

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	ii
LISTE DES ABREVIATIONS	iv
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES ANNEXES	viii
INTRODUCTION GENERALE	1
Partie I SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	2
Chapitre 1 : MONOGRAPHIE DE LA ZONE D'ÉTUDE	3
I. LOCALISATION ET SITUATION GEOGRAPHIQUE DU SITE	3
II. SITUATION DEMOGRAPHIQUE	3
III. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE D'ANDRAMASINA	4
IV. STRUCTURE GEOLOGIQUE	6
V. CLIMATOLOGIE	6
VI. DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE	6
VII. DÉVELOPPEMENT SOCIAL	8
VIII. TRANSPORT ET COMMUNICATION	8
Chapitre 2 : GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX ET L'AEPG	9
I. CYCLE DE L'EAU [5]	9
II. TYPES DE RESSOURCES EN EAUX	9
III. PROTECTION DES RESSOURCES EN EAUX	10
IV. GÉNÉRALITÉS SUR L'ADDUCTION D'EAU POTABLE GRAVITAIRE OU AEPG	10
Partie II DIAGNOSTIC DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE PAR GRAVITAIRE D'ANDRAMASINA ET DIVERSES RECOMMANDATIONS	16

Chapitre 1 : METHODOLOGIE DE L'ETUDE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DANS LA COMMUNE D'ANDRAMASINA	17
I. ENQUETE AUPRES DE LA COMMUNE	17
II. VISITE DE LIEUX ET RECONNAISSANCE	18
III. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME D'AEPG D'ANDRAMASINA	18
Chapitre 2 : DESCRIPTION DETAILLEE DES PROBLEMATIQUES DE L'AEPG	21
I. LA SOURCE DE CAPTAGE	21
II. OUVRAGES DE L'AEPG.....	23
III. TUYAU DE RACCORDEMENT Y	29
IV. PETIT PONT ABIME.....	29
V. RIVIERE SISAONY	29
VI. RESERVOIR	30
VII. PROBLEMES RELATIFS AUX TUYAUTERIES	31
VIII. BORNES FONTAINES.....	33
IX. ENQUETE AUPRES DE LA POPULATION ET HOPITAL.....	34
X. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS D'EAU.....	38
XI. RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO – CHIMIQUE.....	38
XII. RECOMMANDATIONS	42
CONCLUSION	49
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	50
WEBOGRAPHIES.....	50
ANNEXES.....	51

LISTE DES ABREVIATIONS

°f	: Degré français
AEP	: Adduction d'Eau Potable
AEPG	: Adduction d'Eau Potable par Gravitaire
ASR	: Anaérobie Sulfito - Réducteur
B₁	: Bassin de filtration 1
B₂	: Bassin de filtration 2
BF	: Borne Fontaine
BF1	: Borne Fontaine d'Ambatolampikely
BF2	: Borne Fontaine de la gendarmerie
BF3	: Borne Fontaine près du CEG
BF4	: Borne Fontaine dans l'hôpital
BF5	: Borne Fontaine près de l'OTIV
BF6	: Borne Fontaine près de la commune
BF7	: Borne Fontaine près de la DREF
BF8	: Borne Fontaine près de la poste
C₁	: Bassin de Captage
C₂	: Captage à ciel ouvert
CEG	: Collège Enseignement Général
CHD	: Centre Hospitalier District

CSB1	: Centre de Santé de Base 1
DREF	: Direction Régionale de l'Environnement et Forêt
E- Coli	: <i>Escherichia Coli</i>
EAH	: Eau Assainissement et Hygiène
EPP	: Ecole Primaire Publique
FID	: Fond d'Intervention pour le Développement
INSTAT	: Institut National de la Statistique
JIRAMA	: Jiro sy Rano Malagasy
NPK	: Azote, Phosphore, et Potassium
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit ou Unité de Turbidité néphéométrique
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
OTIV	: Ombona Tahiry Ifampisamborana Vola
PED	: Pays En Développement
PEHD	: Poly Ethylène à Haute Densité
RES	: Réservoir
RIP	: Route d'Intérêt Provincial
RN7	: Route Nationale Numéro 7
THM	: Trihalométhane
UFC	: Unité Formant Colonie
EDTA	: Ethylène Diamine Tétra- Acétique

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Plan satellite aérien de la commune d'Andramasina (Google Map, 2016).....	3
Figure 2: Cycle de l'eau	9
Figure 3: Plan d'adduction d'eau potable par gravitaire de la ville d'Andramasina, 2016.....	20
.Figure 4: Vue de la partie Est du lac.....	21
Figure 5: Porc errant sur la bordure du lac	22
Figure 6: Exemple de parc à bœuf	22
Figure 7: Rizières côtoyant le lac Ambohimanjaka	22
Figure 8: Excréments polluants le bord du lac.....	22
Figure 9: Zone de captage	23
Figure 10: Ouvrages de l'AEPG.....	23
Figure 11: Vue extérieure du bassin de captage C ₁	24
Figure 12: Aspect de l'eau contenue dans le bassin C ₁	25
Figure 13: L'eau venant de la fuite du bassin.	25
Figure 14: Eau du lac qui suit le versant de la montagne vers le bassin B ₂	25
Figure 15: Extérieur du bassin de filtration.....	26
Figure 16: Intérieur du bassin de filtration B ₁	27
Figure 17: Extérieur du bassin de filtration B ₂	27
Figure 18: Intérieur du bassin B ₂	28
Figure 19: Tuyau à couverture métallique accroché sous le petit pont	29
Figure 20: Tuyau d'amené en rupture traversant la rivière Sisaony	30
Figure 21: Extérieur d'un réservoir	31
Figure 22: Intérieur du réservoir mal entretenu.....	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Croissance démographique du district d'Andramasina	3
Tableau 2: Croissance démographique dans la commune d'Andramasina.....	4
Tableau 3: Pourcentage de la population par fokontany	4
Tableau 4 : Données de la commune sur l' AEPG d'Andramasina	17
Tableau 5: Tuyaux déterrés sur la conduite d'amenée.....	32
Tableau 6: Données caractérisant les bornes fontaines dans la commune	33
Tableau 7: Résultats des enquêtes quantitatives de l'eau au niveau de la population	35
Tableau 8: Résultats des enquêtes qualitatives de l'eau au niveau de la population	36
Tableau 9: Résultats d'analyse physico – chimique de BF 6.....	39
Tableau 10: Résultats d'analyse bactériologique de BF6	39
Tableau 11: Résultats d'analyse physico – chimique de la source Antsiperifery	41
Tableau 12: Résultats d'analyse bactériologique de la source d'Antsiperifery.....	42
Tableau 13: Résultats des essais de traitement du lac Ambohimanjaka (JAR TEST)	44
<i>Tableau 14: Résultats des essais de désinfection par l'hypochlorite de calcium sur l'eau brute (Ambohimanjaka).....</i>	<i>45</i>
Tableau 15: Résultats des essais de désinfection par l'hypochlorite de calcium sur l'eau clarifiée.....	45

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : Méthodes d'analyse physico – chimique des eaux.....	I
ANNEXE II : Méthodes d'analyse bactériologique des eaux.....	IX
ANNEXE III : Protocoles des essais de floculations et demande en chlore.....	XI
ANNEXE IV : Questionnaires d'enquête	XV

ClcCours.com

INTRODUCTION GENERALE

L'accès à l'eau potable est un droit humain selon l'Organisation des Nations Unies (ONU). En effet, le taux d'accès en eau potable est un des problèmes majeurs pour les Pays En Développement (PED) comme Madagascar. La position de la Grande île figure parmi les pays où l'accès à l'eau potable est « l'un des plus difficiles au monde » [6].

L'eau est une source de vie sur terre. Elle est essentielle à la vie humaine. Sa qualité doit répondre obligatoirement aux normes de la santé selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [1]. Elle peut provoquer de maladies faute de traitement ou de mauvaise protection de la source.

Selon le Ministère de l'Eau, chargé de la coordination des activités du secteur Eau, Assainissement et Hygiène (EAH), 42,63% seulement de la population malgache ont accès à l'eau potable face à 57,37% par rapport aux Objectifs du Millénaire pour le Développement OMD [2].

Dans le cas de la commune urbaine d'Andramasina, la population connaît un problème d'accès à l'eau potable causé par des fréquentes coupures d'eau. Pour y remédier la population vient de temps en temps chercher de l'eau dans la source d'Antsiperifery éloignée de la ville. Cette tâche leur fait perdre beaucoup de temps et d'énergie à cause de l'éloignement, sans parler de la non potabilité de cette eau qui peut causer des maladies. La recrudescence des maladies diarrhéiques et de surinfections répétitives de plaies cutanées depuis 2010 a été constatée.

De telles problématiques nous incitent à poser les questions suivantes : Est-ce l'eau de la source ou celle de la borne fontaine sont à l'origine de ces maladies ? En quoi, l'apport de cette étude sur l'approvisionnement en eau pourrait-il améliorer la santé communautaire à Andramasina? Comment solutionner les problèmes engendrés par la défaillance du système d'Approvisionnement en Eau Potable par Gravitaire d'Andramasina?

Ces questions nous amènent à s'orienter sur le thème suivant : « **Contribution à la résolution du problème d'approvisionnement en Eau potable. Cas de la commune d'Andramasina** ».

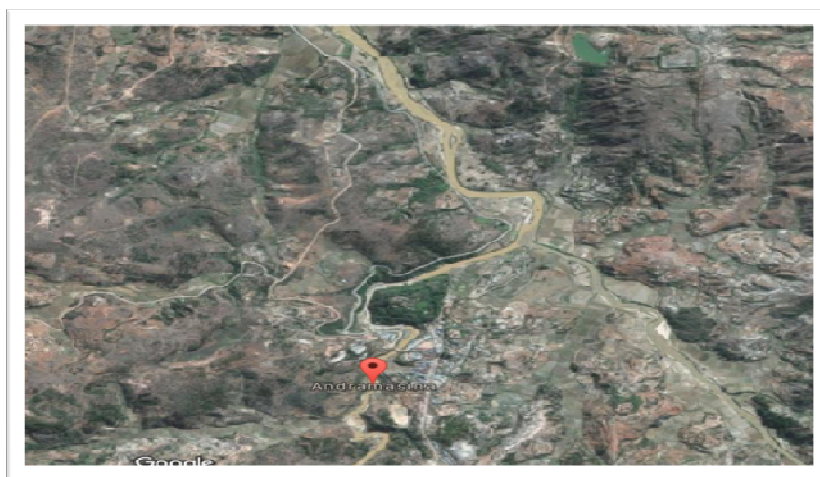
Ainsi, notre étude comporte deux grandes parties : la première concerne la synthèse bibliographique. La seconde est consacrée au diagnostic de l'Approvisionnement en Eau Potable par Gravitaire d'Andramasina, suivie des diverses recommandations.

