogènes) et les non typhoïdique.

Les spores de bactéries des anaérobies sulfite-réductrices : ce sont des formes de résistance de micro-organismes se développant en anaérobiose à 37°C ± 1 en 24h et ou 48h en gélose viande foie et donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium. L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside dans la propriété qu'ils sporulent, ce qui les rend particulièrement résistants aux traitements de désinfection.

ANNEXE II

Composition des milieux de culture

La Gélose de CHAPMAN

Formule (g /L)

- Extrait de viande.....1,0
- Peptone persique de viande.....5,0
- Tryptose.....5,0
- Mannitol.....10,0
- Chlorure de sodium.....75,0
- Rouge de phénol.....0,02
- Agar Agar.....15,0

pH=12

Le diluant EPT (Eau Peptonée)

L'eau peptonée est utilisée ici comme diluant.

Formule (g /L)

- Peptone.....10,0
 - Chlorure de sodium.....5,0
 - Phosphate di sodique dodécahydrater.....9,0
 - Phosphate mono potassium.....1,5
-
-

Gélose Lactoses au TTC et au Tergitol 7**Formule (g/L)**

- Peptone20,5
- Lactose.....20
- Tergitol 7.....0,1
- Bleu de bromothymol.....0,05
- Agar.....13
- pH =7,2

m - Enterococcus Agar**Formule (g/L)**

- Extrait enzymatique de caséine..... 15,0
- Extrait enzymatique de lait de soja.....5,0
- Extrait de levure.....5,0
- Dextrose2,0
- Phosphate dipotassique.....4,0
- Azide de sodium.....0,4

ANNEXE III

Normes extraites de recommandations de l'Institut Pasteur de Lille et du décret du 3 janvier 1989 (journal officiel du 4 janvier 1989)

	Eau alimentaire non traitée (1)
<i>Micro-organismes aérobies à 37°C en 24h</i>	< 10 (4)
<i>Micro-organismes aérobies à 22°C en 72h</i>	< 100 (4)
<i>Coliformes</i>	0/100 mL (3)
<i>Coliformes thermo-tolérants</i>	0/100 mL
<i>Streptocoques fécaux</i>	0/100 mL
<i>Spores de clostridium sulfito- réducteurs</i>	1/20 mL
<i>Staphylococcus aureus</i>	0/100 mL
<i>Salmonella</i>	0/5 L
<i>Entérovirus</i>	0/10 L

(1) Eau alimentaire non conditionnée en bouteille et glace alimentaire (décret du 3 janvier 1989)

(3) Pour 95% des échantillons

(4) Valeur guide

RASAMITAHIANISOA Judicaël Steven's Anthony
Contact : 0324429380 / 0332421973
e-mail : rasamitahiantsoa@gmail.com

ANDRIAMAMONJISOLOFO Aina Ambinintsoa Lucas
Contact : 0348744261
e-mail : andriamamonjisolof@gmail.com

Encadrant : Mr RASOLOMAMPIANINA Rado, Directeur de Recherches associé au Centre National de Recherches sur l'Environnement

Thème : *Impact des facteurs environnementaux sur la qualité Microbiologique des eaux de trois puits du quartier d'Ambohimitsara, Ambohimangakely*

Résumé :

Les eaux de puits sont de plus en plus utilisées dans les zones non bénéficiaires ou qui subissent des coupures fréquentes de l'eau de la JIRAMA. Les zones suburbaines sont surtout les grands consommateurs d'eaux de puits car ces eaux leur sont faciles d'accès, c'est le cas d'Ambohimitsara, Ambohimangakely.

Elles servent aux différents usages domestiques et destinées à la boisson et à la cuisson.

La construction des latrines autour de ces puits ne suit aucune norme. Deux puits observés se trouvent à moins de 15 mètres de la latrine la plus proche et un se trouve près d'une décharge.

Les couvertures de ces puits n'empêchent pas la contamination de ces eaux par les matières fécales.

Le présent travail s'est fixé comme objectif principal d'évaluer les impacts des facteurs environnementaux sur la qualité microbiologique des eaux de trois puits. L'analyse bactériologique qui a été effectuée sur trois échantillons de 100 mL révèle la présence des coliformes totaux, absence des streptocoques fécaux sur les trois puits. Ces analyses témoignent aussi la présence de staphylocoque sur les deux premiers puits (E₁ et E₂) tandis que le troisième (E₃) n'en montre aucune trace.

Mots-clés : Eau, puits, contamination, analyses, bactériologique, potable

Abstract:

Well waters are used more and more in zones non recipients or which undergo frequent cuts of JIRAMA water. Suburban zones are especially great consumers of well waters because these type of waters are easy access to them, it is the case of Ambohimitsara, Ambohimangakely.

They serve to different domestic uses and they are intended for drinking and cooking.

Latrines construction around these wells doesn't follow any norm. Two observed wells are less than 15 meters of the nearest latrine and another is close to a dump.

The covers of these wells don't prevent contamination of its waters by fecal matters.

The present work has fixed as the main objective of evaluating the impacts of the environmental factors on the microbiological quality of the waters of three wells. Bacteriological analysis which applied on three samples of 100 mL reveals total coliforms presence, fecal streptococci absence on the three wells. This analysis also reveals staphylococcus presence on the first two wells (E₁ and E₂) while the third (E₃) doesn't show any trace of it.

Key words: Well, water, contamination, analyzes, bacteriological, drinkable