

TABLES DES MATIERES

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	V
LISTE DES UNITES	VI
LISTE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES ANNEXES.....	X
GLOSSAIRE	XI
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIERE PARTIE :.....	3
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I : GENERALITE SUR LES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU.....	4
<i>I.1. Définition de quelque Concepts</i>	<i>4</i>
I.1.1. source d'approvisionnement en eau	4
I.1.2. Eau	4
I.1.3. Puits	5
<i>I.2. Différents types de sources d'Approvisionnement</i>	<i>6</i>
II : DESCRIPTION DES MICRO-ORGANISMES PATHOGENES.....	6
<i>II.1. Présentation des micro-organismes</i>	<i>6</i>
II.1.1. Bactéries pathogènes.....	6
II.1.2. Protozoaires	8
II.1.3. Virus	9
<i>II.2. Facteurs de prolifération des micro- organismes</i>	<i>11</i>
II.2.1. Solutés et l'activité de l'eau	11
II.2.2 Température	11
II.2.3. pH.....	12
II.2.4. Concentration en oxygène	12
II.2.5. Milieu nutritif	12
III : NOTION DE POTABILITE.....	12
<i>III.1. Méthodes de désinfection utilisés dans le traitement d'eau</i>	<i>12</i>
III.1.1. Chloration de l'eau	13
III.1.2. Ozonation.....	13
III.1.3. Stérilisation par les rayons U.V	13
III.1.4. Microfiltration.....	13
<i>III-2 Normes de potabilité</i>	<i>13</i>
III.2.1. Couleur	14
III.2.2. pH.....	14
III.2.3. Conductivité	14
III.2.4. Turbidité	15
III.2.5. Matière organique	15
III.2.6. Fer	15
III.2.7. Nitrate (NO_3^-)	16
III.2.8. Nitrite (NO_2^-).....	16
III.2.9. Sulfate	16
III.2.10. Phosphate	16
III.2.11. Ammonium	17
III.2.12. Dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH)	17
III.2.13. TA et TAC.....	17

DEUXIEME PARTIE :	19
MATERIELS ET METHODES	19
I : EAUX DE PUIITS DANS LE MILIEU URBAINE.....	20
I.1. Localisation de la zone d'étude	20
I.2. Généralité sur la population	20
I.3. Géologie et Relief.....	22
I.4 Hydrographie.....	22
I.5. Description des puits.....	22
II : MATERIELS	24
II.1. Questionnaire d'enquête	24
II.2. Eau.....	24
II.3. Appareils.....	24
II.4. Matériels de prélèvement.....	24
II.4.1. Matériels de prélèvement destiné aux analyses physico-chimiques	25
II.4.2. Matériels de prélèvement destinés aux analyses bactériologiques.....	25
III : METHODOLOGIES	25
III.1. Enquêtes de terrain	25
III.2. Analyses des échantillons d'eau	25
III.2.1Physico-chimique.....	26
III.2.2. Bactériologique	26
III.3. Détermination de la demande en chlore	28
III.4. Observation directe	29
III.5. Choix du site de prélèvement et des enquêtes de terrain.....	30
III.6. Sources de contamination des puits	30
TROISIEME PARTIE:	32
ANALYSES ET INTERPRETATION	32
I : RESULTATS ET DISCUSSION	33
I.1. Normes de la qualité des eaux.....	33
I.2. Résultats et interprétation des analyses physico-chimique.....	34
I-2-1 Résultats des analyses physico-chimique des eaux de puits pendant la période d'étiage	35
I-2-2 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de puits pendant les période crue.....	42
I.2.3. pH.....	49
I.2.4. Nitrate (NO ₃ ⁻).....	49
I.3. Résultat des analyses bactériologiques.....	49
I.4. Résultat de la détermination de la demande en chlore.....	52
I.4.1. Résultats des essais et interprétation	52
II. PRESENTATION DES RESULTATS DES ENQUETES DE TERRAIN	55
II-1. Résultat d'enquête ménage	55
II.1.1-Information générale.....	55
II.1.2. Enquête sur l'eau de boisson	57
II.1.3. Enquête sur le matériel de transport et stockage de l'eau	60
II.1.4. Enquête sur la maladie	61
II.2. Méthode d'élimination des nitrates	62
II.2.1. Dénitratation par résine échangeuse d'ions	62
II.2.2. Dénitrification par traitement biologique	62
II.2.3. Elimination des nitrates par filtration membranaire	64
III : RECOMMANDATIONS.....	62
CONCLUSION	66

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES	XII
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	XII
ANNEXES.....	XIII

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AEPG : Adduction d'Eau Potable par Gravitaire

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ARN : Acide Ribonucléique

DIEPA : Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement

DMA : Doses Maximales Admissibles

E. Coli : *Escherichia Coli*

E : Equation

JIRAMA : Jiro sy Rano Malagasy

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

pH : Potentiel Hydrogène

R : Relation

TDS : Total Dissolved Solids ou matières dissoutes totales

TH : Titre Hydrotimétrique

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

UV : Ultra-Violet

LISTE DES UNITES

°C : Degré Celsius

°F : Degré Français

g : Gramme

h : Heure

Ha : Hectare

Kg : Kilogramme

L : Litre

m : Mètre

mm : Millimètre

mn : Minute

mg.L⁻¹ : Milligramme par litre

V.M.A : Valeur Maximale Admissible

V.Mn.A : Valeur Minimale Admissible

μS.cm⁻¹ : Micro Siemens par Centimètre

% : Pourcent

μm : Micromètre

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: CYCLE DE L'EAU.....	5
FIGURE 2 : REPERAGE ET VUE SATELLITE DU QUARTIER D'AMBODIHADY AMBOHIMANARINA	20
FIGURE 3 : PHOTOS DES PUIITS	23
FIGURE 4: PHOTO DE LA COLONIE NOIRE	27
FIGURE 5: PHOTO DE LA COLONIE HALO JAUNE	28
FIGURE 6: PHOTO DE LA COLONIE ROUGE VIOLACEE.....	28
FIGURE 7: COURBE DE CHLORATION AU « BREAK POINT » DES CINQ PUIITS	54
FIGURE 8 : DIFFERENTES FORMES DE CHLORE RESIDUEL	55
FIGURE 9 : SCHEMAS MONTRANT LE PROCESSUS DE LA DENITRIFICATION	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Bactéries pathogènes	7
Tableau 2: Protozoaires d'origine hydrique	9
Tableau 3: Virus entéropathogènes responsables des gastro-entérites.....	10
Tableau 4: Virus pathogènes d'origine entérique non entéropathogènes	10
Tableau 5 : Classification des eaux selon leur dureté	17
Tableau 6 : Tableau de la répartition du secteur dans le fokontany d'Ambodihady Ambohimanarina	21
Tableau 7 : Classification des germes indicateur de pollution.....	27
Tableau 8: Normes de potabilité (physico-chimique) Malagasy (Décret n° 2004-635 du 15/06/04) ...	33
Tableau 9 : Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n°1 pendant la période étiage.....	35
Tableau 10 : Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n°2 pendant la période d'étiage.	36
Tableau 11 : Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n° 3 pendant la période d'étiage.	37
Tableau 12 : Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n° 4 pendant la période d'étiage.	39
Tableau 13: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n° 5 pendant la période d'étiage.	40
Tableau 14: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n°1 pendant la période crue.....	42
Tableau 15: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n°2 pendant la période crue.....	43
Tableau 16: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux de puits n° 3 pendant la période crue.....	44
Tableau 17: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux de puits n° 4 pendant la période de crue	45
Tableau 18: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux de puits n° 5 pendant la période de crue	47
Tableau 19 : Résultats des analyses bactériologiques des 5 puits en période d'étiage comparant aux normes.....	50

Tableau 20 : Résultats des analyses bactériologiques des 5 puits en période pluvieuse comparant aux normes.....	51
Tableau 21 : Résultats des essais de demande en chlore des cinq puits	53
Tableau 22 : Age/ Niveau d’instruction/ Nombre de personne dans le ménage.....	56
Tableau 23 : Résultats des enquêtes sur l’eau de boisson.....	57
Tableau 24 : Résultats des enquêtes sur le transport/stockage de l’eau	60
Tableau 25 : Résultats des enquêtes sur les maladies	61

Liste des annexes

Annexe 1 : Méthode d'Analyse Physico-chimique des échantillons des eaux de puits

Annexe 2 : Courbes individuelles représentatives de demande en chlore

Annexe 3 : Test questionnaire

Annexe 4 : Photos montrant les alentours des puits

GLOSSAIRE

Assainissement : est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement dans ses différents composants .Il comprend la collecte, le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments.

Anthropique : est la transformation d'espaces, de paysages, d'écosystèmes ou de milieux semi –naturels sous l'action de l'homme.

Captage : est un dispositif de prélèvement (collecte passive ou pompage) d'eau potable soit à partir d'une source qui sort naturellement de terre ,soit à partir d'une nappe d'eau souterraine ou soit à partir d'un cours d'eau, d'un lac naturel ou du réservoir d'un barrage .

Climatologie : est la branche de la géographie physique, et l'étude du climat, c'est-à-dire la succession des conditions météorologiques sur de longues périodes dans le temps.

Concentration osmotique : est la mesure de concentration d'une solution, d'un colloïde ou d'un composé chimique, exprimée en nombre de particules (osmoles) par litre.

Forage : est l'ensemble des techniques permettant de creuser un puits jusqu'à des profondeurs parfois très élevées.

Fokontany : est à l'origine, un village traditionnel malgache. Il est aujourd'hui une subdivision administrative de base malgache. Il comprend soit des hameaux, des villages, des secteurs ou des quartiers.

Géologie : est la science dont le principal objet d'étude est la Terre, et plus particulièrement la lithosphère.

Hydrologie : est la science de la terre qui s'intéresse au cycle de l'eau, c'est-à-dire aux échanges entre l'atmosphère, la surface terrestre et son sous-sol.

Nappe d'eau souterraine : Une nappe d'eau souterraine est une eau contenue dans les interstices ou les fissures d'une roche du sous-sol qu'on nomme aquifère. Seule l'eau libre, c'est-à-dire capable de circuler dans la roche fait partie de la nappe. Ce type de réservoir peut être exploité et peut approvisionner les réseaux de distribution d'eau potable.

Oxydation : est la réaction chimique, souvent provoquée par l'oxygène, par laquelle on retire des électrons à un atome ou à une molécule.

Pouvoir rémanent : est un effet qui protège l'eau d'une nouvelle contamination lors du stockage (effet de désinfection dans le temps).Après désinfection, il peut subsister quelques germes banals, car la désinfection n'est pas une stérilisation.

Secteur : est une subdivision d'un fokontany.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un élément indispensable à tout être vivant. Homme, animaux et plantes, tous ont besoin de leurs rations quotidiennes d'eau. En général, une personne adulte devrait boire 1,5 litre d'eau par jour.

L'eau est abondante sur notre planète. Mais le fait est qu'elle est inégalement répartie sur la surface de la terre, et de plus les eaux de la nature ne sont pas toutes consommables. L'eau transporte en son sein toutes sortes de substances dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu naturel dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines. L'eau est ainsi le vecteur de transmission de nombreuses maladies.

Vers les années soixante-dix, l'accès à l'eau potable est devenu une préoccupation mondiale. L'alimentation en eau potable prend une place importante dans la vie de toute population et fait, sans cesse, l'objet de conférence et de réflexion entre Etats, entre nations. La communauté internationale, qui s'est réuni à Mar Del Plata en Argentine en 1977, a décrété que la période allant de 1981 à 1990 serait la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA). L'objectif étant de diminuer les maladies hydriques. En 2000, l'Organisation des Nations Unies a fixé dans sa cible 10, objectif 7 des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), que de 2000 à 2015, le pourcentage de la population qui n'a pas accès de façon durable à un approvisionnement en eau serait réduit de moitié.

Malgré les efforts internationaux, force est de constater que les pays du tiers monde présentent encore de nombreux habitants n'ayant pas accès à l'eau potable. Cela peut s'expliquer par l'absence de moyen technique et financier nécessaire à son approvisionnement. De ce fait, dans les pays sous-développés, les populations pratiquent encore les moyens traditionnels d'approvisionnement. En milieu urbain, elles ont recours généralement aux eaux de puits pour répondre à leurs besoins de consommation. Or, l'utilisation de l'eau de mauvaise qualité influe sur la santé et cause de nombreuses maladies hydriques. L'on se demande, alors, si ces eaux de puits sont potables? En d'autre terme, est ce que les eaux de puits urbaines sont consommables, buvables ?

La pertinence de cette problématique est intéressante à étudier pour le cas de Madagascar. En effet, Antananarivo, la capitale, présente de nombreuses populations se fournissant d'eaux de puits pour subvenir à leur consommation quotidienne.

Le présent mémoire essaie de contrôler, d'évaluer et d'étudier la qualité des eaux de puits de la ville d'Antananarivo et plus précisément de la VIème Arrondissement. L'analyse s'appuiera d'une étude de cas pratique des puits du fokontany d'Ambodihady, VI ème Arrondissement.

De manière spécifique, il sera question d'analyser les qualités physico-chimiques et bactériologiques des eaux qui provient de ces puits ; de demander les opinions des usagers : sur la qualité des eaux qu'ils consomment (gout, odeur, saveur...), sur les facteurs d'insalubrité de ces puits, sur les maladies touchant les consommateurs. Ainsi que de faire des essais de traitements pour une éventuelle amélioration de la qualité de ces eaux.

Après une première partie qui présentera une synthèse bibliographique, la deuxième partie se consacrera à la démarche méthodologique et au cadre de l'étude, et en troisième partie on apportera les analyses et interprétation.

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Suivant le plan que nous avons énoncé ultérieurement, dans cette première partie, il sera question d'une synthèse bibliographique. Comme notre étude se concentre sur les analyses et essais de traitement des eaux de puits d'un fokontany du VIème arrondissement, nous avons essayé de décrire les concepts de base autour de ce thème. C'est-à-dire parler de ce que l'on entend par eaux de puits, et les organismes pathogènes qui peuvent y être présent. Mais aussi, les modes de traitement de ces eaux qui existent.

I : GENERALITE SUR LES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU

I.1. Définition de quelque Concepts

I.1.1. source d'approvisionnement en eau

La source d'approvisionnement en eau est le lieu où l'ouvrage à partir duquel le ménage s'approvisionne en eau pour son usage domestique quotidien.

I.1.2. Eau

Au commencement était l'eau, la genèse l'affirme et la science le confirme: la vie vue sur terre a commencé dans l'eau, matrice universelle. L'eau voyage entre ciel et terre. C'est la même eau qui circule partout, recyclée sans cesse depuis 3 milliards d'années comme nous le montrent les sciences contemporaines, la géologie, la météorologie, la climatologie et l'hydrologie, voici le schéma montrant ce cycle¹.

¹ www.cieau.com

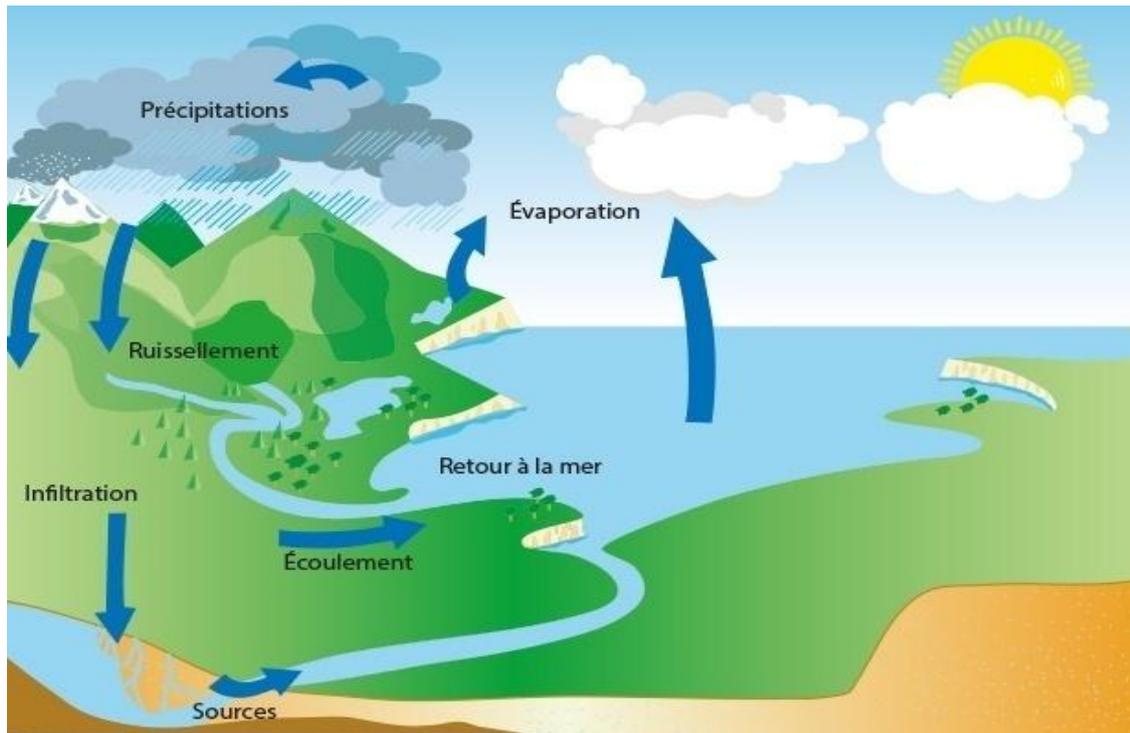


FIGURE 1: CYCLE DE L'EAU

Ce cycle donne le bilan hydrique de l'eau qui se conserve dans un système quelconque :

$$P = R + I - ET \pm S \quad (E_1)$$

P : quantité de pluie tombée

R : quantité d'eau de ruissellement

I : quantité d'eau filtrée

ET : quantité d'eau évaporée

S : quantité d'eau stockée ou utilisée

Une eau contaminée ou manquante peut provoquer une déficience dans chacun de ces principaux usages et peut provoquer des catastrophes sanitaires ou des problèmes dans l'environnement.