Partie I SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : MONOGRAPHIE DE LA ZONE D'ETUDE

I. LOCALISATION ET SITUATION GEOGRAPHIQUE DU SITE

Andramasina est un district de Madagascar, situé dans la partie Sud Est de la capitale dans la région Analamanga. Ce district est constitué de la commune urbaine d'Andramasina et de dix communes rurales dont : Ambohimiadana, Alatsinainy Bakaro, Alarobia Vatosola, Andohariana, Anosibe Trimoloharano, Fitsinjovana, Mandrosoa, SabotsyAmbohitromby, Tankafatra et Sabotsy Manjakaraoka.



47 ° 17'
Longitude
Est

18° 28 ' Latitude Sud

Figure 1: Plan satellite aérien de la commune d'Andramasina (Google Map, 2016)

II. SITUATION DEMOGRAPHIQUE

II.1. Population du district

Le district d'Andramasina s'étend sur une superficie de 1416 km². En 2013, il compte au total 198041 habitants. Selon les données de l'Institut National de la Statistique ou INSTAT, l'évolution de sa population pour les cinq années à venir se présente comme suit :

Tableau 1: Croissance démographique du district d'Andramasina

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Nombre de population	198041	203586	209287	215287	221171	227363	233730	240274	277002

Source : INSTAT, 2012

II.2. Population de la zone d'étude

Dans la commune d'Andramasina où s'est focalisée notre étude, il compte environ 2040 habitants en 2013. L'évolution de la population pour les cinq années à venir est présentée dans le tableau ci-dessous:

Tableau 2: Croissance démographique dans la commune d'Andramasina

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Population	2040	2097	2155	2216	2278	2342	2407	2475	2544

Source : Commune d'Andramasina, 2016

II.3. Répartition de la population

La commune d'Andramasina comprend cinq fokontany : Ambatomanoina, Ampanaro, Ambohimahintsy, Atanjona et Andramasina. Ce dernier figure parmi le plus peuplé suivant la répartition de la population ci - après.

Tableau 3: Pourcentage de la population par fokontany

Fokontany	Ambatomanoina	Ampanaro	Ambohimahintsy	Atanjona	Andramasina	Total
Population %	10,3	8	10,7	22	40	100

Source : Fokontany d'Andramasina, 2016

II.4. Caractéristiques de la population

C'est une population jeune (52 % moins de 18 ans) et à dominance féminine, avec un taux de natalité relativement élevé et de mortalité assez bas.

III.CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE D'ANDRAMASINA

III.1. Caractéristiques de la rivière Sisaony

Le Sisaony est une rivière permanente et sa longueur maximale est de 100,475 km. Elle fait partie des rivières qui se jettent dans l'Ikopa. Elle passe ainsi dans la province d'Antananarivo et draine la zone d'Atsimondrano sur une étendue de 379km². Dans son ensemble, la rivière Sisaony traverse des bassins de surface totale de 318km² à Andramasina, de 630 km² à Ambatofotsy et de 726 km² à Ampitatafika. Sa période de crues se situe du mois de janvier au mois de mars, et de

l'été du mois d'août à septembre. A l'entrée de la ville, tout près de la station pluviométrique, la rivière Sisaony se caractérise par la présence d'une cascade d'eau de 30 à 40 m de hauteur.

Comme mentionnée précédemment, la zone où se trouve notre étude est localisée dans la commune d'Andramasina qui utilise le lac Ambohimanjaka comme source de captage d'eau pour l'AEPG et la source d'Antsiperifery, en cas de coupure d'eau.

III.2. Lac Ambohimanjaka

Auparavant, les villageois utilisaient des puits comme source d'eau mais avec l'augmentation de la population et le développement de la commune, il s'avérait indispensable selon l'ancien maire de procéder à l'installation d'AEP. En conséquence, la commune avait pris l'initiative d'exploiter le lac d'Ambohimanjaka comme source de captage d'eau.

Il est situé dans la haute montagne dans le fokontany d'Ampanoro à une altitude de 1126m. Sa superficie est de 500 m² et sa profondeur de 20m. C'est un lac artificiel construit lors de la période du Roi Raimasinavalina où à cette époque, le lac était destiné comme lieu d'enterrement des organes humains de la famille royale dit « Andrianamiamboho».

III.3.Source d'Antsiperifery

C'est une source naturelle située vers l'ouest du fokontany d'Andramasina à environ 0,5 km sur la route de retour vers Antananarivo. C'est la source utilisée en cas de coupure d'eau dans les bornes fontaines alimentées par le lac Ambohimanjaka.

IV. STRUCTURE GEOLOGIQUE

IV.1. Relief

C'est un relief assez accidenté marqué par des collines latéritiques et parfois érodées. Les collines peuvent s'élever entre 1400m et 1650m. Les plaines sont assez vastes en surface.

IV.2. Contexte géologique de la zone

Elle appartient à la géologie des hauts plateaux. Plus précisément elle se caractérise par des systèmes du graphite.

V. CLIMATOLOGIE

V.1. Saison

Le climat de la région est similaire à celui du haut plateau, c'est-à-dire de type tempéré, caractérisé par une alternance de saison chaude et humide du mois d'octobre au mois d'avril et de saison relativement sèche, de mai à septembre.

La saison chaude est caractérisée par la conjugaison de la chaleur et de la pluie. En saison fraîche, il y a des crachins en début de matinée puis suivi par un froid constant durant la journée.

V.2. Température

Dans l'année, la température moyenne du district d'Andramasina est de 19,5°C avec une maximale de 24,6°C et une minimale de 14,6 ° C.

VI. DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE

VI.1. Fonctionnaires

Dans le fokontany d'Andramasina 25% de la population est fonctionnaire tels que les administrateurs, les docteurs, les gendarmes, les professeurs et les instituteurs.

VI.2. Agriculture

L'agriculture reste jusqu'à ce jour le secteur dominant et important comme activités génératrices de revenus des habitants. La riziculture et la culture vivrières sont les plus pratiquées.

Le rendement rizicole atteint environ 1,5 tonne par hectare dont la quasi- totalité est destinée à l'autoconsommation.

VI.3. Elevage

L'élevage de bovins, porcins et de poulaillers tient aussi un rôle très important dans le développement économique de la zone. Ces animaux sont vendus dans la Capitale et durant le jour de marché d'Andramasina.

VI.4. Pêche

Comme le fokontany est traversé par la rivière Sisaony, certaine population pratique la pêche pour renforcer leur survie lors de la période d'insuffisance alimentaire.

VI.5. Commerce

Le fokontany possède un grand marché où l'on peut trouver tous les besoins quotidiens de la population. Le jour de marché est le jeudi.

Les principales marchandises vendues concernent les produits de l'agriculture, de l'élevage, les produits de première nécessité, les friperies, ainsi que les intrants agricoles comme les pesticides et les semences.

VI.6. Tourisme

a) La chute de la Sisaony

Le site d'Andramasina relève d'une nature brute et sauvage mais avec un charme envoûtant, notamment lorsque la cascade de Sisaony traverse les rochers avec comme toile de fond, la colline recouverte d'une épaisse forêt.

Durant la saison chaude, on peut se baigner dans les trous d'eau et sous les petites chutes de la chute de Sisaony

b) Les tombeaux des Rois

Au sommet de la colline d'Andramasina se trouve un vieux et imposant tombeau en pierre sèche, surmonté d'un « tranomanara » et entouré de deux autres plus récents. Là se repose le Prince Andrianasolo - fils d'Andramasinavalona qui habitait le lieu. Des pierres sacrées sont encore visibles au sol.

VI.7. Problème économique

Suivant les données du fokontany d'Andramasina, 90% de la population sont des cultivateurs, même si pour la plupart, la production n'est pas suffisante pour l'année. Les intrants agricoles qui sont devenus trop chers pour la majorité des paysans en sont les raisons.

Il manque 60kg de riz par habitant par an, suite à l'inexistence des infrastructures hydro-agricoles.

VII. DEVELOPPEMENT SOCIAL

VII.1. Education

Sur le plan éducatif, Andramasina possède plusieurs établissements publics et privés dont : l'Ecole primaire publique ou EPP, le Collège d'Enseignement Général ou CEG, le Lycée et les écoles privés catholiques et autres.

VII.2. Santé

Andramasina possède un Centre Hospitalier de District ou CHD et un Centre de Santé de Base CSBI. Les personnels de santé se composent de cinq médecins, trois sages femmes, onze infirmiers et huit aides - soignants.

Dans ce district, les principales maladies rencontrées concernent les infections respiratoires aiguës, les problèmes digestifs, les douleurs intestinales, les surinfections des plaies cutanées, les syndromes palustres et les parasites intestinaux,

VIII. TRANSPORT ET COMMUNICATION

VIII.1. Transport

La Route d'Intérêt Provincial ou RIP N° 20 qui relie la commune d'Ambatofotsy aux districts d'Andramasina n'est pas un accès facile car les routes sont en mauvais état si on les compare avec la Route Nationale - RN7 qui dessert Antananarivo, Ambatofotsy, Antsirabe, Ambositra, Fianarantsoa, Ihosy et Tuléar

VIII.2. Communication

Le district d'Andramasina n'est pas une zone enclavée car il est couvert par tous les réseaux téléphoniques existants à Madagascar : Airtel, Orange et Telma.

Le média internet est obtenu par l'utilisation des réseaux téléphoniques mobile. Les Email, Google, You tube, Facebook figurent aussi parmi les moyens de communication disponibles.

La majorité des chaînes télévisées peut être captée dans la zone comme la chaîne nationale TVM, RTA, TVplus, Dreaming.....etc. Il en est de même pour les chaînes radiophoniques.

Chapitre 2 : GENERALITES SUR LES EAUX ET L'AEPG

I. CYCLE DE L'EAU [4]

Les conditions de température et de pression régnant à la surface de la terre permettent à l'eau de se trouver sous ses trois états physiques : liquide, vapeur et solide.

Sous l'influence de l'énergie solaire, l'eau liquide peut se transformer en vapeur d'eau. Cette évaporation constitue une étape essentielle du cycle de l'eau. Elle se fait principalement au - dessus des océans. L'évapotranspiration fournit également une quantité importante d'eau à l'état liquide qui, après condensation, donne naissance aux précipitations. Une partie de cette eau ruisselle vers les lacs, participent à la constitution des cours d'eau et retourne à la mer.