1.1.3. Puits

Un puits à eau est le résultat d'un terrassement vertical, mécanisé (par forage, havage, etc.) ou manuel, permettant l'exploitation d'une nappe d'eau souterraine, autrement dit un aquifère. L'eau peut être remontée au niveau du sol grâce à un seau ou une pompe, manuelle ou non. Les puits sont très divers, que ce soit par leur mode de creusement, leur profondeur, leur volume d'eau, ou leur équipement.

Le diamètre d'un puits est entre 0,5 à 5 m, le côté de profondeur peut atteindre jusqu'à 30 m.

1.2. Différents types de sources d'Approvisionnement

Les sources d'approvisionnement en eau ont été classées en 2 catégories :

Améliorée : une source d'approvisionnement en eau est dite améliorée lorsque la conception et la construction de l'ouvrage, depuis son point de captage jusqu'à son exhaure, protège suffisamment la source d'eau ou le point d'approvisionnement en eau des contaminations extérieures et que l'eau ainsi collectée peut être qualifiée de potable ou propre à la consommation. Exemple : les robinets domestiques ou publics connectés à une adduction d'eau potable gravitaire (AEPG) ou à une adduction d'eau potable utilisant des eaux de surfaces traitées, les forages et les puits équipés de pompes à motricité humaine.

Non améliorée : Une source d'approvisionnement en eau est dite non améliorée quand elle n'est pas protégée de toute sorte de pollution extérieure et que l'eau ne peut être utilisée pour la consommation humaine .exemple : puits sans pompe non recouvert, source non protégée, rivière, barrage, lac, mare, fleuve, canal d'irrigation².

II : DESCRIPTION DES MICRO-ORGANISMES PATHOGENES

II.1. Présentation des micro-organismes

Un micro-organisme ou microbe est un organisme vivant, invisible à l'œil nu, qui ne peut être observé qu'à l'aide d'un microscope .

Dans l'eau, il existe trois types des micro-organismes pathogènes :

- les bactéries pathogènes
- les protozoaires
- les virus

II.1.1. Bactéries pathogènes

Les bactéries sont des organismes unicellulaires qui ont une taille variable de 0,1 à 10 µm.

Le caractère pathogène est propre à certains types de bactéries; toutefois, il existe des germes, habituellement dénués de virulence, qui peuvent manifester une certaine pathogénicité quand les conditions du milieu leur sont favorables ou qu'ils pénètrent, par accident, dans une voie

² Livret des sources d'approvisionnement en eau WWW pseau .org /outils /ouvrage mineau

inhabituelle (cas par exemple de colibacilles dans le sang). La majorité de ces bactéries sont pathogènes facultatives et peuvent se développer dans la nature sur les dépotoirs d'ordure ou chez des sujets malades. Certaines sont dites pathogènes obligatoires dès lors qu'elles sont incapables de se multiplier hors d'un foyer infectieux et leur présence signale la maladie. Parmi les principales bactéries pathogènes émises vers le milieu récepteur par les porteurs sains ou malades et pouvant être transmises par voie hydrique à des individus non immunisés, on trouve selon le tableau 1 ci-après :

Tableau 1: Bactéries pathogènes 3

<i>Agent pathogène</i>	<i>Maladies transmises</i>	<i>Importance sanitaire</i>	<i>Dose infectante relative en ucf</i>	<i>Voie principale de transmission</i>
<i>Salmonella typhi</i>	Fièvre typhoïde	Grande	Modérée: 10^3	Orale
<i>Salmonella spp</i>	Gastro-entérite	Grande	Elevée: 10^5 à 10^7	Orale
<i>Campylobacter coli</i> et <i>C. jejuni</i>	Gastro-entérite	Grande	Modérée: moins de 500	Orale
<i>Shigella spp</i>	Gastro-entérite, Dysenterie bacillaire	Grande	Modérée: 10^2	Orale
<i>Escherichia coli O157 H7</i>	Gastro-entérite	Grande	Faible: 100	Orale
<i>Vibrio cholera</i>	Choléra	Grande	Elevée: 10^6	Orale
<i>Vibrio spp</i>	Gastro-entérite	Grande	Elevée: plus de 10^6	Orale
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Diarrhée sanguinolente	Grande	Elevée: 10^6	Orale

³ VERMEYLEN Anne (2007). *Cours de microbiologie*. Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix de Namur, Belgique

<i>Aeromonas spp</i>	Diarrhée	Modérée	Elevée: 10 ⁸	Orale Contact cutané
<i>Legionella spp</i>	Diarrhée	Modérée	Grande	Inhalation
<i>Mycobacterium atypique</i>	Diarrhée	Population à risques	Population à risques	Contact cutané Inhalation
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Septicémie Gastro-entérite	Modérée	Elevée	Ingestion contact cutané

ucf =1 bactérie

II.1.2. Protozoaires

Un protozoaire est un organisme unicellulaire qui contient un noyau. Ils sont très mobiles et se nourrissent de nutriments solides. Les protozoaires sont de taille variable entre 1 et 20 µm. Il s'agit des organismes biologiques pathogènes dont la présence dans l'eau de consommation constitue des risques majeurs de détérioration de la santé. Le système de classification proposé dans le tableau 2 ne peut être considéré comme universel, il existe des variantes.

Tableau 2: Protozoaires d'origine hydrique⁴

<i>Agent pathogène</i>	<i>Maladies transmises</i>	<i>Importance sanitaire</i>	<i>Dose infectante relative en ucf</i>	<i>Voie principale de transmission</i>
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhée aiguë	Grande	Faible: 1 à 10	Orale
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Diarrhée	Grande	Faible: 5 à 10	Orale
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie	Grande	Faible: 10 à 100	Orale
<i>Acanthamoeba spp</i>	Méningo-encéphalite	Modérée	inconnue	Contact cutané Inhalation
<i>Naegleria fowleri</i>	Méningo-encéphalite	Modérée	Faible	Contact cutané
<i>Balantidium</i>	Balantidiase	Modérée	Faible: 25 à 100	Orale

ucf =1 bactérie

II.1.3. Virus

Les virus sont un groupe très petit d'agents causant l'infection. La particule d'un virion ou d'un virus est seulement une petite entité de matière génétique (ADN ou ARN), entourée par un manteau de protéine. Ils sont visibles seulement au microscope électronique et ils ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante. La taille d'un virus peut être de 0,01 à 0,1µm. Lorsqu'une telle cellule a été attaquée par un virus, elle se transforme bientôt dans sa totalité en un amas granuleux de nouveaux virus prêts à infecter de nouvelles cellules. Les virus cités ci-dessous (tableau 3) peuvent se retrouver dans l'eau.

⁴ VERMEYLEN Anne (2007). *Cours de microbiologie*. Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix de Namur, Belgique

Tableau 3: Virus entéropathogènes responsables des gastro-entérites⁵

<i>Agent pathogène</i>	<i>Maladies transmises</i>	<i>Importance sanitaire</i>	<i>Dose infectante relative en ucf</i>	<i>Voie principale de transmission</i>
<i>Calicivirus humains: Norovirus</i>	Gastro-entérite aiguë	Grande	Faible	Orale
<i>Saprovirus</i>	Gastro-entérite	Modérée	Faible	Orale
<i>Astrovirus</i>	Gastro-entérite	Grande	Faible	Orale
<i>Rotavirus</i>	Gastro-entérite	Grande	Faible: 10 à 100 particules	Orale
<i>Adénovirus entériques 40, 41</i>	Infection respiratoire, Conjonctivite	Modérée	Faible	Orale

ucf =1 bactérie

Tableau 4: les virus pathogènes d'origine entérique non entéropathogènes⁶

<i>Agent pathogène</i>	<i>Maladies transmises</i>	<i>Importance sanitaire</i>	<i>Dose infectante relative en ucf</i>	<i>Voie principale de transmission</i>
<i>Entérovirus:</i> - <i>Poliovirus</i> - <i>Virus coxsackie A</i> - <i>Virus coxsackie B</i> - <i>Echovirus</i> - <i>Entérovirus 68 à 71</i>	Poliomyélite Infection respiratoire, méningite Myocardite, pleurodynie Méningite, infection respiratoire méningite, encéphalite, conjonctivite	Grande	Faible: 1 à 72	Orale
<i>Virus de l'hépatite A et E</i>	Hépatite infectieuse	Grande	Faible	Orale

ucf =1 bactérie

⁵ VERMEYLEN Anne (2007). *Cours de microbiologie*. Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix de Namur, Belgique

⁶ VERMEYLEN (A), 2007

Le rôle de l'eau dans la transmission de certaines maladies virales est trop controversé. Les cas où l'on a attribué une origine hydrique à des épidémies virales, l'eau a toujours subi une contamination massive par les eaux d'égout ou stagnantes. On connaît encore mal les doses minimales infectantes. Si les virus sont présents dans l'eau, ils se trouvent généralement à faible quantité.

II.2. Facteurs de prolifération des micro-organismes

La survie de toute espèce dépend de l'eau, de la nourriture, d'un environnement où la sécurité et le confort physique que lui offre le climat relativement stable qui ne subit pas de variation brusque avec le temps.

La croissance de tout organisme est considérablement influencée par la nature de l'environnement. Les paramètres favorisant la survie ou la reproduction des micro-organismes sont nombreux. On peut retenir entre autres les solutés et l'activité de l'eau, la température, le pH, la concentration en oxygène et le milieu nutritif.

II.2.1. Solutés et l'activité de l'eau

Les micro-organismes peuvent être influencés par des modifications de la concentration osmotique de leur environnement parce qu'ils en sont séparés par une membrane plasmique perméable sélective. La plupart des bactéries ont une membrane cellulaire rigide qui maintient la forme et l'intégrité de la cellule.

II.2.2. Température⁷

Les micro-organismes, comme tous les êtres vivants, sont profondément affectés par la température de leur environnement. Ce paramètre physique influence la multiplication microbienne ainsi que le métabolisme. Selon la température optimale de développement, les micro-organismes sont classés en trois catégories:

- les germes mésophiles qui préfèrent 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 thermophiles qui se multiplient préférentiellement entre 45 et 85°C.

Toutefois nous notons dans certains cas des chevauchements. Ainsi certains mésophiles peuvent être des thermophiles facultatifs et inversement.

⁷ VERMEYLEN Anne (2007). *Cours de microbiologie*. Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix de Namur, Belgique

Il convient de signaler que la majorité des bactéries pathogènes sont des mésophiles.

II.2.3. pH

Les micro-organismes se multiplient dans une gamme étendue de pH. Cependant chaque espèce a un pH optimum de croissance. Les bactéries se multiplient en milieu neutre ou légèrement alcalin ($7 < \text{pH} < 7,5$). Pour survivre, ils 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 8.⁸

II.2.4. Concentration en oxygène

La présence ou non de l'oxygène est déterminante dans la croissance des micro-organismes. On distingue les bactéries aérobies strictes qui nécessitent l'oxygène libre pour leur développement, celles qui sont anaérobies facultatives et celles qui sont anaérobies strictes.⁹

II.2.5. Milieu nutritif

Outre les facteurs ci-dessus, les micro-organismes se multiplient à partir des aliments ou nutriments qui sont dans leur environnement. Parmi ces besoins, on peut citer : l'eau, le carbone, l'azote et certains minéraux. Néanmoins il existe des constituants spécifiques ou métabolites indispensables à la vie cellulaire mais qui varient d'un groupe (ou d'une espèce) de microorganismes à l'autre.

III : NOTION DE POTABILITE

III.1. Méthodes de désinfection utilisés dans le traitement d'eau

La désinfection consiste à utiliser un procédé physique ou chimique permettant de détruire tous les micro-organismes pathogènes dans le milieu et d'anéantir ceux qui sont autochtones c'est-à-dire les germes banals. Il existe actuellement quatre méthodes courantes pour la désinfection de l'eau : la chloration de l'eau, l'ozonation, la stérilisation par les rayons U.V, la microfiltration.

⁸ GRIMONT FABER et coll, 1961, Bactériologie Médicale. Entérobactérie, Flammarion, Paris

⁹ J. RODIER 1975 Analyse de l'eau : eaux naturelles ; eaux résiduaires ; eaux de mer. Tome 1, 5ème édition DUNOD,

III.1.1. Chloration de l'eau

La désinfection par le chlore est la plus utilisée car moins coûteuse et plus facile à mettre en application. En effet, le chlore et ses composés (exemple l'hypochlorite de calcium) sont bons marchés et faciles à obtenir. Il faut noter que son pouvoir rémanent fait de lui un produit très conseillé pour la désinfection de l'eau. Ses désavantages sont : il donne un goût caractéristique à l'eau, certains de ses dérivés sont dangereux, son installation nécessite le transport et le stockage de produit toxique et son efficacité dépend du pH de l'eau.

III.1.2. Ozonation

Le traitement de l'eau avec l'ozone est un procédé automatique qui permet de détruire les matières organiques, les bactéries, les germes et les virus. L'ozone désinfecte, améliore la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. Il se décompose facilement en oxygène sans laisser de produits dérivés dans l'eau comme le chlore. Il y a moins de produits chimiques qui agressent les yeux, la peau ou les cheveux. L'ozone étant très instable, il faut donc le préparer au fur et à mesure des besoins. Ses désavantages sont : sa production consomme de l'énergie, son utilisation est assez complexe et demande un investissement de départ très important, il ne possède pas de pouvoir rémanent.

III.1.3. Stérilisation par les rayons U.V

La stérilisation de l'eau par rayonnement UV consiste simplement à faire passer l'eau à désinfecter dans un tube de quartz, contenant un tube à rayonnement UV (Ultra-Violet). Ce rayonnement UV ayant la particularité de détruire toute matière vivante. Il n'y a pas de stockage de produits chimiques et le traitement ne laisse aucun dérivé et aucune odeur dans l'eau. Mais, il inactive les bactéries sans les éliminer, il n'a pas d'effet rémanent.

III.1.4. Microfiltration

Les microfiltres utilisés ont des pores suffisamment petits (0,2 micromètre) pour arrêter les bactéries présentes dans l'eau. Le système est très simple et les bactéries sont enlevées de l'eau et pas seulement inactivées. Mais c'est un système coûteux à l'utilisation car il faut renouveler régulièrement les cartouches filtrantes, il n'y a aucun effet sur les virus et n'a pas de pouvoir rémanent.

III-2 Normes de potabilité

Une eau est dite potable lorsqu'elle ne présente aucun danger 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 sans danger quotidiennement 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 :

III.2.1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

L'eau potable examinée sous une épaisseur moyenne de 20 cm est incolore; sous une épaisseur de quelques mètres, l'eau pure a une coloration bleue. En fonction de la turbidité, de la présence de plancton, des matières en solution (acides humiques, fer, manganèse, rejets industriels), elle pourra virer au vert, jaune ou brun.

III.2.2. pH

Le pH est une mesure physico-chimique effectuée à l'aide d'un pH mètre qui permet de savoir si l'eau est acide, basique ou neutre.

L'échelle des pH varie de 0 à 14.

- $\text{pH} < 7$: l'eau est acide, la concentration en ions hydroxydes est inférieure à la concentration en ions oxonium notée par $[\text{OH}^-] < [\text{H}_3\text{O}^+]$.
- $\text{pH} > 7$: l'eau est basique, la concentration en ions oxonium est inférieure à la concentration en ions hydroxydes notée par $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$.
- $\text{pH} = 7$: ce pH indique la neutralité, il y a égalité de la concentration en ions hydroxydes et en ions oxonium de l'eau notée par $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$.

III.2.3. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée.

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau et la présence probable d'une pollution

La conductivité est fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C.

On peut distinguer des types d'eau en fonction de sa conductivité :

- **Une eau faiblement minéralisée** (conductivité < 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$) peut entraîner une dissolution des métaux toxiques comme le plomb.

- **Une eau moyennement minéralisée** (180 μS < conductivité < 1000 μS)

- **Une minéralisation trop importante** (conductivité > 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) peut avoir un gout salé.

III.2.4. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension.

III.2.5. Matière organique

La matière organique contenue dans les eaux est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections des organismes vivants).

La matière organique peut se rencontrer dans l'eau soit dissoute, soit sous forme particulaire visible.

III.2.6. Fer

Le fer est Très oxydable, il est peu présent dans les eaux de surface aérées. En revanche, dans les eaux souterraines, on en retrouve parfois des concentrations importantes. En effet, le fer se trouve en solution dans les eaux privées d'oxygène. Suivant les cas, il pourra exister à l'état colloïdal, sous formes de complexes organiques ou minéraux. Au contact de l'air, on assiste à une précipitation due à l'oxydation de ce métal. Le fer peut se présenter sous deux formes dans l'eau : le fer dissous, et le fer présent sous formes de particules en suspension.

Le fer dissous est un indicateur de suivi de la corrosion, Sur tous types d'eau et de traitement.

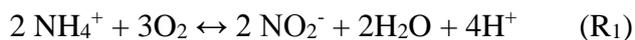
Le fer en suspension est présent sous plusieurs formes: métallique ou oxyde ferreux noir il est magnétique, sous forme d'oxyde ferrique de couleur rouille il est non magnétique.

III.2.7. Nitrate (NO₃⁻)

La présence de nitrate dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), domestique (excréta) ou industrielle. Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote.

La présence de nitrate dans l'eau implique que l'eau est polluée en matière organique, ils peuvent être dus par une réaction d'oxydation complète de l'ammonium en présence d'un catalyseur enzymatique relié à des bactéries dans les sols et dans l'eau.

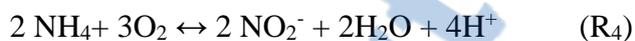
Selon la réaction :



III.2.8. Nitrite (NO₂⁻)

Les nitrites constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH₄⁺) et les nitrates. On ne les rencontre que lorsqu'il existe un déséquilibre au niveau de l'oxygénation ou de la flore bactérienne.

Les nitrites peuvent se former à partir d'une réduction des nitrates ou à partir d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque.



III.2.9. Sulfate

Les sulfates sont les sels de l'acide sulfurique. Les sulfates se forment dans des conditions variées : par condensation de fumerolles volcaniques; par altération des minerais sulfurés, ils apparaissent dans la zone d'oxydation des gîtes métallifères ; par précipitation directe, ils constituent une bonne part des gangues hydrothermales et des séries sédimentaires à « évaporites ».

III.2.10. Phosphate

Le phosphate provient du phosphore minéral, c'est un agent fertilisant au même titre que les nitrates. Le phosphate est apporté par certain type de traitement, il existe sous forme libre (ortho-phosphate), de polyphosphate ou de phosphate lié à des produits organiques (phosphonates).

III.2.11. Ammonium

L'ammonium est une forme réduite de l'azote (NH_4^+). L'ammoniaque est fréquemment présente dans des sources d'eaux souterraines où il n'y a pas d'oxygène. Il est parfois présenté comme une molécule d'ammoniac ionisée. L'ammonium naturel est un produit de la biodégradation des matières animales et végétales. Les terres agricoles régulièrement fertilisées présentent souvent de fortes concentrations d'ammonium. La substance en elle-même est relativement peu dangereuse mais lorsque le pH est élevé, elle se transforme en ammoniaque, qui est toxique pour les poissons et d'autres espèces aquatiques.

III.2.12. Dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH)

La dureté correspond à la présence de sels de calcium et de magnésium dans l'eau. En fonction de leur dureté, définie par le titre hydrotimétrique (TH) les eaux peuvent être classés suivants les indications dans le tableau 5 suivant:

Tableau 5 : Classification des eaux selon leur dureté

TH (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 et plus	Eau très dure

Source : Memento technique JIRAMA

III.2.13. TA et TAC

Le Titre Alcalimétrique (TA) et le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) traduisent l'alcalinité d'une eau. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisqu'ils dépendent de l'équilibre calco-carbonique.

Le TA et le TAC mesurent respectivement les concentrations en OH^- et CO_3^{2-} et l'ensemble des anions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- , HSiO_3 .

Dans les eaux potables, la concentration en OH^- étant faible et donc négligeable, l'alcalinité de l'eau est constituée des seuls HCO_3^- ou d'un mélange CO_3^{2-} et HCO_3^-

- eau ne contenant que des hydrogénocarbonates :

$$\text{TA} = 0 \quad \text{TAC} = \text{HCO}_3^- \quad (\text{E}_2)$$

- eau contenant un mélange carbonates/hydrogénocarbonates :

$$\text{TA} : \text{CO}_3^{2-}/2 \quad \text{TAC} = \text{HCO}_3^{2-} + 2 \text{TA} \quad (\text{E}_3)$$

Si cette première partie nous a éclaircis sur des définitions de base concernant les eaux de puits ainsi que sur leur modalité possible de traitement. Nous allons aborder dans la partie qui suit, les matériels et les méthodes d'analyses des eaux ainsi que ses essais de traitement

DEUXIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODES

I : EAUX DE PUIITS DANS LE MILIEU URBAIN

1.1. Localisation de la zone d'étude

La zone d'intervention se trouve dans les environs du Fokontany d'Ambodihady Ambohimanarina, VIème arrondissement. Sa superficie mesure 107,60 Ha.

La zone est constituées de 10secteurs dont: Avaratra, Antanana, Mangarivotra, Antsahasoa, Andrefana, Atsimo, Ankadilalana, Karièra, Andranoambo, Ambadiky Andrefana, Sa population est de 13890.

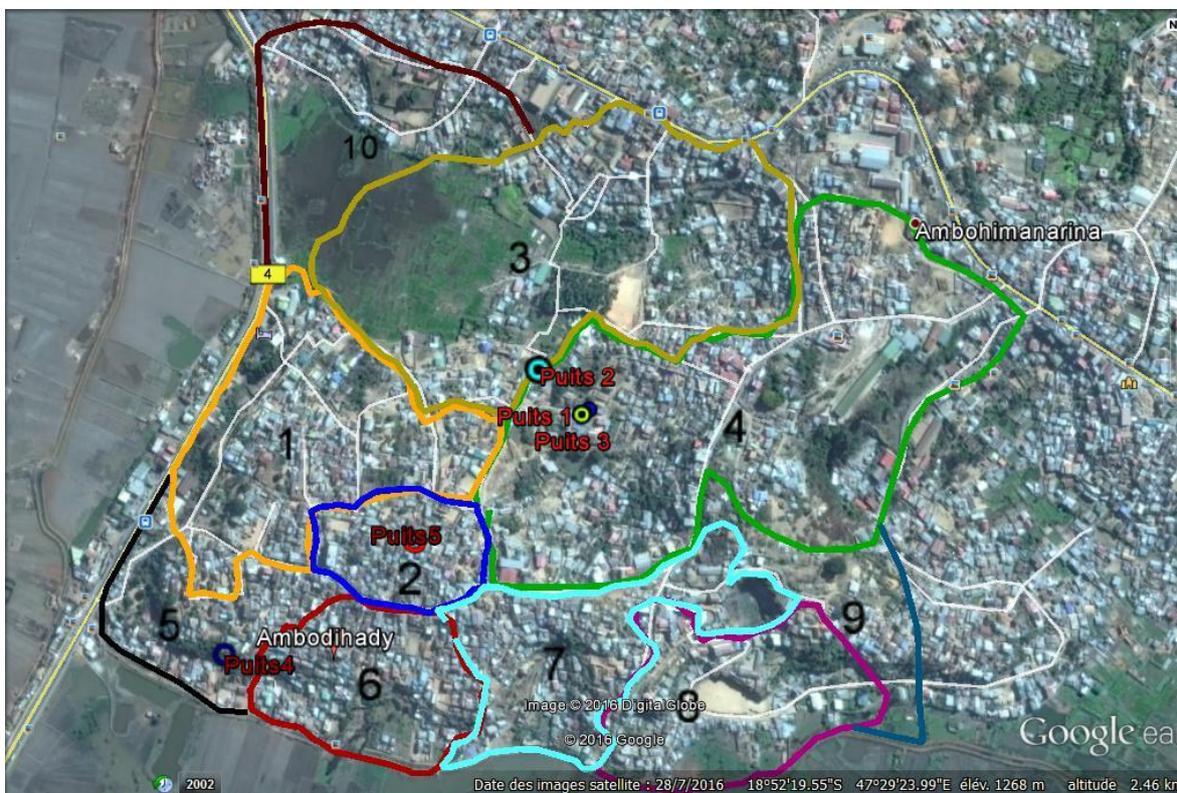


FIGURE 2 : REPERAGE ET VUE SATELLITE DU QUARTIER D'AMBODIHADY AMBOHIMANARINA

Source : Google earth

1.2. Généralité sur la population

Pour cette année 2016, le registre au niveau du fokontany a montré 13890 habitants dont :

- 6750 de sexe masculin
- 7140 de sexe féminin

La population se répartit selon le tableau suivant.

Tableau 6 : Tableau de la répartition du secteur dans le fokontany d'Ambodihady Ambohimanarina

	SECTEURS	NOMBRE DE MENAGES	NOMBRE DE TOITS	POPULATION
1	AMBANYAVARATRA	373	107	1243
2	ANTANANA	241	122	1070
3	MANGARIVOTRA	250	195	1133
4	ANTSahasoa	210	175	822
5	ANDREFANA	302	220	2225
6	ATSIMO	320	185	1665
7	ANKADILALANA	326	240	1645
8	KARIERA	164	140	680
9	ANDRANOAMBO	84	78	620
10	AMBADIKA ANDREFANA	280	170	1275
	TOTALS	2550	1632	13890

Source : Fokontany d'Ambodihady Ambohimanarina

La répartition des ménages suivant dans les dix secteurs sont à peu près égales, sauf pour ceux d'Andranoambo (84 ménages) et de Kariera (164 ménages). Par contre la répartition de la population est plutôt variée, le secteur Andrefana compte le plus élevé nombre d'habitant(2225).

Les activités professionnelles se répartissent selon les pourcentages ci-dessous :

Fonctionnaires 5%

Machinistes 40%

Vendeurs 40%

Autres 5%

1.3. Géologie et Relief

Ambodihady se place sur les Hautes Terres centrales de l'Ile. Elle est située sur un massif rocheux de gneiss et de granite. La décomposition de ces deux dernières roches donne de l'argile. Cette argile constitue la majeure partie du sol.

Par ailleurs, Ambodihady est entouré par de vastes plaines alluviales, dites plaine de Betsimitatatra.

1.4 Hydrographie

Le réseau hydrographique s'écoule au fond des vallées et émerge vers les rizières. Les rizicultures se font sur les flancs de la colline d'Ambodihady tandis que les habitations se concentrent au sommet.

Sur le plan hydrogéologique, une nappe phréatique de faible profondeur s'étend sur toute la zone, A partir de laquelle les habitants puisent de l'eau pour l'usage domestique sans se soucier de la pollution et de l'insalubrité.

1.5. Description des puits

Dans notre étude, on a sélectionné cinq puits, dont les trois sont publics et les deux autres privés, utilisés dans le Fokontany d'Ambodihady. Les trois puits publics se trouvent dans les secteurs Mangarivotra et Antsahasoa, tandis que les deux puits privés se situent dans le secteur Andrefana et Antanana

Dans l'ensemble, environ 107 ménages utilisent ces puits. Les puits P1, P2, P3 (puits publics) approvisionnent respectivement 24, 38, 33 ménages. Les puits P4 et P5 (puits privé) fournissent de l'eau à un ménage chacun.

Les puits sont tous traditionnels dont les matières utilisées pour leur fabrication sont des briques. Ils ont à peu près le même diamètre qui est de 0,5 m. Par contre leur profondeurs sont différents ; pour le puits 1 et le puits 5, leur profondeur est de 5 m tandis que celle du puits 2 est de 2,5 m et 3 m pour le puits 3. Pour le puits 4 la profondeur est de 2 m.



Photo du puits 1



Photo du puits 2



Photo du puits 3



Photo du puits 4



Photo du puits 5

FIGURE 3 : PHOTOS DES PUIITS

II : MATERIELS

II.1. Questionnaire d'enquête

La fiche d'enquête utilisée est conçue de manière synthétique avec des questions à choix multiples. Ceci dans le souci de ne pas fatiguer les personnes interrogées et aussi pour permettre un dénombrement rapide et une analyse claire des résultats. Les enquêtes sont faites auprès des populations utilisatrices de ces eaux de puits.

II.2. Eau

Les échantillons d'eau à analyser sont prélevés dans des bouteilles bien rincées avec l'échantillon.

Pour l'analyse bactériologique, toute contamination de l'eau par l'air ambiant et autres objets souillés est évitée.

Les flacons ne sont pas totalement remplis pour permettre aux microbes aérobies qui se trouveraient dans l'eau de survivre jusqu'au moment de l'analyse. L'analyse a commencé le jour du prélèvement.

II.3. Appareils

Dans notre analyse plusieurs appareils ont été utilisés :

- Un appareil spectrophotométrique est utilisé au sein du laboratoire pour vérifier les taux de nitrates et de nitrites dans les échantillons prélevés.
- Un pH-mètre
- Un multimètre pour la mesure du TDS
- Une résistance électrique
- Des béchers, burettes
- Un appareil photo numérique

II.4. Matériels de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau en vue d'analyses physico-chimiques et bactériologiques est une opération délicate à laquelle le plus grand soin est apporté. Il conditionne les résultats analytiques et, par voie de conséquence, l'interprétation qui sera donnée. L'échantillon est homogène et représentatif, et les conditions de conservation ne doit pas modifier l'ensemble de l'eau prélevée au niveau de chaque site, de même ne doit pas voir ses caractéristiques physicochimiques (pH, conductivité, température, etc.) se modifier notablement avant l'analyse.

II.4.1. Matériels de prélèvement destiné aux analyses physico-chimiques

Des flacons en verre sont utilisés pour les prélèvements destinés aux analyses physico-chimiques qui ont été effectués le même jour. Un grand soin a été pris pour ces flacons, car leur réemploi peut poser des problèmes de contamination si le nettoyage n'est pas suffisamment fait avant l'échantillonnage.

II.4.2. Matériels de prélèvement destinés aux analyses bactériologiques

Pour les échantillons destinés aux analyses bactériologiques, des flacons en verre qui sont stérilisés sont utilisés. Les flacons ne sont pas remplis à ras. Une fois remplis, les flacons sont nettoyés, étiquetés. Les analyses bactériologiques ont été effectuées le même jour.

III : METHODOLOGIES

III.1. Enquêtes de terrain

Les puits objets de nos enquêtes sont au nombre de 5. On est descendu sur les quatre secteurs où les puits se localisent et on a pris au hasard 32 ménages utilisant ces puits, dont 10 ménages par puits publics et 1 ménage par puits privés. Les utilisateurs de ces puits sont interrogés individuellement en malagasy suivi d'observations directes pour quelques questions et les réponses sont consignées dans une fiche d'enquête. Il est à noter que les fiches d'enquêtes ont été créées à partir du « logiciel sphinx » et de même que les traitements des résultats.

III.2. Analyses des échantillons d'eau

Le thème d'étude porte sur le Contrôle qualité – Analyses et essais de traitement des eaux de puits : cas du Fonkotany Ambodihady Ambohimanarina. L'étude de la qualité microbiologique de l'eau de boisson de la population est nécessaire pour connaître les germes pathogènes et indicateurs de pollutions fécales dans l'eau qui peuvent causer des maladies hydriques. Cependant en dehors des analyses bactériologiques des paramètres physico-chimiques sont déterminés (la couleur, le TDS ou matières dissoutes totales, la conductivité, le pH, la dureté, etc) afin de mieux caractériser les eaux. De plus, ces paramètres physico-chimiques influencent pour la plupart les microorganismes présents dans les eaux.

III.2.1 Physico-chimique

Pendant l'analyse physico-chimique, on a utilisé deux sortes de méthode :

A- Méthode volumétrique (voir annexe1)

L'analyse consiste à ajouter dans la solution à analyser un indicateur spécifique à chaque paramètre recherché et à titrer cette solution par un réactif agissant sur ces éléments dosés dans la solution. Le résultat correspond au volume de la solution titrante versée après virage de l'indicateur coloré. Cette méthode est utilisée pour la détermination de la matière organique, dureté totale, dureté calcique, chlorure, TA, TAC.

B- Méthode colorimétrique (voir annexe1)

L'analyse consiste à ajouter dans la solution à analyser un réactif coloré ; la couleur ainsi obtenue est proportionnelle à la concentration de l'élément minéral recherché. Le résultat qui est la concentration correspondant à l'intensité de la couleur est lu à l'aide d'un spectrophotomètre. On a utilisé cette méthode pour la détermination du fer, nitrate, nitrite, ammonium, sulfate.

III.2.2. Bactériologique

L'analyse bactériologique effectuée au sein du laboratoire de la JIRAMA a pour but de chercher les germes indicateurs de pollution qui sont :

- les coliformes totaux
- Escherichia coli*
- les streptocoques fécaux
- les anaérobies sulfite - réducteurs

Après le prélèvement dans un flacon stérilisé, l'échantillon est apporté tout de suite dans la salle d'analyse pour éviter toute sorte de changement de caractère des bactéries ou de prolifération. L'analyse bactériologique se fait en 3 étapes :

- La méthode de filtration : c'est une méthode de numération des coliformes présents dans l'eau ; elle consiste à filtrer un volume déterminé à travers une membrane filtrante, on place ensuite celle-ci dans un milieu de culture liquide convenable : soit dans des boîtes soit dans des tubes afin que les bactéries se développent.
- La méthode d'incubation : après la mise en place de l'échantillon dans le milieu de culture, on le met dans un incubateur aux températures voulues. La température et le temps d'incubation de ces germes indicateurs de pollution ne sont pas les mêmes, ils dépendent de

la nature des germes qu'on veut déterminer : 37°C pendant 24 heures pour les coliformes totaux, 44°C pendant 24 heures pour l'*Escherichia coli*, 37°C pendant 48 heures pour les streptocoques fécaux, et 37°C pendant 24 heures pour les anaérobies sulfito-réducteur.