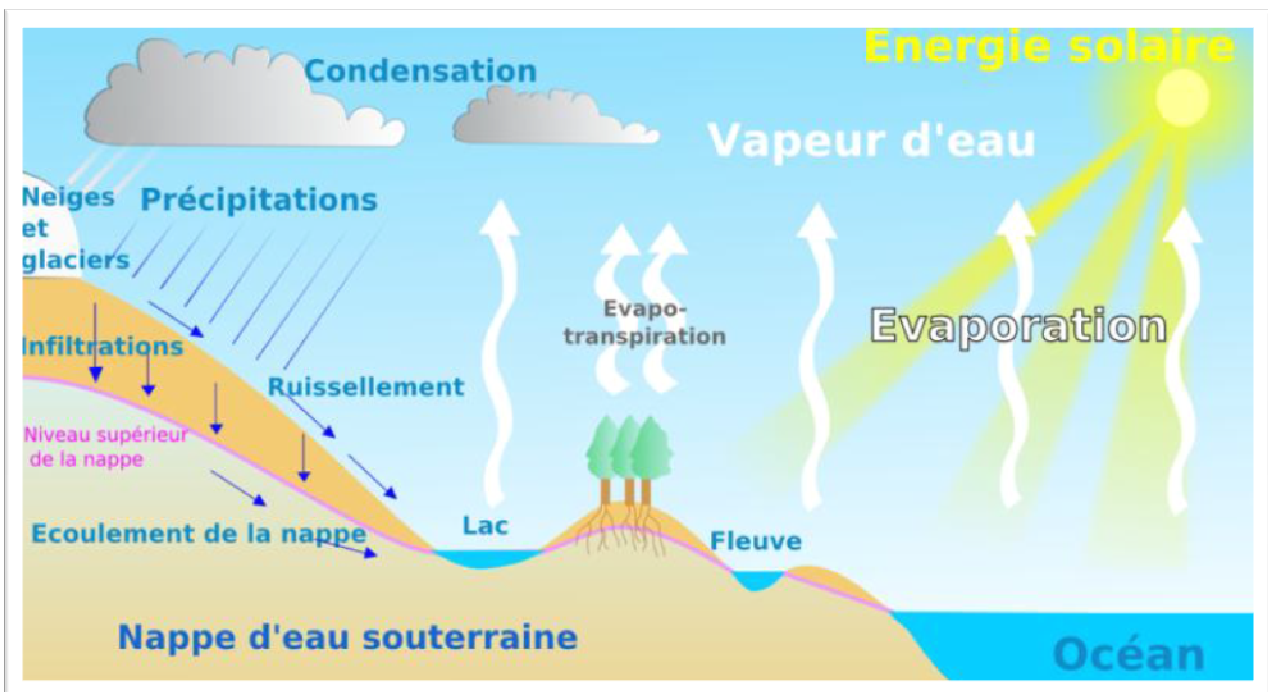


Figure 2: Cycle de l'eau

II. TYPES DE RESSOURCES EN EAUX

II.1. Eau de surface [4]

L'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des mers, des lacs et des eaux de ruissellement. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Sa qualité est variable en fonction de la nature du sol, de la pluviométrie et des végétations à son voisinage. Il est très sensible à la pollution

contrairement à l'eau souterraine. Elle est généralement riche en oxygène, pauvre en dioxyde de carbone et possède une turbidité élevée.

II.2. Eau souterraine [4]

L'eau souterraine se trouve dans la nappe aquifère qui se distingue en deux types : les nappes libres ou nappes phréatiques et les nappes captives.

Les nappes souterraines sont alimentées par les eaux superficielles dont une partie s'infiltré dans le sol. Cette eau remplit les vides des roches c'est - à - dire les pores et les fissures.

Les communications éventuelles entre les pores et fissures permettent à l'eau de circuler. Si l'on peut extraire l'eau des formations du sous sol, on désigne ces formations sous le nom d'aquifères et de nappes d'eau souterraines.

III. PROTECTION DES RESSOURCES EN EAUX

Pour protéger les ressources en eaux contre tous risques de pollution, il faut délimiter tout autour des périmètres de protection. Ceux - ci sont réglementairement au nombre de trois : le périmètre de protection immédiate, rapprochée et éloignée. Dans chacun d'eux, diverses activités sont réglementées ou interdites (rejet d'eaux usées, cimetières, dépôts des substances toxiques etc....).

La vulnérabilité du captage est conditionnée par plusieurs facteurs :

- Le pouvoir filtrant du sous - sol ; l'épaisseur de la zone non saturée du réservoir ; le type de nappe.

IV. GENERALITES SUR L'ADDUCTION D'EAU POTABLE GRAVITAIRE OU AEPG

IV.1. Définition [5]

L'adduction est dite gravitaire lorsque son captage est localisé à une côte supérieure à celle de son point d'arrivée ou réservoir de stockage.

Dans son ensemble, l'ouvrage d'AEPG doit constituer de captage de sources, de station de traitement, de conduite d'amenée vers un réservoir de stockage et d'un réseau de distribution qui va desservir les bornes fontaines ainsi que les branchements particuliers.

Suivant les normes requises, un ouvrage peut desservir 500 à 1500 habitants et se base sur l'hypothèse qu'une borne fontaine est utilisée par 200 personnes en milieu urbaine et entre 50 à 100 en milieu rural.

IV.2. Captage [5]

C'est un dispositif de prélèvement de collecte passive d'eau brute jugée potable qui doit produire un débit d'eau assez stable, d'une quantité importante pour satisfaire le besoin en eau d'une zone considérée et de réduire les risques de contamination de cette eau.

L'ouvrage de captage doit en général contenir les éléments ci - après:

- Une chambre de captage en béton armé, muni d'une trappe métallique non corrosif et fermé à cadenas ;
- Un tuyau de distribution ;
- Un trop plein en cas de débordement ;
- Une vidange d'évacuation de boue placée à l'intérieur ;
- Une marche à pied pour faciliter le nettoyage.

❖ Périmètre de protection de captage [5]

Le captage doit avoir un périmètre de protection éloigné, rapproché et immédiat.

A Madagascar, le Décret Interministériel N° 2003-940 du 09 septembre 2003 régit les périmètres de protection.

Dans son résumé : « *Le Décret définit les périmètres de protection des points de prélèvements des eaux destinées à la consommation humaine et autour des points de captage d'eau tels que les sources, puits, forages, impluviums, retenues de barrages, réservoirs enterrés ainsi que les ouvrages de prise, d'adduction et de distribution d'eau à usage alimentaire. A cet effet, il est institué deux périmètres: l'un de protection immédiate, l'autre de protection rapprochée, éventuellement complété par un troisième périmètre dit de protection éloignée* ».

a) Périmètre de protection immédiate

Le périmètre de protection immédiate a pour fonction de protéger les ressources en eau, d'empêcher la détérioration des ouvrages de prélèvement et de l'environnement, et d'éviter que des déversements ou des infiltrations de substances polluantes se produisent à l'intérieur ou à proximité immédiate du captage. Le périmètre de protection immédiate doit se faire en même temps que l'installation du point d'eau, et chaque périmètre doit avoir sa propre réglementation.

Le site de captage est clôturé. Toutes autres activités y sont interdites à part celle relatives à l'exploitation, à l'entretien de l'ouvrage de prélèvement de l'eau et au périmètre lui-même.

b) Périmètre de protection rapproché

Le périmètre de protection rapproché a pour fonction de protéger efficacement le captage vis - à - vis de la migration souterraine des substances polluantes.

Ce périmètre est considéré pour un secteur plus vaste de quelques hectares dans lequel toutes activités susceptibles de provoquer une ou des pollutions y sont interdites ou sont soumises à des prescriptions particulières comme les constructions, dépôts, rejets,...

c) Périmètre de protection éloigné

Ce périmètre est facultatif. Il est créé si certaines activités, même éloignées peuvent être à l'origine de pollution de la source de captage.

En amont du captage, on doit avoir un drainage des eaux de ruissellement et des remblais pour lutter contre l'érosion.

IV.3. Station de traitement [5]

Comme l'eau captée est généralement non conforme à la norme de potabilité, il est donc impératif de procéder à son traitement.

Dans le processus classique, les étapes ci - après doivent être suivies : le prétraitement physique ou chimique, la clarification et la désinfection

a) Prétraitement physique

Le prétraitement est réservé aux eaux de surface. C'est le dégrillage et le tamisage. Ce sont des procédés physiques.

Le dégrillage est réalisé en amont du captage à l'arrivée de l'eau brute pour retenir les gros objets qui risquent de boucher les ouvrages. Ils sont retenus par une simple grille. Les objets plus fins sont ensuite retenus par les tamis à mailles fines.

b) Prétraitement chimique

C'est un procédé chimique qui utilise le chlore ou hypochlorite de sodium. La pré-chloration désinfecte les décanteurs, les filtres et les conduites. Elle améliore le goût de l'eau et élimine les mauvaises odeurs. Il permet aussi l'élimination du fer et du manganèse, notamment pour les eaux souterraines, de la couleur et des algues, essentiellement pour les eaux superficielles [7].

c) Clarification

C'est une étape indispensable pour les eaux de surface et les eaux souterraines. Elle permet d'obtenir une eau limpide par élimination des matières en suspension et donc de la turbidité.

La clarification se réalise suivant les étapes ci-après:

Coagulation → Flocculation → décantation → Filtration.

❖ Coagulation / flocculation

C'est un procédé physico-chimique qui a pour but de déstabiliser les matières colloïdales qui sont des particules qui ne s'agglomèrent pas naturellement. L'eau reçoit un réactif destiné à provoquer l'agglomération des particules en suspension en agrégats floconneux et l'ensemble forme une masse appelée le "floc". Les réactifs utilisés sont généralement des sulfates d'aluminium ou de sel de fer. Chaque réactif coagulant n'étant actif que dans une certaine zone de pH (6-7,2), un ajustement du pH peut s'avérer nécessaire. Sous l'effet de son propre poids, le floc se dépose lentement.

❖ Décantation

Ce sont des procédés physiques intervenant après la coagulation-flocculation de la gravité. L'eau coagulée et flocculée entre dans le décanteur à petite vitesse de façon à éviter les turbulences. Les flocs se déposent au fond de l'ouvrage et l'eau clarifiée est récupérée en surface.

❖ Filtration

La filtration permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes après la décantation, notamment dans le cas des eaux de surface.

Elle est réalisée sur des matériaux classiques poreux ou sur membranes pour le cas des eaux souterraines. La plus répandue est la filtration sur lit de sable

Le filtre peut jouer un double rôle suivant les conditions d'exploitation : d'une part, il retient les matières en suspension par filtration et d'autre part, il permet un traitement biologique, c'est - à - dire une consommation des matières organiques et de l'ammoniac, ou du fer et du manganèse, par les bactéries développées sur le sable.

Le filtre à sable nécessite un nettoyage périodique afin d'éliminer les matières retenues entre les grains qui ralentissent le passage de l'eau. La filtration sur lit de sable, efficace, simple et peu coûteuse, s'est imposée, en raison des énormes volumes d'eau à filtrer.

d) Désinfection

Cette étape, commune à tous les traitements, est la plus importante. Elle a pour but d'éliminer tous les virus et bactéries pathogènes, et aussi de maintenir le chlore résiduel dans les conduites afin d'empêcher le développement des bactéries origine des maladies hydriques.