– La lecture : après la période d'incubation suffisante, on compte les colonies de bactéries qui se développent à la surface de la membrane filtrante .Les germes présents montrent des couleurs différentes.

En ce sens, on s'est permis de mettre sous formes de tableau (tableau7) les différentes couleurs que peuvent prendre les colonies de bactéries.

Tableau 7 : Classification des germes indicateur de pollution

Milieu de culture	Couleur des colonies observé	germes
Tube à essaie	Colonie noire	Anaérobies sulfito-réducteur
Boite de pétrie	Jaune colonie halo jaune	Coliformes totaux
Boite de pétrie	Jaune colonie halo jaune	<i>Escherichia coli</i>
Boite de pétrie	Colonie rouge violacée	Streptocoques fécaux

Les figures 4 à 6 représentent les couleurs des colonies de bactéries selon leur milieu de culture.



Figure 4: Photo de la colonie noire



Figure 5: Photo de la colonie halo jaune

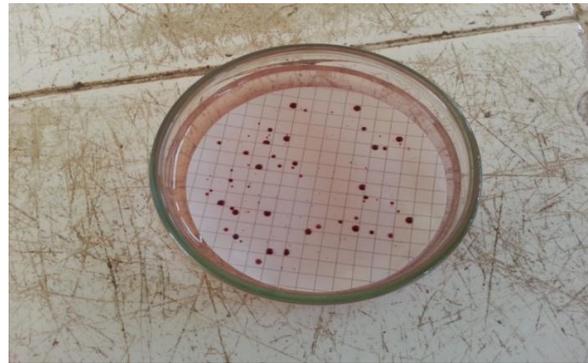


Figure 6: Photo de la colonie rouge violacée

Dans les tubes à essai (figure 4), les colonies sont de couleur noire ; tandis que dans les boites de pétries (figure 5 et 6), elles sont de couleur jaune halo jaune et rouge violacée.

III.3. Détermination de la demande en chlore

La dose d'hypochlorite de calcium nécessaire pour avoir une désinfection suffisante est déterminée par la méthode au « Break Point ».

Principe :

La méthode consiste à ajouter à un même volume d'eau des doses croissantes d'hypochlorite de calcium. Le taux de chlore résiduel mesuré au bout d'un temps donné en fonction de la dose ajoutée passe par un minimum appelé Break Point avant d'augmenter régulièrement.

On a la réaction suivante :



Hypochlorite de calcium acide hypochloreux

C'est l'acide hypochloreux qui réagit sur les bactéries.

Réactifs :

comme réactifs, pour la détermination de la demande en chlore, on a utilisé l'hypochlorite de calcium de concentration de 1 g.L^{-1} (1 ml contient 1 mg d'hypochlorite) et quelques gouttes d'Orthotolidine.

Matériels :

- 10 récipients (Béchers de 200 ml)
- Pipettes de 1 ml
- Comparateur Hydrocure
- Plaquette chlore libre 0,1 à 2 mg.L^{-1}

Mode opératoire :

Dans une série de 10 récipients d'un volume de 200 ml. On a introduit 100 ml d'eau à désinfecter. On a ajouté dans chacun d'eux à l'aide d'une pipette des quantités croissantes d'hypochlorite de calcium 1 g.L^{-1} . On a agité et couvert chaque récipient d'une feuille de papier. Laisser en contact 30 mn. On a agité au milieu et à la fin de l'expérience. Et enfin on a mesuré le chlore résiduel dans les 10 Béchers

Expression des résultats :

Soient d_i : la dose d'hypochlorite dans chaque bécher de volume V (en .L^{-1})

v_i : le volume d'hypochlorite à ajouter (en ml)

V : volume d'eau à traiter

$$\boxed{v_i = \frac{d_i \times V}{1000}} \quad (E_4)$$

III.4. Observation directe

Les études sont faites sur les 5 puits dans le fokontany d'Ambodihady Ambohimananarina. Environ, 107 ménages s'y approvisionnent. De plus, des visites ont été accomplies aux alentours desdits puits afin d'observer leurs environnements (les dépôts d'ordures, les latrines, les cultures avoisinantes et les maisons qui sont les plus proches) ; celles-ci étant appuyés par des prises de photos (voir annexe 4).

On a porté une attention particulière aux ménages enquêtés afin de mieux s'informer sur les réalités des usagers de ces puits.

III.5. Choix du site de prélèvement et des enquêtes de terrain

Dans le Fokontany d'Ambodihady Ambohiminarina, le choix se basait sur l'idée que les trois puits publics soient les plus utilisés, et les deux autres puits privés soient encore consommés par leur propriétaire. Les habitants locaux utilisent chaque jour l'eau qui vient des cinq puits comme eau de boisson, alors que ces puits étaient de longue date, sans entretiens ainsi que sans améliorations au niveau de la qualité. On se demande alors, est-ce que les eaux provenant de ces puits sont potables et ne présentent aucun inconvénient sur la santé des usagers. C'est pour cela que nous avons choisis ces puits comme site de prélèvement.

III.6. Les sources de contamination des puits

Tous les cinq puits qu'on a étudiés sont pollués, vu les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques, cette situation est due à l'exposition de leur eau à des sources de pollution importantes qui impliquent la nature même du sol. Il est 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 peuvent être multiples:

- Insalubrité des lieux : les puits sont entourés de zones de culture, alors tous les produits chimiques utilisés comme les engrais s'infiltrent dans le sol et arrivent dans les puits et ce qui favorise l'élévation du taux de nitrate de l'eau.
- Normalement, pour assurer une protection contre la contamination, il est recommandé d'implanter les puits à au moins 15 mètres de toute source de pollution. Malheureusement, le puits n°2 de notre étude est situé à moins de 15 mètres des latrines. En effet, le quartier qui contient le puits 2 est assez étroit ; de même, les puits n°4 et n°5 se trouvent à quelques mètres des WC ; Ce qui fait que les résultats des analyses attestent la présence d'une pollution fécale.
- Mauvais aménagement du puits : manque d'étanchéité du couvercle ou du scellement, dégradation des matériaux, etc. ; en plus, ils ne sont pas couverts durant la journée et en contact direct avec l'environnement extérieur. De ce fait, toutes sortes d'insalubrités et de microbes peuvent contaminer l'eau des puits.
- les infrastructures autour des puits sont vétustes et en manque. Les puits sont entourés par des canaux d'évacuation d'eau usée précaires. Les canaux ne sont pas faits en béton, alors que le sol est perméable et la recharge de la nappe se fait par infiltration. Dans ce cas, toutes les pollutions apportées par ces eaux usées, s'infiltrent dans les nappes et arrivent jusqu'au

puits. De plus, les puits ne sont pas en hauteur et les eaux de pluies et de ruissellement se déversent et pénètrent directement dans les puits.

- une grande partie de la pollution de l'eau peut être attribuée à la mauvaise protection des puits sans pour autant minimiser la technique de puisage. Les seaux de puisage sont généralement laissés à terre tout près du puits. Tous les microbes et germes en contact avec ces seaux vont être transmis à l'eau de puits.

Après cette partie consacrée sur les matériels et méthodes que nous avons utilisé pendant l'étude, on va maintenant voir dans la partie suivante les résultats ainsi que leurs interprétations.

TROISIEME PARTIE: ANALYSES ET INTERPRETATIONS

I : RESULTATS ET DISCUSSION

1.1. Normes de la qualité des eaux

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes véhiculant des maladies hydriques, ni de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne possède aucun goût ou odeur désagréable. En outre, l'eau potable doit contenir, sans excès, un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique.

A Madagascar, il existe des normes à suivre sur la qualité des eaux de boisson .Le tableau suivant montre les normes de potabilisation malagasy.

Tableau 8: Normes de potabilité (physico-chimique) Malagasy (Décret n° 2004-635 du 15/06/04)

PARAMETRE	NORME
Aspect	limpide
Odeur	absence
Température (°C)	25
Turbidité (NTU)	<5
pH	6,5 - 9
Conductivité (µS/cm)	<3000
Minéralisation (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide
Dureté totale (°F)	Pas de valeur guide
Dureté calcique (°F)	Pas de valeur guide
Titre alcalimétrique (°F)	Pas de valeur guide
Titre alcalimétrique complet (°F)	Pas de valeur guide
Calcium (mg.L ⁻¹)	200
Magnésium (mg.L ⁻¹)	50

Carbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide
Bicarbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide
Matières organiques(mg.L ⁻¹)	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide
Ammonium (mg.L ⁻¹)	0,5
Fer total (mg.L ⁻¹)	0,5
Chlorures (mg.L ⁻¹)	250
Sulfates (mg.L ⁻¹)	250
Nitrites (mg.L ⁻¹)	0,1
Nitrates (mg.L ⁻¹)	50
Sodium (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide

Source : JIRAMA Mandroseza

1.2. Résultats et interprétation des analyses physico-chimique

Les analyses effectuées à partir des eaux de puits concernent les paramètres suivants : Température - Turbidité - pH - Conductivité - Minéralisation – Dureté Totale – Dureté Calcique - Titre alcalimétrique – Titre Alcalimétrique Complet – Calcium – Magnésium – Carbonate – Bicarbonate – Matières organiques – Ammonium – Fer Total – Chlorure – Sulfate – Nitrite – Nitrate – Sodium.

En effet, cinq sites de prélèvement ont été pris. Les cinq sites se situent tous aux alentours du fokontany d'Ambodihady. A chaque puits, on a fait cinq prélèvements d'échantillons pendant différentes dates. Le choix des dates de prélèvement étaient basés sur le climat, c'est-à-dire période crue et période d'étiage. Ces derniers se sont déroulés le 14 avril 2016 et le 18 avril 2016 pour la saison humide. Et pour la saison sèche, les prélèvements étaient le 5 juin 2016 le 19 juin 2016, et le 24 juin 2016. La quantité des échantillons prélevés s'élevait à trois litres par puits à chaque prélèvement.

I-2-1 Résultats des analyses physico-chimique des eaux de puits pendant la période d'étiage

Les tableaux cités ci après, montrent les résultats des échantillons des eaux de puits, en période d'étiage, analysées au sein du laboratoire de la JIRAMA situé à Mandrozeza ainsi que les normes de potabilité (physico-chimique) Malagasy (Décret n° 2004-635 du 15/06/04).

Tableau 9 : Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n°1 pendant la période étiage

PARAMETRES	NORME	PUITS 1		
		DATE D'ANALYSE		
		05/06/2016	19/06/2016	24/06/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	absence	absence	absence
Température (°C)	25	23,5	22	24
Turbidité (NTU)	<5	1,47	1	1,5
pH	6,5 - 9	5,25	5,22	5,26
Conductivité (µS/cm)	<3000	943	936	940
Minéralisation (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	900	821	912
Dureté totale (°F)	Pas de valeur guide	34	31	30,5
Dureté calcique (°F)	Pas de valeur guide	10	12	12,5
Titre alcalimétrique (°F)	Pas de valeur guide	0	0	0
Titre alcalimétrique complet (°F)	Pas de valeur guide	0,54	0,32	0,40
Calcium (mg.L ⁻¹)	200	40	41	44
Magnésium (mg.L ⁻¹)	50	48,32	47	40
Carbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	0	0	0
Bicarbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	6,58	7	6,5
Matières organiques (mg.L ⁻¹)	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	0,8	0,6	0,8

Ammonium (mg.L ⁻¹)	0,5	0,08	0,06	0,08
Fer total (mg.L ⁻¹)	0,5	0	0	0
Chlorures (mg.L ⁻¹)	250	170,4	172	160
Sulfates (mg.L ⁻¹)	250	0	0	0
Nitrites (mg.L ⁻¹)	0,1	0	0	0,02
Nitrates (mg.L ⁻¹)	50	112,88	110	114
Sodium (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	110,4	100	100,2

Source : Auteur

Dans ce tableau 9, on remarque que, à part le pH et le taux de Nitrate, les paramètres physico-chimiques de l'échantillon des eaux du puits n°1 sont plutôt conformes à la norme. De même, le puits n°2 présente, en général, le même aspect. Dont nous allons voir les résultats dans le tableau 10.

Tableau 10 : Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n°2 pendant la période d'été.

PARAMETRES	NORME	PUITS 2		
		DATE D'ANALYSE		
		05/06/2016	19/06/2016	24/06/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	absence	absence	absence
Température (°C)	25	23,5	23,3	21
Turbidité (NTU)	<5	0,72	0,6	0,6
pH	6,5 - 9	5,65	5,60	5,4
Conductivité (µS/cm)	<3000	727	700	742
Minéralisation (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	665	660	660,5
Dureté totale (°F)	Pas de valeur guide	15	12	17
Dureté calcique (°F)	Pas de valeur guide	5,8	5,8	5,9
Titre alcalimétrique (°F)	Pas de valeur guide	0	0	0

Titre alcalimétrique complet (°F)	Pas de valeur guide	0,6	0,5	0,6
Calcium (mg.L ⁻¹)	200	23,2	22	21,5
Magnésium (mg.L ⁻¹)	50	22,356	22	22,3
Carbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	0	0	0
Bicarbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	7,32	7	7,34
Matières organiques (mg.L ⁻¹)	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	0,2	0,1	0,2
Ammonium (mg.L ⁻¹)	0,5	0,18	0,20	0,15
Fer total (mg.L ⁻¹)	0,5	0	0	0
Chlorures (mg.L ⁻¹)	250	149,1	150	149
Sulfates (mg.L ⁻¹)	250	0	0	0
Nitrites (mg.L ⁻¹)	0,1	0,06	0,10	0,04
Nitrates (mg.L ⁻¹)	50	85,56	82	86,78
Sodium (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	50,4	50,4	50,2

Source : Auteur

Comme on peut le constater dans ces résultats, le taux de nitrates est en moyenne de l'ordre de 84 mg.L⁻¹ durant les trois dates successives de prélèvement. Ce taux élevé peut nuire à la santé des usagers. De même, un pH inférieur à la norme contribue à une prolifération des bactéries pathogènes, alors que celui du puits n°2 est de 5,5 en moyenne.

Tableau 11 : Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n° 3 pendant la période d'été.

PARAMETRES	NORME	PUITS 3		
		DATE D'ANALYSE		
		05/06/2016	19/06/2016	24/06/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	absence	absence	absence
Température (°C)	25	24,2	24,3	24,2

Turbidité (NTU)	<5	0,89	1	0,88
pH	6,5 - 9	6,12	6	6,13
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<3000	547	540	547
Minéralisation (mg.L^{-1})	Pas de valeur guide	453	453	400
Dureté totale ($^{\circ}\text{F}$)	Pas de valeur guide	12,5	13	12,6
Dureté calcique ($^{\circ}\text{F}$)	Pas de valeur guide	7	7	8,5
Titre alcalimétrique ($^{\circ}\text{F}$)	Pas de valeur guide	0	0	0
Titre alcalimétrique complet ($^{\circ}\text{F}$)	Pas de valeur guide	1,8	1,7	1,8
Calcium (mg.L^{-1})	200	28	28	28
Magnésium (mg.L^{-1})	50	13,365	13,35	13,22
Carbonates (mg.L^{-1})	Pas de valeur guide	0	0	0
Bicarbonates (mg.L^{-1})	Pas de valeur guide	21,96	20	20,5
Matières organiques (mg.L^{-1})	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	0,9	0,9	1
Ammonium (mg.L^{-1})	0,5	0	0	0
Fer total (mg.L^{-1})	0,5	0	0	0
Chlorures (mg.L^{-1})	250	71	71	68
Sulfates (mg.L^{-1})	250	7,66	7,62	7
Nitrites (mg.L^{-1})	0,1	0,01	0,014	0,02
Nitrates (mg.L^{-1})	50	31,44	30	31,5
Sodium (mg.L^{-1})	Pas de valeur guide	5,22	5,21	5,12

Source : Auteur

Comparé au puits 1 et puits 2, pour le puits n° 3 tous les paramètres physico-chimiques sont admissibles sauf le pH. Nous allons voir ci-dessous les résultats du puits 4

Tableau 12 : Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n° 4 pendant la période d'été.

PARAMETRES	NORME	PUITS 4		
		DATE D'ANALYSE		
		05/06/2016	19/06/2016	24/06/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	absence	absence	absence
Température (°C)	25	22,1	23	23 ,3
Turbidité (NTU)	<5	2	1 ,9	2
pH	6,5 - 9	5,45	5 ,12	5,22
Conductivité (µS/cm)	<3000	740	626	725
Minéralisation (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	624	630	700
Dureté totale (°F)	Pas de valeur guide	21	19	23
Dureté calcique (°F)	Pas de valeur guide	8,2	9	7 ,5
Titre alcalimétrique (°F)	Pas de valeur guide	1 ,8	1,5	1,2
Titre alcalimétrique complet (°F)	Pas de valeur guide	0	0	0
Calcium (mg.L ⁻¹)	200	22	24	23,5
Magnésium (mg.L ⁻¹)	50	32	27,5	25
Carbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	0	0	0
Bicarbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	12 ,5	11	12
Matières organiques (mg.L ⁻¹)	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	0,8	1	0,9
Ammonium (mg.L ⁻¹)	0 ,5	0 ,1	0,18	0,17
Fer totale (mg.L ⁻¹)	0 ,5	0	0	0
Chlorures (mg.L ⁻¹)	250	67	70	65
Sulfates (mg.L ⁻¹)	250	1	1 ,2	1,5

Nitrites (mg.L ⁻¹)	0,1	0	0	0
Nitrates (mg.L ⁻¹)	50	101,2	100	100,5
Sodium (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	56	47,5	52

Source : Auteur

Pour le puits 4, comme le puits 1 et le puits 2, le taux de nitrates et le pH dépassent les taux acceptables et ainsi, l'eau est un vecteur possible de maladie hydrique. Ce qui est aussi le cas du puits 5, dont les résultats des analyses sont présentés ci-dessous.

Tableau 13: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n° 5 pendant la période d'étiage.

PARAMETRES	NORME	PUITS 5		
		DATE D'ANALYSE		
		05/06/2016	19/06/2016	24/06/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	absence	absence	absence
Température (°C)	25	22	23	23
Turbidité (NTU)	<5	1,2	2	1,5
pH	6,5 - 9	5,12	5,23	5,20
Conductivité (µS/cm)	<3000	801	728	815,2
Minéralisation (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	525	542	540
Dureté totale (°F)	Pas de valeur guide	15	17	14
Dureté calcique (°F)	Pas de valeur guide	5,8	5,9	5,2
Titre alcalimétrique (°F)	Pas de valeur guide	0	0	0
Titre alcalimétrique complet (°F)	Pas de valeur guide	0,4	0,3	0,4
Calcium (mg.L ⁻¹)	200	25	23	25
Magnésium (mg.L ⁻¹)	50	22,4	23	22,5
Carbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	0	0	0
Bicarbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	7,20	7,21	7,14

Matières organiques (mg.L ⁻¹)	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	0,3	0,2	0,5
Ammonium (mg.L ⁻¹)	0,5	0,19	0,18	0,2
Fer totale (mg.L ⁻¹)	0,5	0	0	0
Chlorures (mg.L ⁻¹)	250	100,3	112,5	108,4
Sulfates (mg.L ⁻¹)	250	0	0	0
Nitrites (mg.L ⁻¹)	0,1	0,06	0,01	0
Nitrates (mg.L ⁻¹)	50	90,5	90,8	95
Sodium (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	53,3	52	53,2

Source : Auteur

D'après les résultats des analyses présentés dans les tableaux ci-dessus :

En temps sec, selon les paramètres organoleptiques, les 5 puits présentent un aspect limpide et sans odeur. Vu les résultats d'analyses, les aspects physico-chimique de l'eau dans ces 5 puits ne dépassent pas, en général, la norme ; sauf le pH et le taux de nitrate à l'exception du puits n° 3 qui présente un taux de nitrate inférieur. Les deux paramètres (pH et nitrates) représentent une grande importance sur la qualité de l'eau et engendrent des impacts majeurs sur la santé des personnes qui le consomment.

De même, en temps pluvieux, le taux de nitrate a encore augmenté ; ainsi que celui de la conductivité, la minéralisation et les matières organiques sans dépassé les normes. A cet effet, dans la sous-partie qui suit, nous allons développer les résultats des analyses en période crue.

I-2-2 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de puits pendant les période crue

Voici les résultats des analyses physico-chimiques des cinq puits durant la saison crue par rapport à la norme de potabilité Malagasy.

Tableau 14: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n°1 pendant la période crue

PARAMETRES	NORME	PUITS 1	
		DATE D'ANALYSE	
		14/04/2016	18/04/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	Sans odeur	Sans odeur
Température (°C)	25	24	22
Turbidité (NTU)	<5	2	3
pH	6,5 - 9	5,3	5,7
Conductivité (µS/cm)	<3000	1500	2000
Minéralisation (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	1700	1800
Dureté totale (°F)	Pas de valeur guide	32	37
Dureté calcique (°F)	Pas de valeur guide	11	13
Titre alcalimétrique (°F)	Pas de valeur guide	0	0
Titre alcalimétrique complet (°F)	Pas de valeur guide	0,6	0,8
Calcium (mg.L ⁻¹)	200	40	41
Magnésium (mg.L ⁻¹)	50	23	22
Carbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	0	0
Bicarbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	6,59	6,55
Matières organiques (mg.L ⁻¹)	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	2,1	2,3
Ammonium (mg.L ⁻¹)	0,5	0,9	1
Fer total (mg.L ⁻¹)	0,5	0	0
Chlorures (mg.L ⁻¹)	250	171,5	172

Sulfates (mg.L ⁻¹)	250	2	2
Nitrites (mg.L ⁻¹)	0,1	0,001	0,012
Nitrates (mg.L ⁻¹)	50	400,9	401
Sodium (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	125,2	100

Source : Auteur

Par rapport à la période d'été, en temps de pluie, d'autres paramètres ont augmenté de valeur pour le puits 1: conductivité, minéralisation, et matière organique mais sans dépasser les normes. De plus, le taux de nitrate a encore augmenté. Cela peut aussi être constaté pour le puits 2 dans le tableau 15.

Tableau 15: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux du puits n°2 pendant la période crue

PARAMETRES	NORME	PUITS 2	
		DATE D'ANALYSE	
		14/04/2016	18/04/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	Sans odeur	Sans odeur
Température (°C)	25	23,5	20
Turbidité (NTU)	<5	2	4
pH	6,5 - 9	6	6
Conductivité (µS/cm)	<3000	1020	1500
Minéralisation (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	1000	1200
Dureté totale (°F)	Pas de valeur guide	16	12
Dureté calcique (°F)	Pas de valeur guide	5,8	7
Titre alcalimétrique (°F)	Pas de valeur guide	0	0
Titre alcalimétrique complet (°F)	Pas de valeur guide	0,7	0,8
Calcium (mg.L ⁻¹)	200	24	22
Magnésium (mg.L ⁻¹)	50	49,1	42

Carbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	0	0
Bicarbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	7,33	8
Matières organiques (mg.L ⁻¹)	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	1,9	2
Ammonium (mg.L ⁻¹)	0,5	0,2	0,3
Fer total (mg.L ⁻¹)	0,5	0	0
Chlorures (mg.L ⁻¹)	250	140,2	142
Sulfates (mg.L ⁻¹)	250	3	3,5
Nitrites (mg.L ⁻¹)	0,1	0,1	0,09
Nitrates (mg.L ⁻¹)	50	300,27	320
Sodium (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	80,8	81

Source : Auteur

Tableau 16: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux de puits n° 3 pendant la période crue

PARAMETRES	NORME	PUITS 3	
		DATE D'ANALYSE	
		14/04/2016	18/04/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	Sans odeur	Sans odeur
Température (°C)	25	25	23
Turbidité (NTU)	<5	3,5	4
pH	6,5 - 9	6,2	6
Conductivité (µS/cm)	<3000	1032	1030
Minéralisation (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	1010	1015
Dureté totale (°F)	Pas de valeur guide	15	13
Dureté calcique (°F)	Pas de valeur guide	7	9

Titre alcalimétrique (°F)	Pas de valeur guide	0	0
Titre alcalimétrique complet (°F)	Pas de valeur guide	1,8	2
Calcium (mg.L ⁻¹)	200	29	21
Magnésium (mg.L ⁻¹)	50	13,313	20
Carbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	0	0
Bicarbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	21,96	31
Matières organiques (mg.L ⁻¹)	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	2	3
Ammonium (mg.L ⁻¹)	0,5	0,18	0,2
Fer total (mg.L ⁻¹)	0,5	0	0
Chlorures (mg.L ⁻¹)	250	72	80
Sulfates (mg.L ⁻¹)	250	7,72	7
Nitrites (mg.L ⁻¹)	0,1	0,04	0,01
Nitrates (mg.L ⁻¹)	50	150	275
Sodium (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	33	30,3

Source : Auteur

Pour le puits 3, la pluie a eu une influence sur l'augmentation du taux de nitrate (variation de 31mg.L⁻¹ en période de sec à 162,5 mg.L⁻¹ en période de pluie), de même que sur la conductivité, la minéralisation et sur les matières organiques.

Tableau 17: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux de puits n° 4 pendant la période de crue

PARAMETRES	NORME	PUITS 4	
		DATE D'ANALYSE	
		14/04/2016	18/04/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	absence	absence
Température (°C)	25	23	22

Turbidité (NTU)	<5	4	3
pH	6,5 - 9	6	5,6
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<3000	1600	1550
Minéralisation (mg.L^{-1})	Pas de valeur guide	1000	1300
Dureté totale ($^{\circ}\text{F}$)	Pas de valeur guide	16	17
Dureté calcique ($^{\circ}\text{F}$)	Pas de valeur guide	6,5	6
Titre alcalimétrique ($^{\circ}\text{F}$)	Pas de valeur guide	0	0
Titre alcalimétrique complet ($^{\circ}\text{F}$)	Pas de valeur guide	0,7	0,6
Calcium (mg.L^{-1})	200	23	24
Magnésium (mg.L^{-1})	50	48	49
Carbonates (mg.L^{-1})	Pas de valeur guide	0	0
Bicarbonates (mg.L^{-1})	Pas de valeur guide	18,5	17
Matières organiques (mg.L^{-1})	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	2,5	2,4
Ammonium (mg.L^{-1})	0,5	0,2	0,3
Fer total (mg.L^{-1})	0,5	0	0
Chlorures (mg.L^{-1})	250	120	122
Sulfates (mg.L^{-1})	250	3	3,5
Nitrites (mg.L^{-1})	0,1	0,01	0,02
Nitrates (mg.L^{-1})	50	300	307
Sodium (mg.L^{-1})	Pas de valeur guide	82	85

Source : Auteur

Comme dans les autres puits, en période crue, les paramètres physico-chimiques du puits 4 ont augmenté de valeur. Les plus remarquables sont les taux de Nitrate qui ont augmenté de 2 fois plus par rapport à ceux de la période sèche.

Tableau 18: Résultats des échantillons des analyses physico-chimiques des eaux de puits n° 5 pendant la période de crue

PARAMETRES	NORME	PUITS 5	
		DATE D'ANALYSE	
		14/04/2016	18/04/2016
Aspect	limpide	limpide	limpide
Odeur	absence	absence	absence
Température (°C)	25	22	23
Turbidité (NTU)	<5	4,5	3,9
pH	6,5 - 9	6	6
Conductivité (µS/cm)	<3000	1700	1200
Minéralisation (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	1200	1250
Dureté totale (°F)	Pas de valeur guide	20	20,5
Dureté calcique (°F)	Pas de valeur guide	8	8,2
Titre alcalimétrique (°F)	Pas de valeur guide	0	0
Titre alcalimétrique complet (°F)	Pas de valeur guide	1	1,2
Calcium (mg.L ⁻¹)	200	30	31
Magnésium (mg.L ⁻¹)	50	21	22,5
Carbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	0	0
Bicarbonates (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	6,2	6,4
Matières organiques (mg.L ⁻¹)	2mg /l en milieu alcalin 5mg /l en milieu acide	2,5	3
Ammonium (mg.L ⁻¹)	0,5	0,14	0,12
Fer total (mg.L ⁻¹)	0,5	0	0
Chlorures (mg.L ⁻¹)	250	73	75

Sulfates (mg.L ⁻¹)	250	5	5,2
Nitrites (mg.L ⁻¹)	0,1	0,02	0,01
Nitrates (mg.L ⁻¹)	50	300	320
Sodium (mg.L ⁻¹)	Pas de valeur guide	35	35 ,44

Source : Auteur

En temps pluvieux, le taux de nitrate a encore augmenté ; ainsi que ceux de la conductivité, la minéralisation et les matières organiques sans dépasser les normes. Dans l'ensemble ces paramètres présentent une relative stabilité en période sèche. Mais dès que le temps est pluvieux, les perturbations se forment. L'augmentation de la conductivité traduit un apport extérieur des minéraux apportés par la pluie, cette variation peut être liée à la teneur en nitrate qui est aussi augmenté et les Matières organiques ; les ions nitrates et les matières organiques provient vraisemblablement du lessivage des sols, des eaux de ruissellement, au rejet du contenu de zone de végétation, et les autres facteurs de pollution entourant les puits.

I.2.3. pH

Le pH est un paramètre très important dans la qualité de l'eau. Les microorganismes se multiplient dans une gamme étendue de pH. Cependant chaque espèce a un pH optimum de croissance. Les bactéries, pour survivre, 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 (FABER et coll., 1961).

Les échantillons analysés dans notre étude présentent un pH inférieur à la norme qui est un milieu favorable à la multiplication des bactéries.

Cette acidification est d'origine anthropique. Les puits sont entourés par des rizicultures, alors que les gens utilisent des engrais chimiques contenant plusieurs éléments comme l'azote, potassium, calcium, sulfates, magnésiums... Le processus de l'acidité de l'eau se fait comme suit :

- il se passe une oxydation conduisant à la formation des ions nitrates, ions sulfates ,
- ensuite la dissolution ; c'est-à-dire la formation de ces ions correspond à la formation des acides nitriques ,acides sulfuriques en solution qui est à l'origine de l'acidité de l'eau

NB : La consommation de l'eau acide ne présente pas directement un risque pour la santé. L'acidité de l'eau ne devient un problème à la santé que si elle est très élevée.

I.2.4. Nitrate (NO₃⁻)

La présence de nitrate dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), domestique (excréta) ou industrielle. Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Les nitrates et nitrites qui contiennent ces matières sont entraînés vers les eaux de surface et les nappes d'eau souterraines par l'infiltration de la pluie.

Le nitrate n'affecte pas directement 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. Dans les puits 1 ,2 ,4et 5 les taux de nitrates sont dépassés les normes imposés.

I.3. Résultat des analyses bactériologique

A la fin de chaque analyse physico-chimique effectuée dans les deux périodes (sec et humide) pour les cinq puits, on a réalisé des analyses bactériologiques. Les tableaux (n°19 et n°20) suivant montrent les analyses bactériologiques des 5 puits en temps sec et en temps pluvieux :

Tableau 10 : Résultats des analyses bactériologiques des 5 puits en période d'étiage comparant aux normes

Paramètres	Norme	Puits1	Puits 2	Puits3	Puits4	Puits 5
Coliformes totaux	< 1 / 100 mL	760	700	<1	720	10
<i>Escherchia coli</i>	<1 / 100 mL	26	44	<1	88	12
Streptocoques fécaux	<1 / 100 mL	48	52	<1	44	7
Anaérobies sulfito-réducteurs	<2 / 100 mL	<1	10	2	5	2

Source : Auteur

Le tableau ci-dessus affiche les résultats des analyses bactériologiques en temps sec.

Les quatre puits (puits1, puits 2, puits 4 et puits5) présentent un taux de coliformes totaux élevé, ainsi qu'un taux d'*Escherichia coli* et *Streptocoques fécaux* supérieur à la norme (<1 / 100 mL). Selon l'analyse physico chimique, les échantillons de ces 4 puits montrent un taux de nitrate élevé ; celle-ci entraîne un milieu très favorable au développement des germes pathogènes et indicateur de pollutions fécales ; La présence des germes est en fonction du taux de nitrate : plus le taux de nitrate est élevé plus les germes qui existent dans l'eau sont nombreux et se prolifèrent rapidement.

Par contre dans le puits 3, le taux de nitrate est inférieur à la norme, alors on ne trouve aucun germe indicateur de pollution fécale dans l'échantillon. Mais ce n'est plus le cas en temps pluvieux dont nous allons en savoir beaucoup plus dans le tableau 20.

Tableau 11 : Résultats des analyses bactériologiques des 5 puits en période pluvieuse comparant aux normes

Paramètres	Norme	Puits1	Puits 2	Puits3	Puits4	Puits5
Coliformes totaux	< 1 / 100 mL	850	800	10	738	632
<i>Escherchia coli</i>	<1 / 100 mL	40	50	8	108	58
Streptocoques fécaux	<1 / 100 mL	71	54	5	82	10
Anaérobies sulfito-réducteur	<2 / 100 mL	7	14	6	10	7

Source : Auteur

En temps pluvieux, pour tous les prélèvements, l'abondance des germes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux augmentent considérablement. La pluie joue un rôle déterminant dans le processus de contamination. Comme par exemple, durant la période d'étiage le taux de coliformes totaux était de 750 contre 850 dans 100 ml d'échantillon en période crue. De même pour l'*Escherchia coli* qui a eu une variation de 14 unités dans 100 ml et 23 unités pour le Streptocoques fécaux ainsi que 7 unités pour l'Anaérobies sulfito-réducteur. La quantité de microorganismes présente dans les eaux augmentent avec la pluviométrie ; le lessivage des sols par les eaux de ruissellement peut être néanmoins une raison principale pour la mobilisation des biomasses des sols ;en plus de cela les puits se trouvaient dans des bas endroit, alors les bactéries et les microbes existants dans les fosses ,les ordures, les engrais se trouvant sur le milieu environnant sont apportés par les eaux de ruissellement, et s'infiltrent dans les puits ; en plus les taux de nitrates augmentent et les germes sont très vivants.

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Les coliformes totaux n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique qu'une source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles.

L'*Escherichia coli* est le seul membre du groupe des coliformes totaux que l'on trouve exclusivement dans les intestins des mammifères, dont les humains. La présence d'*Escherichia coli* dans de l'eau indique une contamination récente par des matières fécales,

et peut indiquer la présence possible de pathogènes responsables de maladies, comme des bactéries, des virus et des parasites.