La désinfection ne sera efficace que si l'eau a été préalablement bien traitée, notamment dans le cas des eaux de surface. Divers agents désinfectants peuvent être utilisés tels que le chlore, l'eau de javel, l'ozone et les rayonnements ultraviolets.

La chloration est actuellement le procédé de désinfection le plus fréquemment rencontré, à cause de son prix de revient et sa simplicité de mise en œuvre.

IV.4. Conduite d'amenée

Elle est destinée au transport des débits généralement importants et n'assure que subsidiairement un service en route ou une distribution aux abonnés. Elle est équipée par les accessoires suivants: ventouse au point haut, vidange au point bas, vanne de sectionnement et brise charge.

a) Ventouse au point haut et vidange au point bas

Les adductions d'eau ont très rarement de pente régulière. En règle générale, tout au long de leur parcours, il y a variation des pentes ce qui donne des points hauts et bas. Il est indispensable de les repérer afin de mieux placer les ventouses et les vidanges.

b) Robinet vanne de vidange

C'est une sorte de vanne associée à une conduite versant dans un regard maçonné et monté sur le réseau dans les points le plus bas. Il sert à vidanger les conduites et sont constituées d'une canalisation piquée sur le réseau. Le point de piquage doit être au-dessous de la conduite du réseau pour garantir la non remontée de l'eau.

IV.5. RESERVOIR [8]

Avant sa distribution, l'eau doit être stockée dans un réservoir. Il joue le rôle de stocker de l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production et de la restituer lorsqu'elle en devient supérieure. Les réservoirs servent principalement à harmoniser la demande et la production.

Pour sa protection un réservoir doit comprendre les éléments suivants :

- Un système de ventilation muni d'une protection contre les insectes ;
- Un trop-plein avec un diamètre suffisant pour permettre l'évacuation des surplus d'eau ;

- Deux chambres de vanne dont l'une pour la vanne d'entrée et l'autre pour la vanne de sortie en cas de vidange ou d'entretien ;
- Une protection sanitaire qui respecte les éléments ci - après :
 - Avoir un fond de réservoir situé au dessus de la nappe phréatique et de tout niveau possible d'inondation ;
 - Se munir de couvercle fermé par cadenas pour empêcher l'entrée des poussières, l'intrusion d'insectes et animaux de façon à maintenir la qualité de l'eau ;
 - Disposer d'un périmètre de protection immédiate, c'est à dire d'une clôture pour éviter le vandalisme, les intrus, etc.... ;
 - Avoir un système de vidange pour son nettoyage et sa désinfection.

IV.6. Réseau de distribution [6]

Le réseau de distribution d'eau englobe les canalisations, les équipements du réseau et les points de puisage. Une étude de ce réseau doit être faite par un hydraulicien pour qu'il puisse assurer pendant de très longues années un service sans défaillance.

Au niveau de la conception, il s'agira de prévoir :

- Des circuits de tels sorte que la vitesse de l'eau soit de l'ordre de 0,5 à 1 m/s afin d'éviter les dépôts et apporter suffisamment d'oxygène aux parois des pentes régulières pour faciliter l'élimination des dépôts aux points bas et le dégazage aux points hauts ;
- Des systèmes anti-bélier afin d'éviter les poches d'air ;
- De prendre des dispositions particulières pour protéger les canalisations traversant des terrains agressifs, sulfatés ou humide.

IV.6.1. Bornes fontaines

Les bornes fontaines sont des appareils mis en place pour les bénéficiaires pour avoir de l'eau potable. Afin de faciliter le puisage de l'eau et la surveillance de ces bornes par les ménages, on doit les placer à moins de 500m de toute habitation.

Les éléments constitutifs d'une borne fontaine sont les suivants : La clôture, l'aire d'assainissement, le robinet, la chambre de vanne et le dispositif d'évacuation des eaux usées.

**Partie II DIAGNOSTIC DE
L'APPROVISIONNEMENT EN EAU
POTABLE PAR GRAVITAIRE
D'ANDRAMASINA ET DIVERSES
RECOMMANDATIONS**

Chapitre 1 : METHODOLOGIE DE L'ETUDE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DANS LA COMMUNE D'ANDRAMASINA

Pour mener à bien notre étude, une enquête préliminaire auprès de la mairie a été effectuée avant la visite et la reconnaissance des lieux en vue d'une meilleure description générale et détaillée de l'AEPG. D'autres enquêtes au niveau de la population et dans l'hôpital ont été réalisées pour recueillir leurs appréciations concernant la qualité de service et pour terminer des prélèvements d'échantillons d'eaux et des analyses au niveau du laboratoire de la JIRAMA Mandroseza ont été exécutés pour évaluer les faits constatés.

I. ENQUETE AUPRES DE LA COMMUNE

Les données recueillies auprès de la commune sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Données de la commune sur l' AEPG d'Andramasina

DESIGNATION	DONNEES D'INFORMATIONS			
Année de construction	1998 par le Fond d'intervention développement ou FID avec l'appui de l'association Fivoarana			
Population desservie et nombre de borne fontaine	Population		Borne fontaine (nombre)	
	<i>A l'installation de l'ouvrage</i>	<i>Actuellement</i>	<i>A l'installation de l'ouvrage</i>	<i>Actuellement</i>
	900	2216	11	8
Différence d'altitude du réservoir par rapport à la source	- 300m			
Autres sources d'eau utilisées par la population dans la commune	Eau de source d'Antsiperifery, puits, rivière Sisaony, AEPG d'Ambohimanjaka			
Budget annuel de la commune pour l'entretien de l'ouvrage (Ar)	200 000			
Type et durée d'entretien <i>Remarque : L'entretien se fait selon les besoins ou problèmes</i> <i>Pas de maintenance périodique</i>	Type		Durée et fréquence d'entretien	
	Réparation des tuyaux Vidange des bassins de filtration ou du réservoir		1h à 5h : dans le cas critique comme la coupure de tuyau 4h à 8h : 1 fois dans l'année	
Participation de la population et politique de gestion organisée par la commune	Participation		Politique de gestion	
	500 Ar par mois et par ménage		Aucune	

Source : Enquête au niveau de la commune d'Andramasina, 2016

Se référant aux données fournies par la commune ci-dessus, on constate des défaillances sur le plan technique et financier pour la bonne gestion de l'AEPG d'Andramasina.

En effet, un seul technicien appuyé par un ou deux mains - d'œuvre se charge des entretiens tout au long de l'année. Ils n'interviennent qu'en cas de problème. Le manque de motivation influence aussi la volonté d'intervenir car le budget octroyé pour le travail est assez minime. Ces situations peuvent avoir des répercussions négatives à la gestion durable de l'AEPG et en conséquence à la potabilité de l'eau. En bref, la politique de gestion de l'AEPG, le contrôle et la surveillance du réseau ne sont pas considérés.

II. VISITE DE LIEUX ET RECONNAISSANCE

La première descente a été faite en mi - janvier pendant laquelle on a contacté le maire de la commune pour la visite de courtoisie, pour la présentation de la lettre d'introduction venant de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo en vue d'avoir l'autorisation de faire l'étude relative au problème d'eau de la ville d'Andramasina.

III. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME D'AEPG D'ANDRAMASINA

III.1. Source de captage jusqu'au réservoir

Le système d'adduction d'eau d'Andramasina est un système gravitaire qui prend sa source dans le lac Ambohimanjaka situé en haut de la montagne du fokontany d'Ampanoro

D'après la figure 3 de la page suivante, le système possède deux types de captage :

Le captage C_1 qui se compose de bassin de captage et le captage C_2 , est un captage direct à ciel ouvert. L'eau dans le bassin de captage C_1 passe par un tuyau de 13m en direction du bassin de filtration B_1 . L'eau dans le captage C_2 passe par une canalisation à ciel ouvert de 15 m en direction du bassin de filtration B_2 . Les eaux provenant des deux bassins de filtration B_1 et B_2 sont ensuite acheminées par un tuyau PEHD de longueur respective 50m et 10m pour se combiner à l'aide d'un tuyau de raccordement Y.

Par la suite, l'eau est conduite par un tuyau de longueur 1063m jusqu'au bas de la montagne. A 10 m de là, le tuyau traverse un petit pont de 4m, accroché sous son armature en bois et passe ensuite sous la rivière Sisaony.

De ce point, la conduite d'amenée remonte petit à petit la pente d'Ambany Avaratra pour atteindre la commune d'Andramasina. Ainsi, il passe la route d'intérêt provincial (RIP) N°21 et coupe vers la droite pour atteindre la montagne d'Ambatolampikely où se trouve le réservoir d'eau. Au total le chemin parcouru par le tuyau d'amené est de 3600 m.

III.2. Réservoir et Bornes Fontaines (BF)

La conduite de distribution prend son départ au réservoir d'Ambatolampikely et alimente par gravitaire les huit (8) bornes fontaines de la commune d'Andramasina en commençant par la BF n° 1 d'Ambatolampikely, la BF n°2 près de la Gendarmerie nationale , la BF n°3 près du CEG, la BF n°4 à côté de l'OTIV, la BF n°5 dans l'hôpital, de la BF n°6 près de la commune, de la BF n° 7 près de la DREF et la BF n° 8 près de la poste.