Même si la plupart des souches d'*Escherichia coli* sont inoffensives, certaines souches, comme l'*Escherichia coli* O157:H7, peuvent causer des maladies

Les conséquences d'une exposition à des bactéries, des virus et des parasites pathogènes présents dans l'eau peuvent varier. Les symptômes les plus courants sont les suivants : nausée, vomissements et diarrhée. Les enfants en bas âge, les personnes âgées, ainsi que les personnes dont le système immunitaire sont affaibli, peuvent avoir des symptômes plus graves. Dans les cas extrêmes, certains pathogènes peuvent infecter les poumons, la peau, les yeux, le système nerveux, les reins, ou encore le foie, et les effets peuvent être plus graves, chroniques, voire mortels.

Il ne faut jamais supposer que l'eau que nous consommons soit bonne à boire simplement parce qu'elle ne nous a jamais rendu malade. Si des bactéries sont présentes dans une eau, les risques de maladies sont réels.

Les streptocoques fécaux présentent un taux élevé à cause de l'utilisation des matières fécales des animaux utilisées comme engrais dans les aires cultivées au bord des puits. En plus les deux puits se trouvent dans de bas endroits, alors tous les rejets des eaux usées de plusieurs unités d'habitation s'infiltrent et peuvent également être une source importante de streptocoques dans l'eau qui participent à la contamination de ce site. Ils sont des bactéries pathogènes, c'est-à-dire dangereuses pour la santé. Certains streptocoques comme les entérocoques peuvent se transformer en germes initiateurs de plusieurs maladies telles que les angines, les otites, les méningites et d'autres toutes aussi sérieuses.

1.4. Résultat de la détermination de la demande en chlore

1.4.1. Résultats des essais et interprétation

Le tableau suivant montre les résultats des essais de demande en chlore des cinq puits par la méthode de Break Point. La méthode consiste à ajouter à un même volume d'eau des doses croissantes d'hypochlorite de calcium pour déterminer, par la suite, le taux de chlore résiduel nécessaire. Chlore résiduel ou Chlore restant après la désinfection des bactéries.

Tableau 12 : Résultats des essais de demande en chlore des cinq puits

Bécher N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_i (mg.L ⁻¹)	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
v_i (ml)	0,2	0,25	0,3	0,35	0,40	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65
Chlore résiduel Cl ₂ * (mg.L ⁻¹) après 30 mn de contact (puits 1)	0,4	0,3	0,3	0,6	0,6	0,7	0,9	1	1,2	1,4
Chlore résiduel Cl ₂ * (mg.L ⁻¹) après 30 mn de contact (Puits2)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	2
Chlore résiduel Cl ₂ * (mg.L ⁻¹) après 30 mn de contact (Puits3)	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,4	2	2
Chlore résiduel Cl ₂ * (mg.L ⁻¹) après 30 mn de contact (Puits4)	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	0,9	1	1,2
Chlore résiduel Cl ₂ * (mg.L ⁻¹) après 30 mn de contact (Puits5)	0,2	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2

Suivant le tableau, on remarque que les échantillons d'eau de chaque puits présentent et différentes doses d'hypochlorite de calcium nécessaire pour les traiter. Pour le puits 1 et le puits 4, on a besoin de 4mg.L⁻¹ pour la meilleure désinfection ce qui correspond à un taux de chlore résiduel de 0,6mg.L⁻¹ (en rouge). Pour le puits 2, la dose nécessaire est de 3,5mg.L⁻¹ avec un taux de chlore résiduel, trouvé par la méthode de Break point, de 0,4mg.L⁻¹. Pour le puits 3 et le puits 5 : dose nécessaire 3mg.L⁻¹; chlore résiduel 0,4mg.L⁻¹.

Par suite au tableau 21 ci dessus, voici la courbe de chloration au « Break Point » des 5 puits. (les courbes représentatives individuelles des demandes en chlore des cinq puits sont présentées dans l'annexe n°2).

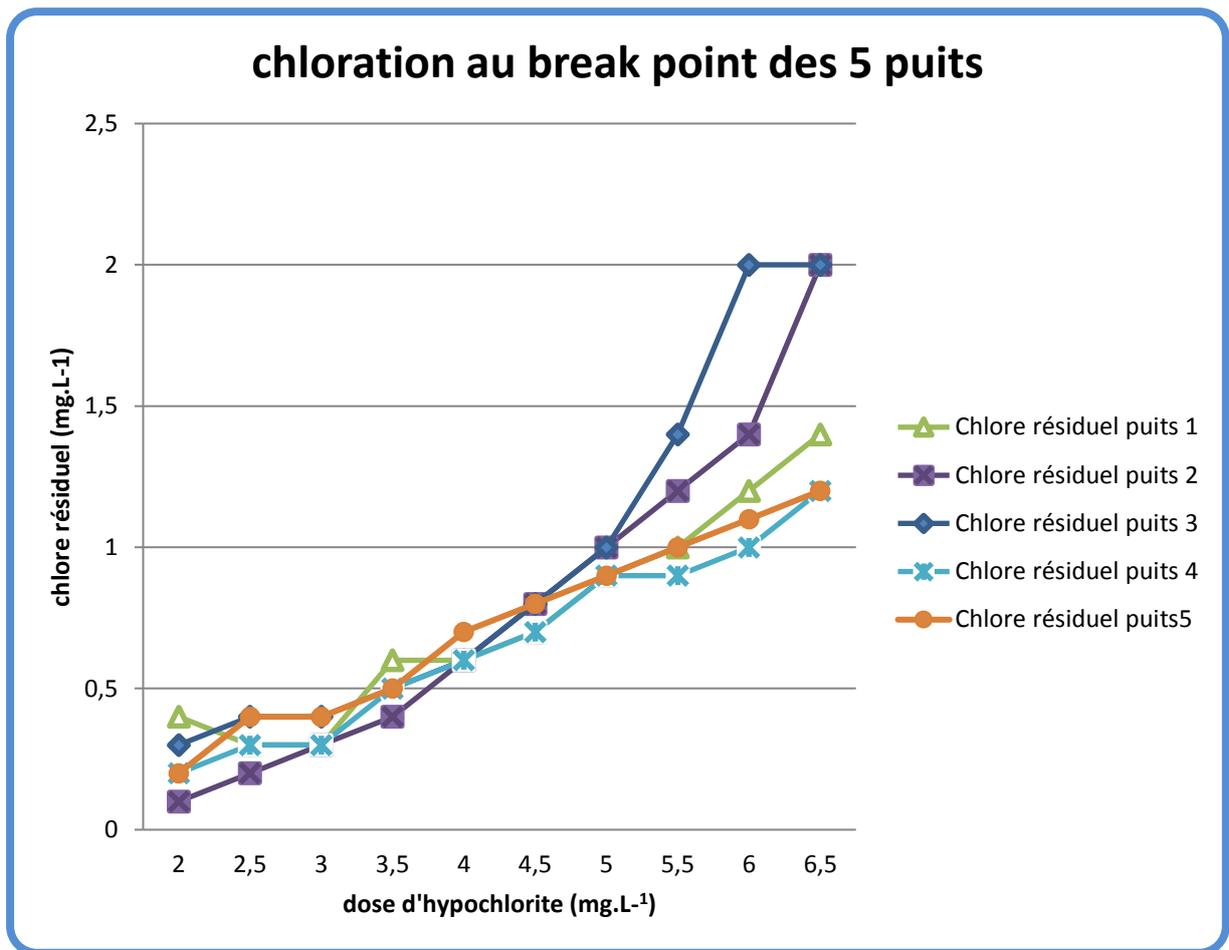


Figure 7: Courbe de chloration au « Break Point » des cinq puits

Avec un taux de désinfection entre [2-3,5] mg.L⁻¹ pour le puits 1 et le puits 4 le chlore réagit d'abord avec l'azote ammoniacal et les matières organiques azotées et il y a formation de monochloramine qui est un chlore résiduel à l'état combiné et dont le pouvoir désinfectant est assez faible. Pour le puits 2 le taux de désinfection est entre [2-3] mg.L⁻¹ et pour le puits 3 et le puits 5 c'est entre [2-2,5] mg.L⁻¹. Le point optimal appelé break-point ou point critique correspond à la destruction des composés organiques et chloramine. Chaque échantillon provenant des 5 puits présentent chacun leur propre point critique qui sont respectivement 4mg.L⁻¹ pour le puits 1 et le puits 4 ; 3,5mg.L⁻¹ pour le puits 2 ; et 3 mg.L⁻¹ pour les puits 3 et puits 5. Dans ces cas, le chlore résiduel est sous forme de chlore libre tel que : HClO ou ClO⁻.

Dans cette zone le chlore libre est proportionnel à la quantité du chlore ajouté et très efficace pour la désinfection. La figure n°8 suivant montre les différentes formes de chlore résiduel.

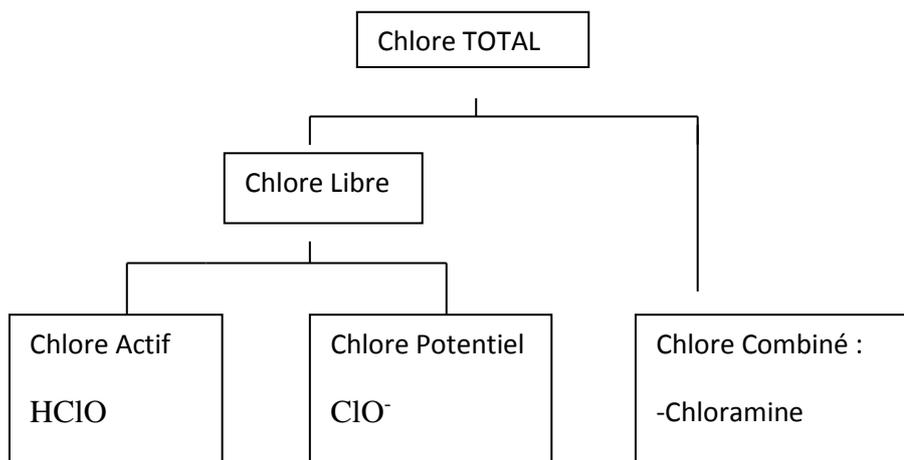


Figure 8 : Différentes formes de Chlore résiduel

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

En présence d'azote ammoniacal et de substances réductrices on a les réactions suivantes :

- Formation de monochloramine : $\text{NH}_3 + \frac{1}{2} \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl}$ (R₆)
- Formation de dichloramine : $\text{NH}_2\text{Cl} + \frac{1}{2} \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NHCl}_2$ (R₇)
- Formation de trichloramine : $\text{NHCl}_2 + \frac{1}{2} \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NCl}_3$ (R₈)

II. PRESENTATION DES RESULTATS DES ENQUETTES DE TERRAIN

II-1. Résultat d'enquête ménage

Les résultats d'enquête faits sur les 32 ménages du Fokontany Ambodihady Ambohimanarina sont présentés dans les tableaux ci-dessous (voir dans l'annexe 3 les questionnaires) ; La date de l'enquête est le 1 juillet jusqu'au 3 juillet 2016

Les objectifs ont été : d'interviewer les usagers des puits, de demander leur opinion vis-à-vis des eaux qu'ils boivent, de savoir les sources de pollution de ces puits, de connaître les maladies qu'ils ont attrapées à partir de cette eau de boisson. Par ailleurs on a aussi fait des observations directes sur quelques détails (protection...)

II.1.1-Information générale

Les informations générales sur les personnes enquêtées concernent l'âge, le niveau d'instruction et le nombre de personnes dans le ménage. Ces derniers sont présentés dans le tableau qui suit.

Tableau 22 : Age/ Niveau d'instruction/ Nombre de personne dans le ménage

Age	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	3	3,30%
mois de 15 ans	5	16,70%
15 à 25 ans	17	56,70%
26 à 35 ans	4	13,30%
plus de 35 ans	3	10,00%
Observation totale	32	100%

Niveau d'instruction	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	3	3,30%
Primaire	9	30,00%
Secondaire	16	53,30%
Universitaire	4	13,30%
Observation totale	32	100%

Nombre de personne dans le ménage	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	2	6,70%
2	1	3,30%
3	4	13,30%
4	6	20,00%
5	4	13,30%
6	5	16,70%
7	6	20,00%
9	3	6,70%
Observation totale	32	100%

Les personnes enquêtées sont tous des habitants permanents du Fokontany d'Ambodihady Ambohimanarina. Sur les 32 ménages enquêtés plus de la moitié des personnes sont de jeunes adultes actifs (15 à 35 ans) dont leur niveau d'études est en moyenne de niveau secondaire. Un ménage peut contenir entre 2 à 9 personnes.

II.1.2. Enquête sur l'eau de boisson

Tableau 23 : Résultats des enquêtes sur l'eau de boisson

protection du puits	Nombre de citoyen	frequence
Non réponse	0	0,00%
Oui	0	0,00%
Non	32	100%
Observation total	32	100%

Représentation de l'eau de boisson	Nombre de citoyen	frequence
Non réponse	3	6,70%
eau Source de vie	24	80,00%
autre	5	13,30%
Observation total	32	100%

Odeur	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	2	6,25%
existence	2	6,25%
Non existence	28	87,5%
Observation totale	32	100%

Goût	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	6	16,70%
Bon	16	53,30%
Mauvais	10	30,00%
Observation total	32	100%

Action pour rendre l'eau saine	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	5	15,62%
Oui	8	25,00%
Non	19	59,37%
Observation total	32	100%

>Si oui pour la 8ème question	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	0	10,52%
la faire bouillir	7	87,5%
y ajouter de l'eau de javel/ chlore/ Sur'eau	1	12,5%
Autre	0	0,00%
Observation total	8	100%

SI non	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	1	5,26%
Eau potable	15	78,95%
Pas d'argent	3	15,79%
Observation totale	19	100%

Distance entre point d'eau et maison	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	5	15,62%
Moins de 5m	1	3,16%
5 à 10 m	15	46,88%
10 à 20 m	9	28,12%
20 à 50 m	2	6,25%
plus de 50 m	0	0,00%
Observation total	32	100%

Distance entre point d'eau et latrine	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	6	18,75%
Moins de 5m	0	0,00%
5 à 10 m	11	34,38%
10 à 20 m	12	37,50 %
20 à 50 m	2	6,25%
plus de 50 m	1	0,00%
Observation total	32	100%

Raison	Nombre de citoyen	fréquence
Non Réponse	0	0,00%
eau potable	28	87,50%
manque d'infrastructure	2	6,25%
pas de moyen financier	2	6,25%
autres	0	0,00%
Observation totale	32	100%

Distance puits-ordure	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	5	15,62%
Moins de 5m	0	0,00%
5 à 10 m	9	28,12%
10 à 20 m	12	37,50%
20 à 50 m	4	12,50%
plus de 50 m	2	6,25%
Observation total	32	100%

D'après ces tableaux de réponses concernant l'eau de boisson : selon une observation directe, les 5 puits étudiés ne sont pas protégés. 87,5% des personnes enquêtées utilisent ces puits en pensant que l'eau est potable. De plus, presque la majorité des personnes (80%) trouve l'eau qu'ils utilisent comme source de vie et ne sent aucune odeur. Cette eau est aussi considérée avoir un bon goût pour la moitié des usagers enquêtés (53,30%). Concernant les actions des usagers pour rendre l'eau saine, seulement 25 % s'y mettent (bouillir l'eau ou utiliser du chlore/eau de javel) contre 59,37 % que l'on n'a pas besoin de le faire ou bien n'ont pas de moyen financier pour son traitement. Alors que les sources de pollution sont assez proches. En effet, d'après une observation directe : 50,04% des maisons, 34,38% des latrines et 28,12% des tas ordures des ménages enquêtés se trouvent à moins de 10 m des puits.

II.1.3. Enquête sur le matériel de transport et stockage de l'eau

Tableau 24 : Résultats des enquêtes sur le transport/stockage de l'eau

Matériel pour puiser l'eau	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	0	0%
Seau plastique	30	93,75%
seau métallique	2	6,25%
Autre	0	0,00%
Observation total	32	100%

Moyen conservation	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	0	0%
Seau plastique	6	18,75%
Seau métallique	6	18,75%
bidon	18	56,25%
autres	2	6,25%
Observation totale	32	100%

Matériel de transport	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	0	0%
Seau plastique	20	62,50%
seau métallique	2	6,25%
Bidon	10	31,25%
Autre	0	0,00%
Observation total	32	100%

Dans le tableau 23, concernant les matériels pour puiser l'eau, la plupart des enquêtés affirme qu'ils utilisent des seaux plastiques (93,75%) ; De même pour le transport (62,50%). Tandis que les utilisateurs utilisent plutôt des bidons pour la conservation, selon l'enquête.

II.1.4. Enquête sur la maladie

Tableau 25 : Résultats des enquêtes sur les maladies

atteint déjà d'une maladie hydrique	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	5	15,63%
Oui	19	59,37%
Non	8	25%
Observation total	32	100%

Fréquence dans une année	Nombre de citoyen	fréquence
non réponse	0	0%
1	10	52,63%
2	6	31,58%
3	1	5,26%
4	1	5,26%
Observation total	19	100%

autre personne étant déjà atteint d'une maladie hydrique dans le ménage	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	5	16%
Oui	21	65,62%
Non	6	18,75%
Observation total	32	100%

Les maladies touchent plutôt: enfant ou adulte	Nombre de citoyen	fréquence
Non réponse	3	14,28%
Adulte	3	14,28%
enfant	15	71,43%
Observation total	21	100%

Dans les derniers questionnaires de l'enquête, on s'est intéressé sur les maladies obtenues par la consommation des eaux des 5 puits. 59,37% des personnes enquêtées disent qu'elles ont été atteintes de maladie hydrique et parmi ces gens, les 52,63% sont touchées qu'une seule fois dans une année. Par ailleurs, 65,62 % disent aussi qu'un ou plusieurs membres de leur famille ont attrapé une maladie hydrique dont 71,43% sont des enfants.