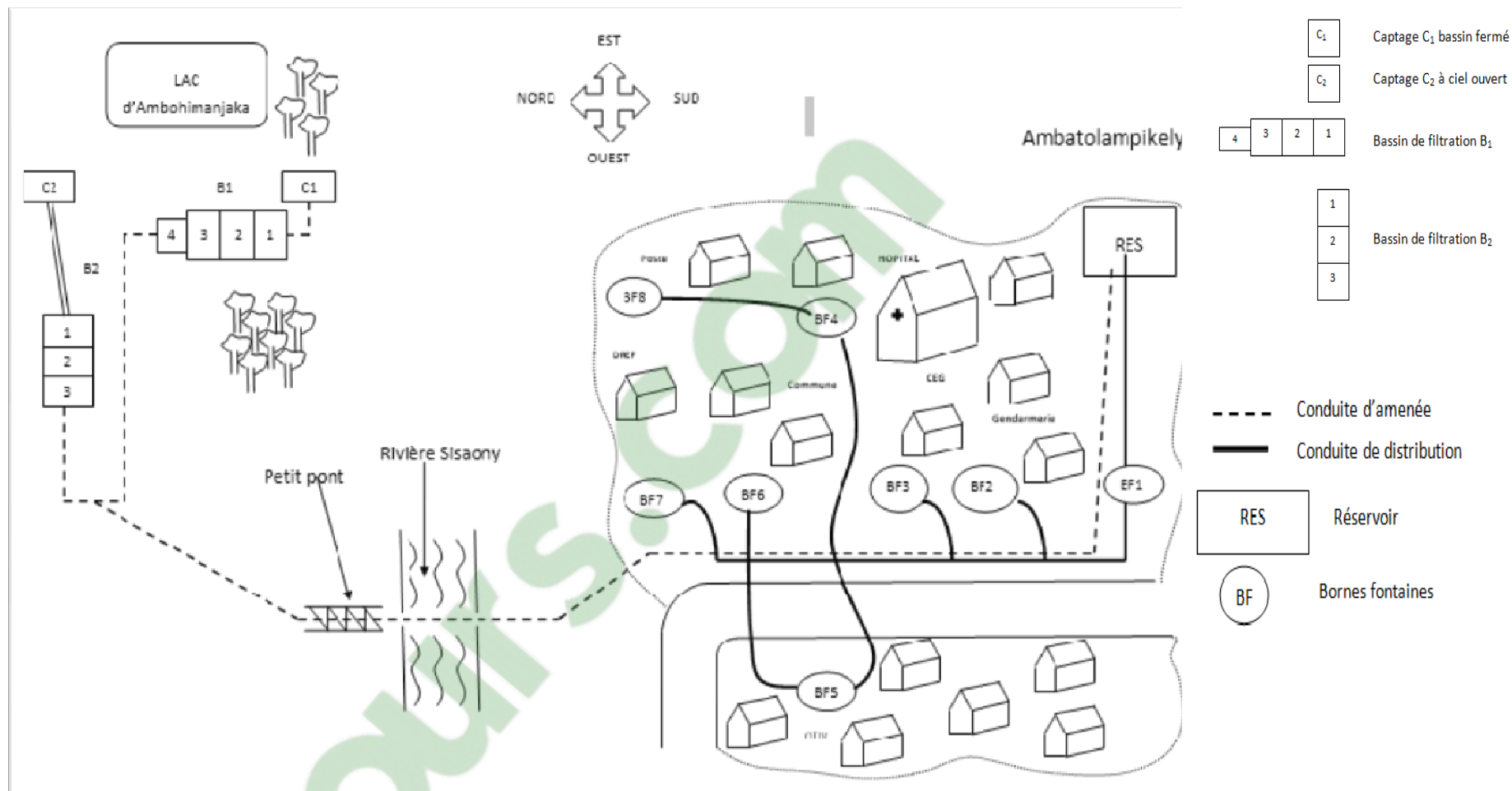


Figure 3: Plan d'adduction d'eau potable par gravitaire de la ville d'Andramasina, 2016

Chapitre 2 : DESCRIPTION DETAILLEE DES PROBLEMATIQUES DE L'AEPG

I. LA SOURCE DE CAPTAGE

Auparavant, les villageois utilisaient des puits comme source d'eau mais avec l'augmentation de la population et le développement de la commune, l'ancien maire trouvait indispensable de procéder à l'installation d'Adduction d'Eau Potable ou AEP.

Avec le concours du Fonds d'Intervention pour le Développement ou FID, la commune avait pris l'initiative d'exploiter le lac artificiel d'Ambohimanjaka comme source de captage d'eau.

Ainsi, l'adduction d'eau potable par gravitaire d'Andramasina a pris sa source dans ce lac avec une superficie de 500 m² et une profondeur de 20m. Elle est localisée en haute montagne d'environ 1126 m de hauteur dans le quartier d'Ampanoro.

I.1. L'environnement de la Source

Dans la partie Est, des maisons d'habitation d'une dizaine de toits sont perchées en haut du lac et la population de la zone pratique des cultures de maïs, d'haricot, de tomate, de patate douce, de manioc et aussi du riz. On y rencontre aussi des élevages porcins, bovins et de volailles dont les excréments sont utilisés comme engrais pour leur rizière et leur culture vivrière. Selon les informations recueillies auprès des cultivateurs, ils utilisent aussi des engrais chimiques comme le NPK 11/22/16 pour augmenter leur rendement rizicole et aussi des pesticides comme le Cyanide175CC pour les tomates. En amont, sont implantées les rizières, irriguées par ce lac.

La photo ci-dessous montre la vue de la partie Est du lac Ambohimanjaka qui est la source de captage.



.Figure 4: Vue de la partie Est du lac



Figure 5: Porc errant sur la bordure du lac



Figure 6: Exemple de parc à bœuf



Figure 7: Rizières côtoyant le lac Ambohimanjaka

A l'Ouest du lac, un lieu est utilisé comme abreuvement des bétails et leurs excréments s'éparpillent partout en bordure du lac où on ne distingue aucune protection, ni immédiate, ni rapprochée, ni éloignée. La berge est aussi dénudée.



Clicours.COM
Figure 8: Excréments polluants le bord du lac

Au vu des faits existants, on peut déduire que l'environnement tout autour du lac est plus ou moins pollué par différentes activités anthropiques générant des matières fécales porteuses de germes pathogènes. Par conséquent, l'eau distribuée nécessite des analyses bactériologiques et physico - chimiques.

II. OUVRAGES DE L'AEPG

En aval du lac, dans le versant sud sont installés les ouvrages composants l'AEPG, et ce à partir de la zone boisée au fond du lac.



Figure 9: Zone de captage

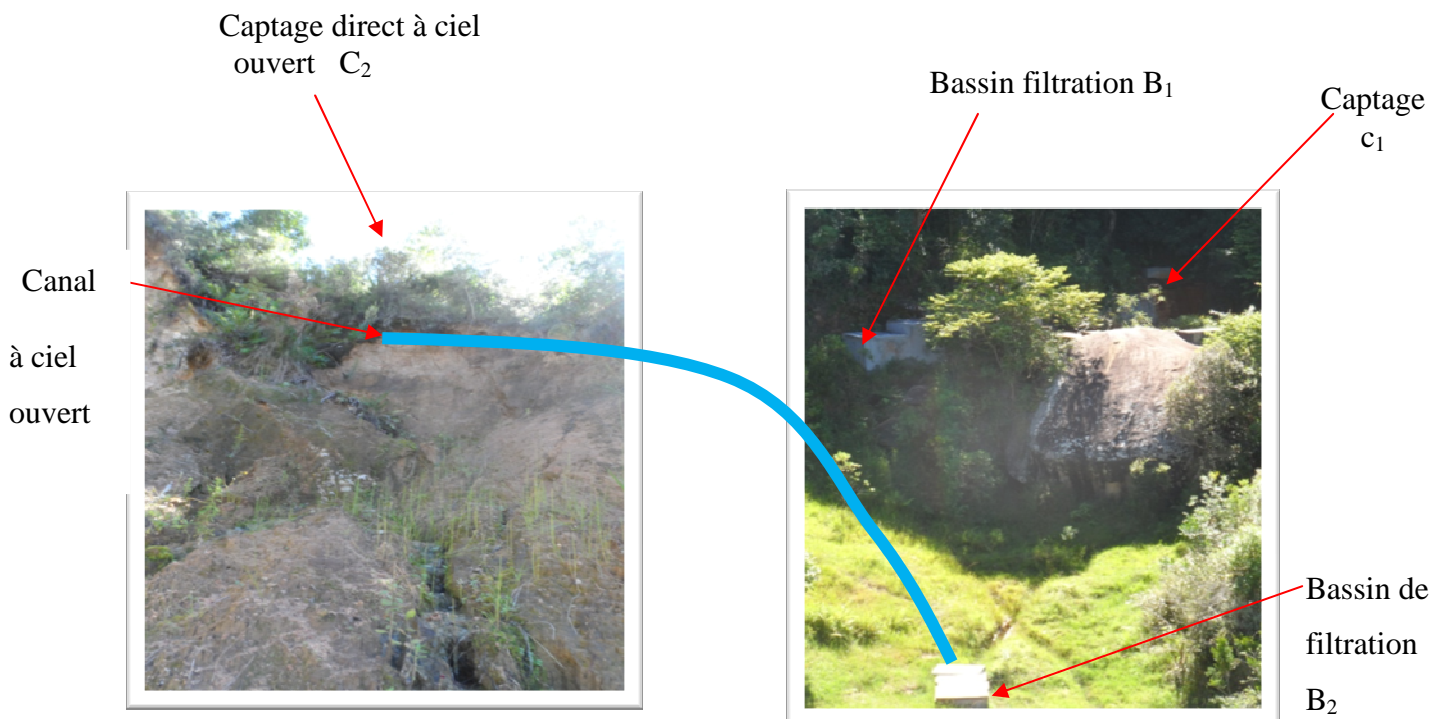


Figure 10: Ouvrages de l'AEPG

II.1. Captage

Le captage sert non seulement à collecter le maximum d'eau disponible mais également à mettre l'eau à l'abri des sources de pollution externes.

Suivant la description du système d'AEFG d'Andramasina citée plus haut, on a distingué deux types de captage C_1 et C_2 .

a) Captage C_1

L'eau venant du lac est captée vers un bassin de captage fermé. Selon nos mensurations, C_1 dispose d'un volume de $0,73 \text{ m}^3$. Après, elle s'achemine vers le bassin de décantation B_1 pour atteindre le tuyau de raccordement Y.

❖ Environnement autour de C_1

A l'extérieur on trouve une canalisation cimentée pour évacuer les eaux de ruissellement. En haut, des végétations sont sensées protéger le bassin contre l'érosion du sol. A sa droite par contre, on a constaté des fuites d'eau sortant du bassin, entraînant ainsi la pénétration de la pollution extérieure et la présence de boues en permanence. Des feuilles d'arbres tombent et bouchent le canal d'évacuation des eaux de ruissellement.



Figure 11: Vue extérieure du bassin de captage C_1

❖ Etat intérieur du bassin

Son intérieur n'est plus protégé des pollutions extérieures à cause d'une fuite permanente par le biais de la fissure au niveau des parois. On a remarqué des sédiments de boue se déposant au fond du bassin, la présence d'algues vertes fixées sur les parois et la couleur rougeâtre de l'eau plus ou moins turbide.



Figure 12: Aspect de l'eau contenue dans le bassin C₁ Figure 13: L'eau venant de la fuite du bassin.

b) Captage C₂

Le captage C₂ est un système à ciel ouvert car il ne comporte pas de bassin de captage. Suivant la figure précédente n°10, l'eau venant du lac coule dans le petit fossé pour atteindre le bassin de filtration B₂ et aussi le tuyau de raccordement Y

❖ L'environnement extérieur du captage C₂

Le captage C₂ n'est pas protégé contre les sources de pollution, l'eau émergente à son état naturel est exposée à l'air libre sans aucune mesure adéquate.

On voit aussi qu'il y a absence de protection immédiate. Le sol est dans un état de dégradation avancée suite au phénomène d'érosion causé par la déforestation.



Figure 14: Eau du lac qui suit le versant de la montagne vers le bassin B₂

II.2. Bassins de filtration B₁ et B₂

Comme expliqué précédemment on en a distingué deux types. Le bassin de filtration B₁ reçoit l'eau venant du bassin de captage C₁ et le bassin de filtration B₂ celui du captage C₂.

a) Bassin de filtration B₁

❖ L'environnement extérieur du bassin de filtration B₁

Extérieurement, ce bassin est bien construit parce qu'il possède trois trop-pleins pour évacuer l'eau en cas de débordement.

Chacun des compartiments est bien couvert par des dalles et à la sortie du bassin on trouve une ventouse pour évacuer l'air. Mais il n'y pas de fermeture à cadenas. Par contre, des fruits d'acajou rougeâtre ou « rôtra » pourris et des feuilles d'arbre envahissent le dessus du bassin. Quelques fissures sont aussi remarquées à l'extérieur.

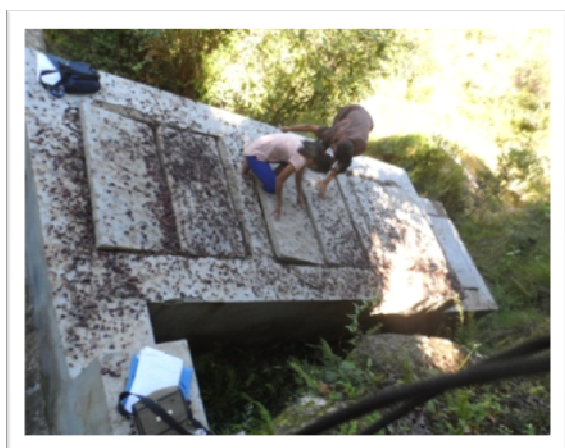


Figure 15: Extérieur du bassin de filtration

❖ Etat intérieur du bassin de filtration B₁

Le filtre se divise en quatre compartiments :

- L'eau est acheminée par un tuyau de 13 m de longueur dans le compartiment N°1 ayant une capacité de stockage de 3,17m³. Ce compartiment a pour rôle de stocker les eaux venant du captage ;
- Après, l'eau passe respectivement dans les compartiments N° 2 et 3 de capacité 2,9 m³ et 3,12 m³. A l'intérieur de ces deux compartiments, on trouve dans chacun d'eux une couche de sable de 0,80 m d'épaisseur et de gravier de 0,2 m d'épaisseur pour filtrer les matières en suspension ;

- Enfin l'eau s'achemine dans le compartiment N° 4 de capacité de 2,50 m³ qui a pour simple rôle de recevoir l'eau filtrée venant des deux précédents compartiments.

Notons que ces bassins de filtration sont mal entretenus par les techniciens responsables : ils ne sont pas bien fermés, des algues vertes y sont présentes, et des débris végétaux non évacués.

Ces bassins ne comportent ni de système d'aération, ni vanne d'arrêt pour effectuer leur nettoyage et leur désinfection.



Figure 16: Intérieur du bassin de filtration B₁

b) Bassin de filtration B₂

❖ L'environnement extérieur du bassin de filtration B₂

A l'extérieur de ce bassin on remarque que les dalles mal placées et non cadernassées favorisent la pénétration du rayonnement solaire. B₂ ne comporte ni de trop-plein d'évacuation, ni de système d'aération, ni de ventouse pour évacuer l'air



Figure 17: Extérieur du bassin de filtration B₂

❖ Etat intérieur du bassin de filtration B₂

Ce bassin se divise en trois compartiments :

- L'eau venant de la canalisation à ciel ouvert de 15 m de longueur passe dans le compartiment N°1 de capacité 0,33 m³ qui a pour fonction de stocker l'eau.
- Ensuite, l'eau passe dans le compartiment N° 2 et 3 avec une capacité de stockage respective de 2m³ et de 1,32 m³.

Selon les techniciens de la commune, une couche de sable de 0,30 m d'épaisseur et de gravier de 0,10 m assure la filtration de l'eau. L'eau filtrée s'achemine vers le tuyau d'amené.

On trouve par contre des feuilles d'arbre et d'algues vertes sur les parois du bassin entraînant des impacts négatifs sur la qualité de l'eau. On peut expliquer ce phénomène par l'entrée du rayon solaire à travers les espaces entre les dalles mal placées. En effet, la lumière stimule la croissance d'algues et de mousses qui constituent un apport en matières organiques, sources nutritives pour la prolifération microbienne dans le réseau de distribution. En plus, la qualité de l'eau est turbide.

On a constaté que ce bassin manque d'entretien et il ne comporte pas de système de vidange indispensable à cet effet.



Figure 18: Intérieur du bassin B₂

III. TUYAU DE RACCORDEMENT Y

Après le passage dans les bassins de filtration B₁ et B₂, l'eau est acheminée par un tuyau PEHD de 60 mm de diamètre et de longueur respective 50 m et 10 m pour se combiner à l'aide d'un tuyau de raccordement Y enterré.

IV. PETIT PONT ABIME

A 910 m du tuyau de raccordement Y, la conduite d'amené traverse un petit pont de 4m. Elle est accrochée sur l'armature en bois de ce pont, protégée par une couverture métallique. L'état général de ce pont est très critique car il est menacé de s'effondrer, pouvant ainsi entraîner la cassure du tuyau. En période de pluies ce petit pont peut être emporté par les forts courants d'eau.



Figure 19: Tuyau à couverture métallique accroché sous le petit pont

V. RIVIERE SISAONY

A 1010 m du tuyau de raccordement, la conduite est submergée dans la rivière Sisaony d'une profondeur variant entre 3 m en période de crue et 50 cm en période d'étiage. C'est ici que se focalise le problème de l'adduction d'eau d'Andramasina car le tuyau traversant la rivière ne supporte pas la force des courants d'eau et se rompt fréquemment. C'est l'origine de la grande coupure d'eau dans la ville qui peut durer de 2 semaines à 5 mois. Ce fait est aussi l'une des causes de la contamination de l'eau distribuée, marquée par l'apparition répétitive des maladies diarrhéiques dans la commune.



Figure 20: Tuyau d'amené en rupture traversant la rivière Sisaony

VI. RESERVOIR

Son remplissage se fait comme le système de vase communicant. Après avoir passé le pont et la rivière Sisaony situé au fond de la vallée d'Andramasina, le tuyau d'amené remonte vers le réservoir d'Ambatolampikely qui dispose de deux compartiments. Sa capacité totale est de 72m^3 .

VI.1. Environnement extérieur et constat au niveau du réservoir

Constat à l'extérieur du réservoir

Sur le plan technique

Ce château d'eau est construit d'une manière assez simple. Il est fait en béton armé et de forme rectangulaire ;

Le tuyau d'amené venant du captage se place en hauteur du réservoir tandis que la conduite de distribution est placée en bas. Il comporte un trop-plein qui permet d'évacuer l'eau dans le réservoir en cas de débordement.

Par contre, on n'a pas identifié un système d'aération protégé alors que c'est un élément indispensable pour ventiler l'eau entrant. Il faudrait à ce sujet en placer, non pas au - dessus mais sur les côtés du réservoir. Il n'y a pas de vanne d'arrêt pour stopper l'entrée et la sortie d'eau en cas de réparation ou de maintenance.

Sur le plan sanitaire et environnemental

Le réservoir est situé dans la zone d'habitation. Elle n'est pas sécurisée : sa couverture n'est pas capable de protéger l'infiltration d'eau venant de l'extérieur et d'assurer la qualité de l'eau à l'intérieur en raison de l'absence de cadenas. Il y a plusieurs maisons aux alentours et même une latrine à une distance de 10 m de celui-ci comme le montre les photos de la page suivantes.



Figure 21: Extérieur d'un réservoir

VI.2. Etat intérieur du réservoir

A l'intérieur du réservoir on trouve un escalier qui permet de faciliter l'accès dans le réservoir pour effectuer son entretien. Toutefois, il est aussi mal entretenu car il y a des toiles d'araignée et des boues et moisissures collées sur les murs.

Aucun produit de désinfection n'est utilisé par le technicien responsable. De ce fait, on a remarqué que la couleur et la turbidité de l'eau stockée dans le réservoir ne sont pas conformes aux normes.

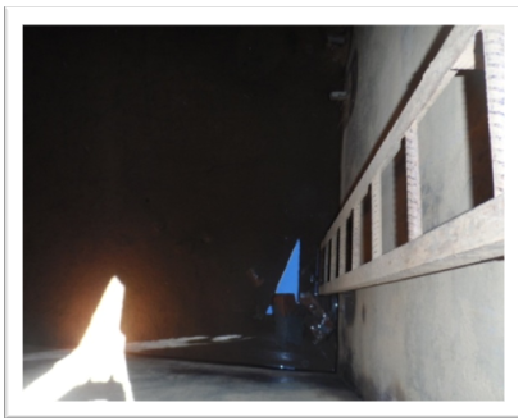


Figure 22: Intérieur du réservoir mal entretenu

VII. PROBLEMES RELATIFS AUX TUYAUTERIES

Selon nos constatations, les tuyaux utilisés sont des PEHD ou Polyéthylène à Haute Densité de diamètre de 60 mm pour la conduite d'amenée et de 50 mm pour la distribution d'eau.







Dans le tableau 5 de la page suivante, on distingue les échantillons des tuyaux déterrés d'une longueur totale de 44,17m. Deux portions prédominent : C'est la portion 4 d'une longueur de 11m

flottant sur le Sisaony et la portion 5 avec un tuyau déterré de 13m qui remonte la pente de la montagne d'Ambany Avaratra en direction du réservoir.

La photo en portion 4, est celle de la rupture du tuyau d'amené par un fort courant de la rivière Sisaony, cause de la grande coupure d'eau dans la ville.

Se basant sur les données techniques relatives aux canalisations d'eau potable, tous les tuyaux d'AEPPG doivent être enterrés dans une profondeur allant de 0,9m à 1,20m suivant la nature du sol. Une profondeur inférieure à la norme favorise leur déterrement soit par l'érosion, soit par le manque de couverture végétale dans le sol ferrugineux d'Andramasina.

Tableau 5: Tuyaux déterrés sur la conduite d'amenée

Tuyaux détérioré	Lieu	Localisation par rapport au tuyau de raccordement Y (m)	Longueur déterré (m)	Photo correspondant
Portion 1	Montagne d'Ambohimanjaka	A 55	0,2 3	
Portion 2	Montagne d'Ambohimanjaka	A 880	3	
Portion 3	Le petit pont détruit	A 910	4	
Portion 4	Rivière sisaony	A 1010	11	
Portion 5	Montagne d'AmbanyAvaratra	A 1183	13	
Portion 6	Montagne d'Ambatolampikely	A 2983	3	

VIII. BORNES FONTAINES

D'après les études précédentes huit bornes fontaines desservent la ville d'Andramasina.