En général et d'après les résultats des enquêtes, Les usagers du puits qui ont été questionnés considèrent l'eau comme source de vie. Concernant leur opinion vis-à-vis de la qualité de l'eau qu'ils boivent, environ la moitié de personnes enquêtées trouvent que l'eau a un bon goût, et une grande majorité trouvent aucune odeur. Vue ces deux propriétés (odeur et goût) beaucoup des usagers enquêtés ne pensent plus à rendre l'eau saine et rien qu'une minorité y songe (bouillir l'eau, utiliser de l'eau de javel...)

Pendant l'enquête, on a aussi constaté que des maisons, des latrines et des tas d'ordure se trouvent à une distance proche des puits (0 à 10 m). Ceci est une grande source de pollution pour les puits. En effet, selon les normes imposés par l'OMS, la distance entre les puits et

toutes sources de pollution devraient être au moins 15 m. De plus des gens n'utilisent que des seaux plastiques et du seau métallique qui n'ont de couvercle pendant les transports, ce qui constitue aussi une source de pollution, car à ce moment-là, les microbes peuvent pénétrer dans l'eau.

Concernant l'état de santé des usagers, plus de la moitié ont attrapé une maladie hydrique et elle touche plutôt les enfants que les adultes.

III : RECOMMANDATIONS

III. 1. Recommandation spécifique : Méthode d'élimination des nitrates

Lorsque les taux de nitrate dans les eaux de consommation dépassent la valeur fixée par les normes, il est indispensable de prévoir un traitement assurant leur élimination ; plusieurs méthodes peuvent être adoptées. En voici quelques techniques pour respecter les normes concernant les nitrates :

- la dénitratisation par résines échangeuses d'ions
- Dénitrification par traitement biologique
- Elimination des nitrates par filtration membranaire

III.1.1. Dénitratisation par résine échangeuse d'ions

L'échange ionique consiste à transférer des ions indésirables de l'eau brute (les ions nitrates) sur un support insoluble, appelé échangeur d'ions (le plus souvent sous forme de billes de polymères de diamètre compris entre 0,4 et 0,8 mm). L'échangeur d'ions capte les ions indésirables et libère, en contrepartie, une quantité équivalente d'ions (les ions chlorures) dont la présence n'est pas gênante, dans la mesure où la concentration limite (200 mg.L⁻¹) n'est pas dépassée.

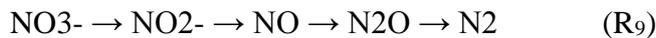
Pour permettre un bon fonctionnement de ce procédé de traitement, l'eau brute doit contenir peu de sulfates (qu'elle fixe préférentiellement) et de matière organique (qui la colmate). Ainsi, il est parfois utile de pré-traiter l'eau par passage sur un filtre bicouche sable/charbon en amont.



III.1.2. Dénitrification par traitement biologique

La dénitrification résulte de l'activité bactérienne. En l'absence d'oxygène (milieu anoxique), les bactéries fixées sur un matériel support (généralement de l'argile) transforment les nitrates

en azote gazeux et en oxygène. La chaîne de décomposition des nitrates est simplifiée selon celle-ci



Quel que soit le procédé utilisé, la filière type de dénitrification peut être schématisée de la façon suivante:

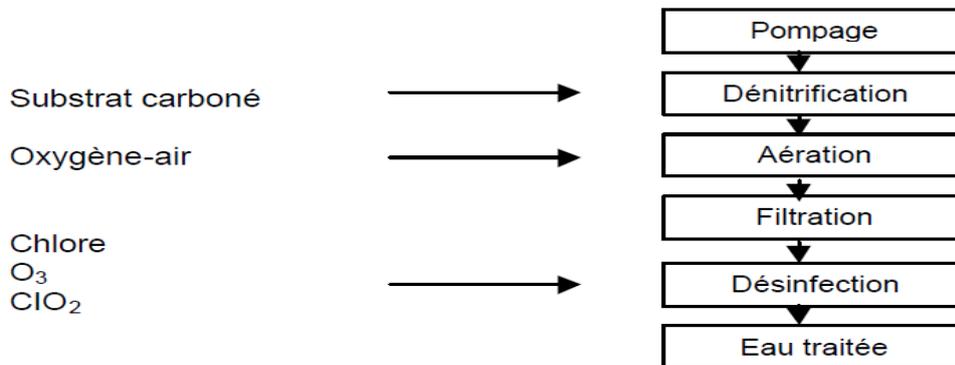


Figure 9 : SCHEMAS MONTRANT LE PROCESSUS DE LA DENITRIFICATION
Source : Momento technique JIRAMA

En tête de filtre, un réactif (généralement de l'éthanol) est injecté afin de favoriser le métabolisme des bactéries (apport de matières carbonées). Puis des post-traitements (aération, filtration, désinfection) sont réalisés avant la distribution.

La dénitrification biologique a l'avantage de procéder à la décomposition totale des nitrates, et d'être peu sensible à la teneur en matière en suspension de l'eau à traiter. Par contre, son exploitation est plus compliquée, elle est sensible aux variations de débit et de température et est influencée par l'âge des bactéries nitrifiantes.

Les paramètres essentiels jouant sur la vitesse de dénitrification sont les suivants :

- L'oxygène dissous, qui doit être présent en concentration suffisamment faible pour ne pas entraver l'activité des micro-organismes, la dénitrification étant un processus anaérobie,
- Le pH, qui se situe optimalement entre 7 et 8,5,
- La température, qui se situe optimalement entre 15°C et 20°C,
- Le rapport carbone/nitrate (le taux de dénitrification augmente avec la concentration en carbone jusqu'à une valeur maximale à partir de laquelle l'augmentation des concentrations en carbone n'affecte plus la dénitrification),
- Le phosphate, qui est nécessaire à la croissance bactérienne (environ 0,5mg.L⁻¹ de PO₄)

III.1.3. Elimination des nitrates par filtration membranaire

Une troisième technique consiste à filtrer l'eau sur une membrane semi-perméable qui retient les micropolluants dont les pesticides, et laisse passer l'eau. Pour permettre la séparation entre l'eau et les éléments à éliminer, on utilise une force extérieure :

- La pression (30 à 60 bars) pour la nanofiltration et l'osmose inverse,
- Un champ électrique pour l'électrolyse.

Les membranes utilisées ont des pores extrêmement petits ($< 0,01 \mu\text{m}$ pour la nanofiltration et $< 0,001 \mu\text{m}$ pour l'osmose inverse), soit 10 000 à 100 000 fois plus petit qu'un cheveu ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{mm}$).

Le procédé par membranes est le procédé qui fournit la meilleure qualité d'eau en éliminant aussi tous les autres polluants, mais son coût actuellement élevé n'est pas adapté aux petites unités. Il peut être particulièrement intéressant dans le cas d'une multi-pollution à traiter (dureté, nitrates, pesticides,...).

III. 2. Recommandations Générales

▪ Traitement des eaux souterraines

Les eaux souterraines qui ont une composition étroitement liée aux terrains qui les contiennent sont le plus souvent exemptes de germes pathogènes. C'est pourquoi on dit qu'elles sont naturellement pures. Néanmoins, la zone de captage doit être protégée par une réglementation efficace et prendre des précautions pour éviter une contamination de l'eau dans le réseau de distribution. Lorsqu'une protection continue ne peut être garantie du point de captage au point de consommation, il est impératif de procéder à une désinfection et de maintenir une concentration de chlore résiduel suffisant.

Le traitement comportera l'une ou la totalité des étapes suivantes :

Sédimentation : c'est le traitement le plus simple. Il consiste à stocker l'eau dans les réservoirs pendant un bout de temps plus ou moins long. Les matières en suspension se déposent au fond du réservoir

Floculation : la sédimentation est favorisée par l'addition de réactifs chimiques flocculant comme le sulfate d'alumine ; le « flocc » qui en résulte peut éliminer dans de bonnes conditions les bactéries présentes.

La décantation et filtration : on avait autre fois recours à la filtration lente sur sable fin, directement appliquée à l'eau brute. Actuellement les eaux brutes subissent d'abord un traitement de coagulation puis de décantation et leur filtration devient alors très rapide.

Stérilisation : elle constitue l'étape finale du traitement. Elle est destinée à inactiver les microorganismes, pathogènes ou non, qui n'ont pas été retenus au cours des opérations précédentes. Le procédé le plus répandu est la chloration.

- Pour améliorer la qualité des eaux de puits proposons les solutions suivantes
 - il faut sensibiliser les populations et les inciter à traiter l'eau des puits avant consommation, et leur rassurer qu'on peut faire éviter toutes les maladies d'origine hydrique par un approvisionnement suffisant en eau salubre.
 - l'alimentation des quartiers périphériques pourrait être assurée par des forages profonds captant la nappe profonde. D'autre part assurer l'approvisionnement en eau par le réseau d'adduction moderne fournissant de l'eau potable aux quartiers non encore suffisamment dotés.
 - des mesures doivent être prises pour une meilleure évacuation des eaux usées et une meilleure conception des fosses d'aisances et des puisards. Ce qui diminuera la pollution de la nappe superficielle; afin de mettre les populations à l'abri des affections liées à l'eau de consommation.

CONCLUSION

A Madagascar beaucoup de gens utilisent encore des eaux de puits comme source d'approvisionnement. Une grande partie de la population urbaine se fournit de ces eaux de puits pour répondre à leur besoin. Mais la majorité de ces puits n'est pas entretenue et ne correspond pas à la norme. Les eaux de puits urbains sont de mauvaise qualité.

Dans ce contexte, l'étude de cas relatif aux cinq puits du quartier d'Ambodihady Ambohimanarina permet de dire que l'eau utilisée par les riverains est de mauvaise qualité. En effet, d'après les analyses effectuées auprès du laboratoire de la JIRAMA Mandrozeza suivie d'enquête au niveau des trente deux ménages qui utilisent les cinq puits, l'eau présente est considérée comme non potable. Le taux de nitrate est très élevé ainsi que, les taux des germes indicateurs de pollution (le coliforme totaux, l'Escherichia coli et le streptocoque fécaux) ceci est due à l'utilisation des matières fécales des animaux comme engrais dans les aires cultivées aux alentours des puits. En plus les puits se trouvent dans de bas endroits, alors tous les rejets des eaux usées de plusieurs unités d'habitation s'y infiltrent. En temps pluvieux, le taux de nitrate a encore augmenté ; ainsi que celui de la conductivité, les Matières organiques, les germes indicateurs de pollution dans l'eau et on a constaté que 50, 04% des maisons, 34,38% des latrines, et 28,12% des tas d'ordure se trouvent à une distance proche des puits (0 à 10 m). De même, le transport et l'acheminement de ces eaux de puits ainsi que leur moyen de conservation rudimentaire participent aussi à la pollution de ces dernières.

La consommation de ces eaux insalubres constitue une source de maladie hydrique, 59,37% des usagers affirment qu'ils ont été atteints de maladie hydrique et la maladie touche plutôt les enfants que les adultes. A cet effet, une désinfection par chloration est une possibilité de traitement de l'eau pour la rendre potable.

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

1. [http:// www.cieau.com](http://www.cieau.com)
2. <http://Livret> des sources d’approvisionnement en eau www.pseau.org /outils /ouvrage mineau
3. <http://google> earth
4. <http://www2.nancy.inra.fr/acidieau>
5. [https://fr.m.wikipedia.org/ wiki< Puits](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Puits)
6. [https://fr.m.wikipedia.org/ wiki<Assainissement](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Assainissement)

Références bibliographiques

1. DEGUMENT, Mémento technique de l’hydrogéologie, Bordas, Paris, 1982
2. Démographie, tirée auprès du Fonkotany AmbodihadyAmbohimana
3. FRESNEL J., RENAUD F., HANSEN W., BOLLET C. (1994). *Manuel de bactériologie clinique* (volume 2). Collection Option Bio, Edition Elsevier, Paris, 457p.
4. GERBA C.P.(1988). Haas C.S.- assesment of risks associated with enteric viruses in contaminated drinking water. HSTM. STP, vol 976
5. GRIMONT FABER et coll, 1961, Bactériologie Médicale. Entérobactérie, Flammarion, Paris
6. GRONDIN. P, (1996). *Chloration en milieu rural dans les pays en voie de développement*. Actes de la réunion organisée par le Ps-Eau. Cahier n°10, Paris, 69p.
7. LECLERC H. et MOSSEL D.A.A. (1989). Microbiologie : le tube digestif, l'eau et les aliments. Edition DOIN, Paris, 513p.
8. Normes de potabilité Malagasy (Décret n° 2004-635 du 15/06/04)
9. RODIER, 1975. L'analyse de l'eau : eaux naturelles ; eaux résiduaires ; eaux de mer. Tome 1, 5ème édition DUNOD,
10. VERMEYLENE (A), 2007 cours de microbiologie. Faculté Universitaire Notre Dame de la paix de Namur

ANNEXES

Annexe 1 : Méthode d'Analyse Physico-chimique des échantillons des eaux de puits

A. Détermination du pH, de la température

Le pH de l'eau est déterminé à l'aide d'un multimètre. Cet appareil permet également de connaître la température, la conductivité, le TDS et la salinité de l'eau.

Après avoir allumé l'appareil, les électrodes sont bien rincées avec de l'eau distillée avant de les mettre dans l'eau à analyser. La lecture est faite après l'obtention d'une valeur stable sur l'écran du multimètre.

B. Détermination des matières organiques

Réactifs utilisés :

- bicarbonate de sodium (NaHCO_3)
- permanganate de potassium (KMnO_4)
- acide sulfurique (H_2SO_4)
- sel de MOHR

Mode opératoire :

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 une eau :

- Prélever 100 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 5 ml de NaHCO_3 saturé, porter à l'ébullition,
- Ajouter 10 ml de KMnO_4 , porter à l'ébullition pendant 10 mn,
- Laisser refroidir, ajouter 5 ml de H_2SO_4 et 10 ml de Sel de Mohr,
- Titrer avec KMnO_4 jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante

Soit V_1 le volume de KMnO_4 versé pour ce dosage.

- Recommencer les mêmes opérations avec de l'eau distillée.

Soit V_2 le volume final versé.

L'oxydabilité des matières organiques au permanganate, exprimée en mg.L^{-1} d'oxygène, est égale à $V_1 - V_2$.

C. TA et TAC

Réactifs utilisés :

- phénol phtaléines
- hélianthine
- acide sulfurique (H_2SO_4)

Mode opératoire :

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

On prélève 100 ml d'eau à analyser dans un bécher. Puis on verse quelques gouttes de phénol phtaléines pour avoir une coloration rose (si la solution devient rose il existe du TA dans l'eau), titrer avec H_2SO_4 jusqu'à obtenir un virage jaune ; le volume de H_2SO_4 versé est égale à $TA = V_1 \text{ ml } H_2SO_4$ (°F) .

On ajoute 2 à 3 gouttes d'hélianthine (jaune pour TAC) ; et titrer avec H_2SO_4 en agitant constamment jusqu'à l'obtention du virage jaune à orangé (TAC) ; le volume de H_2SO_4 versé est égale à $V_2 \text{ ml } H_2SO_4$ (°F).

EXPRESSION DES RESULTATS

$$TAC = V_1 \text{ ml } H_2SO_4 \text{ (°F)} + V_2 \text{ ml } H_2SO_4 \text{ (°F)}$$

$$TAC = V \text{ ml } H_2SO_4 \text{ (°F)} \quad (1^\circ\text{F en TAC} = 12,2 \text{ mg.L}^{-1} \text{ en } HCO_3^-)$$

D. MESURE DU TH (Titre Hydrotimétrique ou dureté totale)

Réactifs utilisés :

- solution d'EDTA (Ethylène Diamine Tétra Acétique)
- solution tampon de pH = 10
- solution NET

Mode opératoire :

On prélève 100 ml d'eau à analyser ; et on ajoute 2ml de tampon TH + quelques gouttes de NET (TH). Puis on dose avec la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vineux au bleu-vert .

La dureté totale est égale au volume d'EDTA versé en °F

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

La dureté totale, exprimée en °F = V (en ml)

E. MESURE DE LA DURETE CALCIQUE

Réactifs utilisés :

- NaOH
- Paton et Reeder
- EDTA

Mode opératoire :

On prélève 100 ml d'échantillon d'eau, puis on verse 2 ml de NaOH et on ajoute une pince de Paton et Reeder.

On dose avec l'EDTA jusqu'à obtenir une coloration bleu vert.

La dureté calcique est égale au volume d'EDTA versé en °F

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

La dureté calcique, exprimée en °F = V (en ml) (1°F en Ca = 4 mg/l)

F. CHLORURE

Réactif utilisé :

-K₂CrO₄

-AgNO₃

Mode opératoire :

On preleve 100 ml d'eau à analyser .puis on ajoute 5gouttes de K₂CrO₄ puis titrer avec AgNO₃ jusqu'au virage rouge brique.