Suite à notre descente sur site, les caractéristiques de chaque borne fontaine mentionnées dans le tableau ci-dessous ont été mises en évidence.

Tableau 6: Données caractérisant les bornes fontaines dans la commune

Localisation de la borne fontaine	Distance par rapport au Réservoir (m)	Nombre d'usagers	Débit de l'eau	Qualité de l'eau			Coupure d'eau		
				G O U T	C O U L E U R	O D E U R	F R E Q U E N T E	P A R F O I S	D U R E E (h)
BF 1	30	300	1L/5s	X	X			X	
BF 2	200	400	1L/6s	X	X			X	
BF 3	280	600	1L/6s	X	X			X	
BF 4	400	Variable	1L/30s	X	X	X			23
BF5	450	50	1L/24s						2 à 4
BF 6	700	800	1L/9s	X	X	X			1 à 2
BF 7	1000	100	1L/18s			X			2 à 5
BF8	1200	75	1L/18s	X	X				2 à 5

X : Présence de couleur, odeur, goût,

Commentaires :

- Suivant notre étude, le débit de l'eau varie d'une borne fontaine à l'autre: Pour le remplissage d'une bouteille de 1 litre, on a constaté que le temps varie de 5 à 30 secondes.

Par exemple, pour les BF4, BF5, BF7 et BF8 placées en hauteur et à une distance éloignée du réservoir, le débit est un peu faible, allant de 18 à 30s / litre d'eau. La coupure d'eau y est aussi

assez fréquente ou de longue durée. Sur ce cas, notre constat mène à statuer que les problèmes de débits ont plusieurs causes telles que:

- L'insuffisance de pression car ces BF sont situées en haut lieu ;

- L'existence des phénomènes de dépôts au niveau des conduites de distribution mal entretenues;

- La consommation en eau élevée, vu que les populations utilisant les quatre BF sont les plus nombreuses.

- Pour les BF 1, BF2, BF3 et BF 6, nous avons constaté qu'en dépit des coupures, les débits d'eau sont meilleurs, soit de 1litre par 5 ou 9 secondes car elles sont localisées en pente douce et presque dans un même niveau. Ici, la distance est considérée comme facteur influençant l'augmentation du débit car ces trois bornes sont situées non loin du réservoir.

- Les caractéristiques physiques de l'eau ci - après ont été observées :

Aspect : turbide, **Couleur** : rougeâtre, **Odeur**: odeur de boues, **Goût** : fade

On peut dire que cette eau ne respecte pas les normes organoleptiques. Toutefois, c'est l'analyse de l'eau qui justifie cette constatation préliminaire.

** Autres constatations au niveau des bornes fontaines

Aucun système de gestion et de réglementation pour leurs utilisations n'a été mise en place : il n'y a pas d'heure ni pour l'ouverture ni pour la fermeture

Les bornes fontaines sont bien protégées contre les sources de pollutions car ils possèdent chacune un périmètre de protection immédiate et une clôture. Leurs aires d'assainissement sont bien faites car elles disposent toutes des canaux d'évacuation d'eaux usées. Par contre elles ne possèdent pas de chambre de vanne.

IX. ENQUETE AUPRES DE LA POPULATION ET HOPITAL

IV.1. Enquête au niveau de la population

Des enquêtes au niveau de la population et dans l'hôpital d'Andramasina ont été réalisées le 22 au 27 février 2016. Afin d'élucider les causes des maladies diarrhéiques fréquentes et des surinfections de plaies dans la ville d'Andramasina, nous avons fait des enquêtes quantitatives et qualitatives auprès de la population en ce qui concerne l'eau de chaque borne fontaine

Chacun de nos entretiens a duré 30 minutes, et les résultats sont reportés dans les tableaux 7 et 8.

Tableau 7: Résultats des enquêtes quantitatives de l'eau au niveau de la population

BF	BF1	BF2	BF3	BF5	BF6	BF7	BF8
Usage	Repas Toilette	Repas Toilette Abreuvements Boulangerie	Lessive Repas Toilette	Repas Abreuvement des animaux Lessive Toilette	Repas Toilette Restaurant Lessive	Repas Toilette Lessive Jardin	Repas Toilette Lessive
Consommation d'eau moyenne /J / ménage (L)	60	200	120	120	400	300	160
Heure de pointe par jour	6h du matin	4h du matin	6h du matin	A midi après le travail des champs	Toute la journée	6h30 du matin	6h du matin
Coupure et durée (h)	Non	Non	Non	Oui 2 à 4	Oui 1 à 2	Oui 2 à 4	Oui 2 à 5
Occupation	Etudiant	Paysan et Eleveur	Instituteur	Cultivateur	Restaurateur	Docteur	Chauffeur
Nombre de personnes par ménage	2 à 4	5 à 10	6 à 8	7 à 10	13	10	9

Commentaires

On remarque que la population consomme beaucoup d'eau dans la journée, et le problème d'insuffisance de débit et de coupure se fait sentir au niveau des BF5, BF6, BF7 et BF8. Leur volonté à payer est majoritaire mais avec la fréquence durée de coupure d'eau (plusieurs semaines), la plupart n'est plus motivée en ce sens. Elles sont obligées de rémunérer quelqu'un pour collecter de l'eau dans la source d'Antsiperifery ou dans les puits environnants.

Tableau 8: Résultats des enquêtes qualitatives de l'eau au niveau de la population

Borne fontaine	Qualité de l'eau			Mode de consommation			Maladie rencontrée
	Goût	Couleur	Odeur	Direct	Bouillir	Produit	
BF 1	Non	Oui	Non	Non	Oui	Non	-Signe de démangeaison.
BF 2	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	-Diarrhée, Estomac,
BF 3	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Aucune maladie
BF 5	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Diarrhée, maladie de peau, rapidité d'infection des plaies.
BF 6	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non	-Diarrhée, maladie de peau, rapidité d'infection des plaies.
BF 7	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	-Diarrhée, maladie de peau, rapidité d'infection des plaies
BF 8	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	-Dysenterie

Commentaires

Suite à l'enquête qualitative, on a constaté que la plupart de la population se plaint de la qualité organoleptique de l'eau et dénonce ces effets néfastes sur leur santé.

D'après leur dire, lorsqu'une personne boit directement l'eau de la borne fontaine, elle a un maux de ventre. Il y a aussi des personnes qui se plaignent d'avoir des démangeaisons après avoir pris un bain froid avec cette eau. Par contre, on a aussi rencontré des personnes de bonne santé même si elles utilisent la même eau. L'enquête qualitative a fait ressortir que dans l'ensemble, beaucoup de personnes se plaignent des problèmes cutanés, de maux de ventre, de diarrhée ou

d'infection rapide de plaie pouvant être liés à l'eau des BF et au manque d'hygiène et d'assainissement.

IX.2. Enquête au niveau de l'hôpital

Suivant les questionnaires établis, nous avons enquêté le médecin inspecteur du Centre Hospitalier du District.

L'enquête se divise en deux parties : La première concerne la borne fontaine de l'hôpital ou BF4 et la seconde a été consacrée à la santé, l'assainissement et l'hygiène à l'hôpital

a) Enquête sur la borne fontaine de l'hôpital ou BF 4

L'hôpital possède une borne fontaine qui se trouve à l'extérieur des bâtiments. En réalité, les hôpitaux doivent avoir de l'eau potable gratuite dans chaque bâtiment selon la loi en vigueur.

Les patients se plaignent des coupures très fréquentes d'eau de la borne fontaine qui peuvent durer 23h sur 24h, soit une heure d'utilisation. La consommation de l'eau dans l'hôpital varie en fonction du nombre de patients, mais l'usage de l'eau est souvent le même par exemple pour le nettoyage des plaies et matériels sanitaires, pour l'accouchement des femmes, l'arrosage du jardin.

En cas de coupure d'eau, l'hôpital oblige chaque patient occupant un lit d'apporter au moins 2 bidons de 20 litres d'eau qu'il puise dans la source d'Antsiperifery pour remplir le réservoir de stockage d'eau de capacité de 800 litres.

b) Enquête concernant la santé, l'assainissement et l'hygiène de l'hôpital

❖ Santé

D'après les médecins, les infirmières et les aides soignantes, la qualité de l'eau de la borne fontaine est mauvaise. Selon le médecin inspecteur, les maladies rencontrées fréquemment dans la commune d'Andramasina sont les maladies dentaires, la diarrhée, la maladie de la peau, de l'estomac et la dysenterie, la fièvre et la toux.

❖ Hygiène et assainissement

Sur le plan hygiène et assainissement, l'hôpital ne possède qu'une seule latrine et une douche sans eau.

Selon la réglementation de l'hôpital d'Andramasina, les patients et les personnels de santé doivent bouillir l'eau qu'ils utilisent même pour faire la douche. Mais beaucoup de personnes ne respectent pas cette règle d'hygiène.

L'enquête au niveau de l'hôpital fait ainsi comprendre que du point de vue sanitaire, l'eau de la borne fontaine est à l'origine de certaines maladies liées à l'eau comme les démangeaisons, la diarrhée, la dysenterie, la rapidité d'infection de plaie. D'où l'obligation de bouillir l'eau utilisée, mais non respectée par les usagers.

X. PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS D'EAU

Nous avons fait notre prélèvement au mois de mars 2016 à Andramasina. Notre première prise avait été faite au niveau de la BF6 de la commune, un échantillon pour l'analyse physico-chimique et un pour l'analyse bactériologique. La seconde prise a été faite dans la source d'Antsiperifery utilisée par la population lors de la coupure des bornes fontaines de la commune.

Condition de prélèvement de l'eau pour analyse

Le nombre, le volume unitaire de l'échantillon, le flaconnage, la préservation éventuelle et l'identification des échantillons ont été respectés.

Pour le prélèvement bactériologique :

- Des flacons stériles de 500 mL sont utilisés;
- Des cotons imbibés d'alcool ont été préparés pour désinfecter la borne fontaine ;
- Les échantillons ont été apportés au laboratoire d'analyse de la JIRAMA en moins de 24h.

Remarque : La même opération a été faite pour les prélèvements au niveau de la source d'Antsiperifery mais à la différence de la borne fontaine, c'est le tuyau de distribution sur la source qu'on a désinfecté.

- La prise d'échantillon pour analyse physico-chimique se fait dans une bouteille d'eau vive de 1,5L ;

- Lors du transport, il faut conserver les échantillons dans une glacière à l'aide d'une plaquette isothermique. La durée du transport de ces échantillons à partir d'Andramasina jusqu'au laboratoire était de 4h

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de la JIRAMA sise à Mandroseza suivant les méthodes d'analyses en annexes 1 et 2.

XI. RESULTATS D'ANALYSE PHYSICO – CHIMIQUE

XI.1. Résultats d'analyse de la borne fontaine BF 6

Les résultats d'analyses sont mentionnés dans les tableaux 9 et 10 de la page 39.