Soit V le volume de AgNO₃versé : Cl en mg.L⁻¹ = V (en ml) x 35.5

G. FER

Réactifs utilisés :

-dithionite de sodium

-dimethylglyoxine

-amoniaque 10%

Mode opératoire :

On prélève 100 ml d'eau puis on ajoute une pincé de dithionite de sodium, et 1ml de dimethylglyoxine ainsi que 1 ml d'ammoniaque 10% .Attendre 2 mn .Comparer la couleur de cette solution avec celle des plaquettes étalons ; lire la teneur en fer correspondante en mg /l.

H. SULFATE

Réactifs utilisés :

-acide chlorhydrique de 10%

-chlorure de baryum stabilisé

Mode opératoire :

On prélève 20 ml d'échantillon d'eau à analyser, puis on ajoute 0,5 ml de HCl et de 2,5 ml de BaCl₂. On laisse reposer pendant 15 mn et enfin, on fait une lecture directe du résultat avec une spectrophotométrie.

I. AMONIUM

Réactifs utilisés :

- phénol
- nitropussiate
- solution oxydante

Mode opératoire :

On prélève 50 ml d'eau et on ajoute 2 ml de solution de phénol puis 2 ml de solution de nitropussiate, et 5 ml de solution oxydante. Après on agite énergiquement et laisser reposer pendant 1 heure. Et enfin, on fait une lecture directe du résultat avec une spectrophotométrie.

J. MESURE DE LA CONCENTRATION EN NITRATE

Réactif utilisé :

- NaOH
- Tampon concentré

Mode opératoire :

L'eau analyser est de 50 ml, puis on ajoute 1 goutte de NaOH pour avoir une pH~9, puis 1,25 ml de Tampon concentré.

On percole l'échantillon à travers la colonne à cadmium à un débit de 7 à 10 ml /mn. Jeter les 25 ml premiers de l'échantillon, et récupérer le reste plus 1 ml du réactif coloré puis laisser reposer pendant 15 mn avant la lecture avec le spectrophotométrie.

F. MESURE DE LA CONCENTRATION DU NITRITE

Réactifs utilisés :

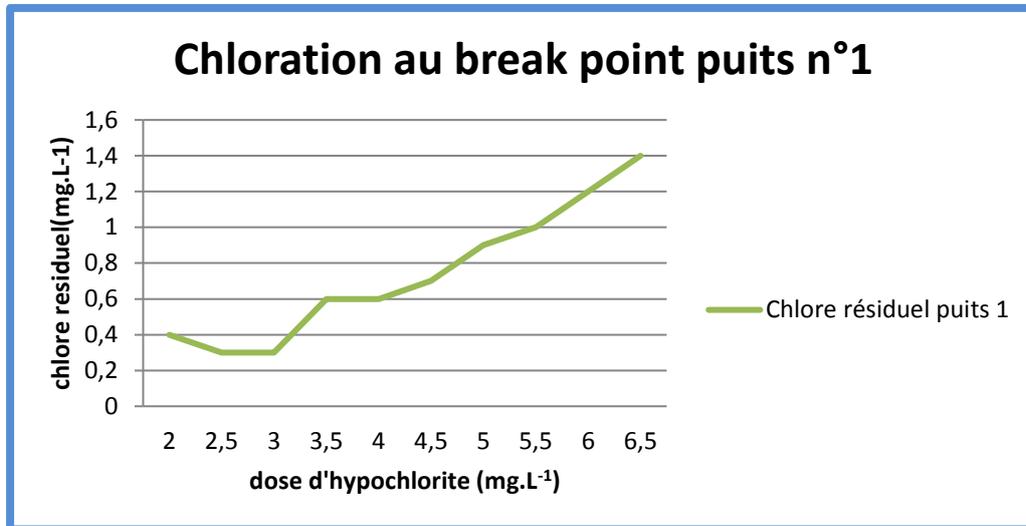
- acide phosphorique
- réactif colorés

Mode opératoire :

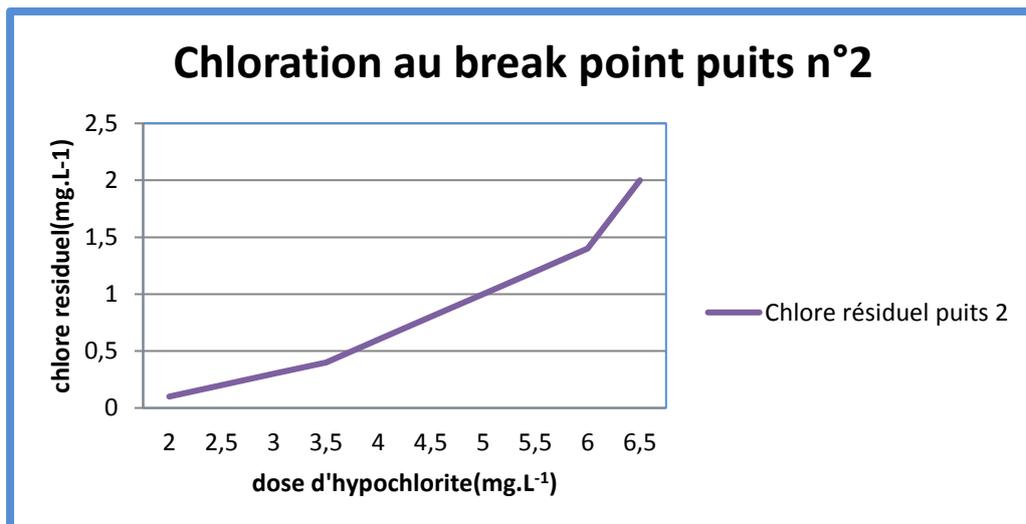
L'eau analysé est de 50 ml .On verse 1goute de H_3PO_4 puis 1 ml de réactif coloré. Laisser reposer pendant 15 mn puis, lire la concentration avec l'appareil spectrophotométrique

Annexe 2 : Courbes individuelles représentatives de demande en chlore

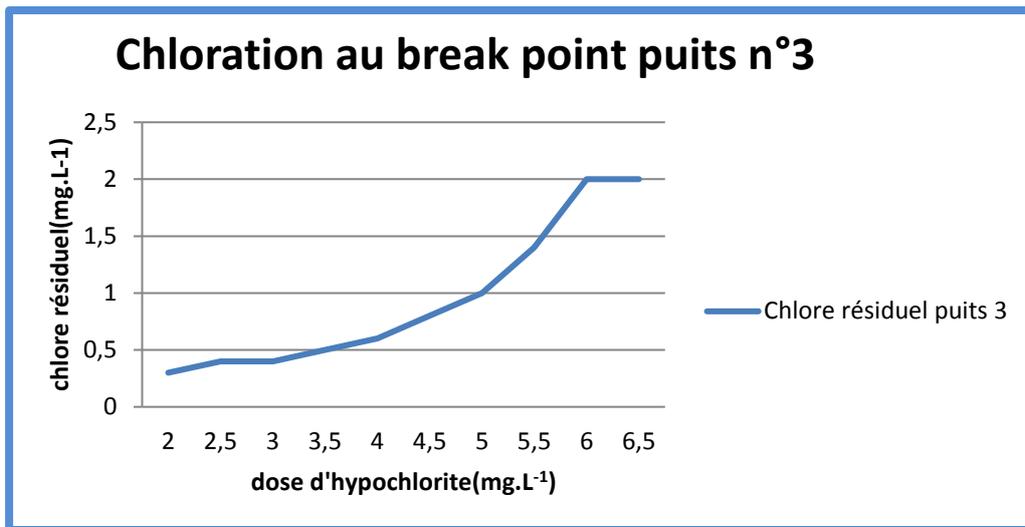
Courbe d'évolution de la chloration au break point du puits 1



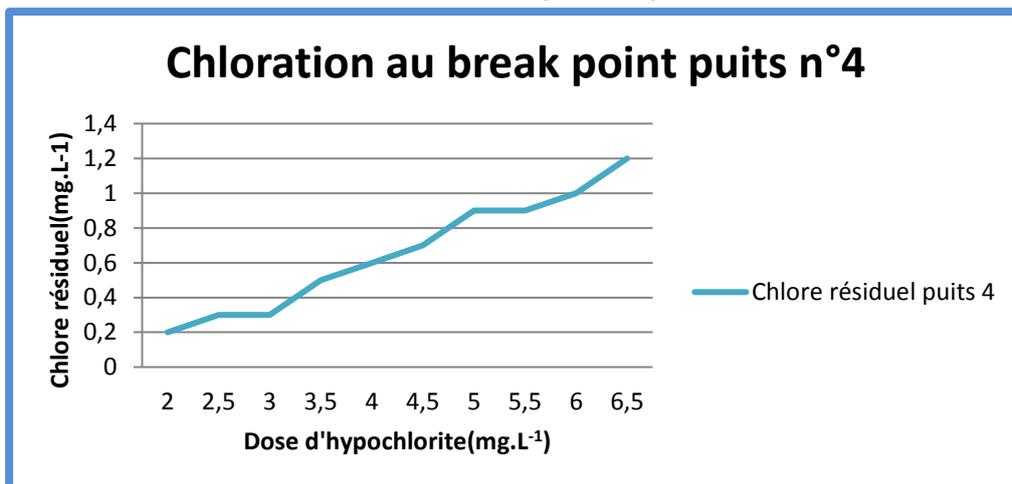
Courbe d'évolution de la chloration au break point du puits 2



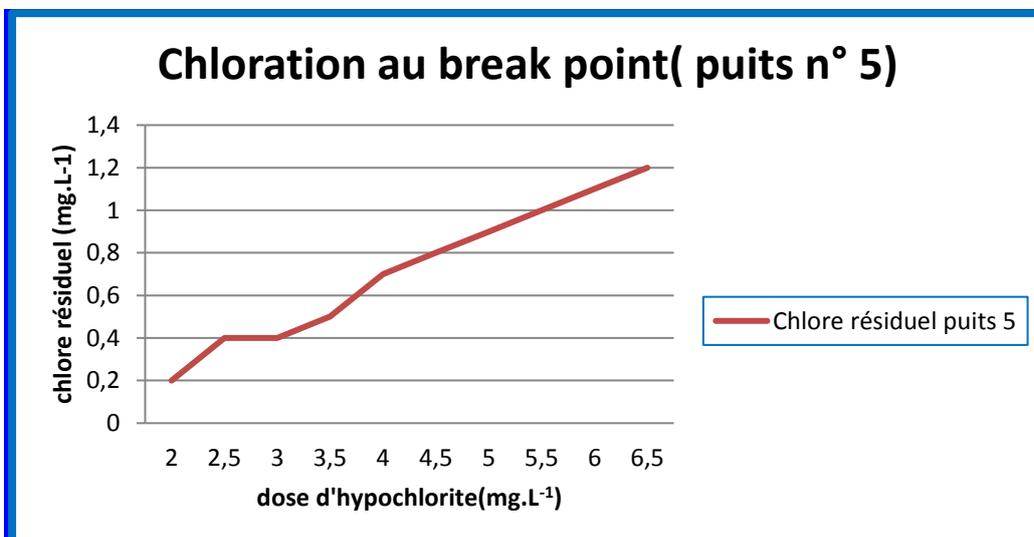
Courbe d'évolution de la chloration au break point du puits 3



Courbe d'évolution de la chloration au break point du puits 4



Courbe d'évolution de la chloration au break point du puits 5



Annexe 3 : Test questionnaire

Evaluation des qualités de l'eau de puits

1. Age

1. Mois de 15 ans

2. 15 à 25 ans

3. 26 à 35 ans

4. Plus de 35 ans

2. Niveau d'instruction

1. Primaire

2. Secondaire

3. Universitaire

3. Combien de personne y a-t-il dans votre ménage

4. Que représente pour vous l'eau de boisson

1. Eau Source de vie

2. Autre

Si 'autre', précisez :

5. Est-ce que le puits que vous utilisez est protégé?

1. Oui

2. Non

6. Quelles sont les raisons qui vous ont poussé à utiliser ce puits?

7. Qu'en pensez-vous du goût de l'eau?

1. Bon

2. Mauvais

8. Que pensez-vous de son odeur?

10. Faites-vous quelque chose pour rendre l'eau plus saine avant la consommation?

1. Oui

2. Non

11. Si Oui, lesquelles

1. La faire bouillir

2. Y ajouter de l'eau de javel/ chlore/ Sur'eau

3. Autre

La question n'est pertinente que si action = "Oui"

Si 'Autre', précisez :

12. Si non; Pourquoi?

La question n'est pertinente que si action = "Non"

13. A quelle distance de votre maison se trouve votre point d'eau?

1. Moins de 5m

2. 5 à 10 m

3. 10 à 20 m

4. 20 à 50 m

5. Plus de 50 m

14. A quelle distance se trouve la latrine la plus proche du point d'eau?

1. Moins de 5m

2. 5 à 10 m

3. 10 à 20 m

4. 20 à 50 m

5. Plus de 50 m

15. Quelle est la distance entre le puits et les tas d'ordures?

1. Moins de 5m

2. 5 à 10 m

3. 10 à 20 m

4. 20 à 50 m

5. Plus de 50 m

Question sur Conservation /Transport de l'eau

16. Quelle matériel vous avez utilisé pour puiser l'eau?

1. Seau plastique

2. Seau métallique

Si 'Autre', précisez :

17. Quelle matériel utilisez-vous pour le transport de l'eau puisée?

18. Quelle matériel utilisez-vous pour la conservation de l'eau puisée?

Question sur la maladie

19. Est-ce que vous étiez déjà atteint d'une maladie hydrique? (Diarrhée, Choléra, Typhoïde)

1. Oui

2. Non

20. Combien de fois dans une année

|_|_|_|_|_|_|_|

La question n'est pertinente que si atteint e de maladie = "Oui"

21. Dans votre ménage, existe-t-il une autre personne étant déjà atteint d'une maladie hydrique?

1. Oui

2. Non

22. D'après vous, est-ce que les maladies hydrique touchent-t-elles plutôt:

1. Adulte

2. Enfant

Annexe 4 : Photos montrant les environnements aux alentours des puits

Exemple de Végétation autour des puits



Tas d'ordure



Exemple de maison autour des puits



Auteur : HARIJOELINA Volaniaina	E-mail : harijoelina@gmail.com
Adresse : Lot IVF 209 Ambodihady/Aambohimanarina	GSM : 033 82 344 06

Nombre de pages : 66 pages

Nombre des figures : 9

Nombre de tableaux : 25

Nombre des annexes : 4

**TITRE DU MEMOIRE: «CONTROLE QUALITE – ANALYSES ET ESSAIS DE
TRAITEMENT DES EAUX DE PUIITS : CAS DU FOKONTANY D’AMBODIHADY
AMBOHIMANARINA»**

RESUME

La présente étude a permis d'évaluer la qualité de l'eau de puits d'Ambodihady Ambohimanarina du VIème arrondissement. Cinq puits du Fonkotany ont été sélectionnés pour concrétiser notre étude, et en ce sens des analyses physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux de puits ont été réalisées au sein du laboratoire de la JIRAMA Mandroseza. Ces analyses sont suivies d'enquêtes ménagères utilisant ces cinq puits.

D'après les analyses et enquêtes, le taux de nitrate de l'eau est supérieur à la norme. De plus, le taux de nitrate a encore augmenté en temps pluvieux ; ainsi que ceux de la conductivité et des matières organiques, mais sans pour autant dépassé les normes.

L'eau présente des germes indicateurs de pollution élevée comme le coliforme totaux, l'Escherichia coli et le streptocoque fécaux. La quantité de microorganisme présent dans les eaux augmente avec la pluviométrie.

Au niveau des enquêtes, presque la moitié des personnes enquêtées trouvent que l'eau a un bon gout, et 87,5% ne trouvent aucune odeur. On a aussi constaté que 50,04% des maisons, 34,38% des latrines, et 28,12% des tas d'ordure se trouvent à une distance proche des puits (0a10 m).

Concernant les maladies, 59,37% des usagers ont été déjà atteint d'une maladie hydrique et la maladie touche plutôt les enfants que les adultes.

Vu ces résultats, une demande en chlore a été réalisée pour connaitre le taux de chlore à utiliser si on veut effectuer un éventuel traitement.

Mots clés: Analyse, Chloration, Eau , Puits, Micro-organisme, Potabilité ,

ABSTRACT

This study allowed assessing the quality of wells water of « Ambodihady Ambohimanarina VIème Arrondissement». Five wells in the Fokontany were selected to fulfill our study; and in that sense, physico-chemical and bacteriological analyzes of those wells water were realized in the laboratory of JIRAMA Mandroseza. These analyzes are followed by household surveys using the five wells.

According to the analyzes and surveys, the nitrate rate in wells water is above the norm. Furthermore, in rainy days, the nitrate rate increased again; as well as conductivity rate and organic materials rate but without exceeding the norm. The water contains important indicator germs of polution like fecal streptococcus, Escherichia coli and total coliform. The quantity of micro organism inside the water increase with pluviometry

About the survey, almost half surveyed peoples said that water has a good taste; and 87,5% of surveyed persons said that wells water is odorless. Also, 50,04% of homes, 34,38% of latrines and 28,12% of rubbish are close the wells (0-10 m).

About the disease, 59,37% of well's users were already got a waterborne disease and he affects child more than adult.

From these results, a chlorine demand was realized so as to know chlorine rate if we want to execute a water treatment.

Key words: Analysis, Chlorination, Water, Well, Microorganism, Potability

Encadrant : Docteur, ANDRIAMBININTSOA RANAIVOSON TOJONIRINA