Tableau 9: Résultats d'analyse physico – chimique de BF 6

Paramètres analysés	Valeur	Norme de potabilité malgache
Température (°C)	23,3	20 à 25
Turbidité (NTU)	18,2	<5
pH	7,9	6 à 9
Conductivité (µS.cm ⁻¹)	43,3	< 3000
Minéralisation (mg. L ⁻¹)	37	
Dureté totale (° f)	2,3	< 50
Dureté calcique (° f)	1,4	
Titre alcalimétrique (° f)	0	
Titre alcalimétrique complet (°f)	2	
Calcium (mg. L ⁻¹)	5,6	
Magnésium (mg. L ⁻¹)	2,19	
Carbonates (mg. L ⁻¹)	0	
Bicarbonates (mg. L ⁻¹)	24,4	
Matières organiques (mg. L ⁻¹)	3,8	<2
Ammonium (mg. L ⁻¹)	0,07	<0,5
Fer total (mg. L ⁻¹)	0,2	<0,5
Chlorures (mg. L ⁻¹)	3,55	<250
Sulfates (mg. L ⁻¹)	0	<250
Nitrites (mg. L ⁻¹)	0	<0,1
Nitrates (mg. L ⁻¹)	0	<50
Sodium (mg. L ⁻¹)	2,9	

Tableau 10: Résultats d'analyse bactériologique de BF6

Bactéries	Valeur	Norme de potabilité malgache
Coliformes totaux 37°C (UFC)	94	0/ 100mL
<i>E- coli</i> 44 °C (UFC)	0	0/ 100mL
Streptocoque fécaux 37°C (UFC)	640	0/ 100mL
Anaérobiesulfitoréducteur37°C(UFC)	14	0/ 100mL

a) Interprétations des caractéristiques physico - chimique (BF 6)

Parmi les paramètres physiques suivants : turbidité, température, pH, conductivité et minéralisation, seule la turbidité de l'eau présente une valeur supérieure à la norme de potabilité de l'eau.

La turbidité 18 NTU de l'eau de BF6 est due à la présence des particules en suspension causées par la défaillance du bassin de filtration. Ces particules y sont transportées par les eaux de ruissellement venant de la montagne lors de la saison de pluie. Elles sont aussi dues au glissement des terrains et de l'érosion. A tout ceci s'ajoute les activités humaines en amont qui utilisent des produits phytosanitaires dans leur rizière et pour leur culture maraîchère et vivrière.

Une turbidité supérieure est un indice de contamination de l'eau. En effet, les micro-organismes d'origine animale et végétale se fixent sur les particules en suspensions dans l'eau turbide et peut augmenter les risques de maladies gastro-intestinales évoquées par le médecin inspecteur durant notre enquête.

On peut dire que cette valeur élevée de la turbidité est en relation avec celle du lac Ambohimanjaka faute de traitement adéquat.

Au vu du résultat d'analyse, l'eau de la borne fontaine est fortement chargée en matières organiques ($3,8\text{mg.L}^{-1}$). Elles proviennent certainement des déjections des bétails qui se trouvent sur la berge, de la décomposition des feuilles mortes et des arbres qui poussent à côté de la zone de captage sur le lac Ambohimanjaka, et des déchets ménagers des habitants vivant au voisinage de la source.

Ces matières organiques sont à l'origine de la turbidité, de la couleur, d'odeur, et de saveur fade de l'eau des bornes fontaines.

b) Interprétations des caractéristiques microbiologiques (BF 6)

- D'après le résultat d'analyse faite à partir de l'eau de distribution, la présence des bactéries d'origine fécale est confirmée. Leur nombre dépasse largement la norme recommandée qui doit être nul.

- La prolifération des streptocoques fécaux et des ASR au niveau de la borne fontaine est liée à une contamination bactérienne certaine à la source comme on l'a déjà mentionné au paragraphe I.1 dans le chapitre 2.

- Le mauvais fonctionnement du bassin de filtration et le manque d'entretien du réservoir dans lesquels on trouve des algues vertes sur les parois, contribuent aussi à la présence des trois types de bactéries identifiés dans l'eau. L'absence de traitement par désinfection en est aussi une autre cause.

- La rupture répétée du tuyau d'amenée qui traverse la rivière Sisaony est aussi considérée comme une des importantes sources de pollutions bactériennes car les eaux de cette rivière contaminent sûrement ce tuyau.

- Comme les streptocoques sont connus comme agents pathogènes responsables de plusieurs infections plus ou moins sévères comme les infections intra abdominale, urinaires, la septicémie et les surinfections cutanées. On peut donc dire qu'elles sont à l'origine des maladies répétitives au niveau de la commune depuis l'année 2010.

XI.2. Résultats d'analyse de la source Antsiperifery

La source Antsiperifery est utilisée par la population d'Andramasina en cas de coupure d'eau. Ses caractéristiques physico- chimiques et bactériologiques sont données dans les tableaux 11 et 12 ci- dessous.

Tableau 11: Résultats d'analyse physico – chimique de la source Antsiperifery

Paramètres analysés	Valeur	Norme de potabilité malgache
Température (°C)	23,3	20 à 25
Turbidité (NTU)	1,6	<5
pH	7,9	6,5 à 9
Conductivité ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	30,1	<3000
Minéralisation ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	26	
Dureté totale (° f)	1,9	<50
Dureté calcique (° f)	0,8	
Titre alcalimétrique (° f)	0	
Titre alcalimétrique complet (°f)	1,5	
Calcium ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	3,2	
Magnésium ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	2,67	
Carbonates ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0	
Bicarbonates ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	18,3	
Matière organiques ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	1,8	<2
Ammonium ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,11	<0,5
Fer total ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,3	<0,5
Chlorures ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	3,55	<250
Sulfates ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	4,3	<250
Nitrites ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,3	<0,1
Nitrates ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0	<50
Sodium ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	2,3	

Tableau 12: Résultats d'analyse bactériologique de la source d'Antsiperifery

Paramètres analysés	Valeur	Norme de potabilité malgache
Coliformes totaux 37°C (UFC)	0	0 / 100 mL
<i>E- coli</i> 44 °C (UFC)	0	0 / 100 mL
Streptocoque fécaux 37°C (UFC)	0	0 / 100 mL
Anaérobiesulfitoréducteur37°C (UFC)	0	0 / 100 mL

Interprétations

Au vu du résultat d'analyse, l'eau de la source d'Antsiperifery est contaminée par du nitrite à une teneur de 0,3 mg.L⁻¹ (norme : 0,1mg.L⁻¹ max). La présence de nitrite est due aux intrants agricoles, les latrines utilisées par les habitants au voisinage de la source, défécation à l'air libre et la décomposition des organismes végétaux et animaux. Toutefois, elle est conforme en terme de qualité bactériologique.

XII. RECOMMANDATIONS

Durant notre étude nous avons constaté beaucoup de problèmes dans l'ensemble du système d'Approvisionnement en Eau Potable Gravitaire (AEPG) de la ville d'Andramasina, c'est-à-dire au niveau de la source de captage jusqu' aux bornes fontaines.

Se basant sur les divers éléments de défaillances identifiés, des recommandations pour améliorer la situation au niveau des ouvrages et des autres éléments constituant de l'AEPG sont proposées dans les paragraphes suivants.

En gros, c'est le réseau tout entier qui doit être rénové.

XII.1. Recommandations pour la protection de la source de captage

- La zone de la source est presque dénudée. Le reboisement est nécessaire en amont et aux alentours du lac d'Ambohimanjaka pour stopper l'érosion, la dégradation des berges et surtout pour éviter le dessèchement du lac ;

- Comme la source de captage ne possède pas de zone de protection, il faut délimiter et mettre en place les trois périmètres de protections régis par le Décret Interministériel N° 2003-940 du 09 septembre 2003 pour éviter les pollutions venant des activités humaines et de l'élevage ;

- La sensibilisation de la population sur les dangers de l'utilisation des produits phytosanitaires comme les engrais chimiques et les pesticides dans les rizières côtoyant l'eau du lac est indispensable pour qu'elle sache que ces produits contaminent dangereusement le lac ;

- Comme il existe déjà des habitants dans la partie Est du lac, des prescriptions en matière d'hygiène doivent être fournies notamment en ce qui concerne les latrines. Sur ce point, on leur conseille de les construire à 150 m loin du lac pour que les fosses ne polluent pas la nappe phréatique. Ils doivent être de types hygiéniques et de fosses non polluantes pour que les excréta ne puissent pas s'infiltrer dans la nappe du lac. Ses dalles doivent suivre les prescriptions suivantes, être lisse mais non rugueuse et devrait être lavable.

- Si possible, procéder au curage du lac pour améliorer la qualité de l'eau exploitée.

XII.2. Recommandations pour les ouvrages de captage

- Comme le bassin de captage C₁ possède une fuite, il est ouvert aux impuretés extérieures, d'où la couleur rouge de l'eau et la présence d'algues vertes sur ses parois. Il faut en conséquence obstruer la fissure et procéder à la désinfection. Il faut aussi y installer un trop plein, un système de vidange pour son entretien et un couvercle muni de cadenas

-Pour le captage C₂, il est à ciel ouvert, donc il faut qu'il possède une chambre de captage en béton armé pour éviter les pollutions extérieures. Cette chambre doit aussi posséder:

- D'un tuyau de distribution ;
- Un trop plein en cas de débordement ;
- Une vidange ;
- Une marche à pied pour faciliter le nettoyage et ;
- Un couvercle muni de cadenas.

Remarque :

Pour C₁ et C₂, il est indispensable d'avoir un périmètre de protection immédiate.

XII.3. Recommandations concernant le traitement des eaux

Comme les eaux distribuées ne sont pas conformes aux normes de potabilité physico-chimiques et bactériologiques, la teneur élevée en matières organiques est à l'origine de la turbidité, couleur, odeur et saveur fade de l'eau consommée par la population. Aussi, la réduction des matières organiques par la coagulation - floculation et l'élimination des germes pathogènes par la désinfection sont recommandées pour rendre l'eau potable.

Des essais de traitement avec le sulfate d'alumine comme coagulant et la chaux comme adjuvant de floculation ont été effectués dans le laboratoire d'analyse de la JIRAMA sise à Mandrozeza pour déterminer leurs doses optimales et dont les résultats sont mentionnés dans le tableau 13 de la page suivante.

Tableau 13: Résultats des essais de traitement de l'eau à la sortie de la borne fontaine BF 6 (JAR TEST)

Paramètres	Caractéristiques Eau Brute	Caractéristiques Eau Décantée	Norme de potabilité malagasy
Turbidité (NTU)	18,2	4,23	<5
pH	7,9	7	
Matières Organiques (mg.L ⁻¹)	3,8	0,8	<2
Fer total (mg.L ⁻¹)	0,2	0,02	
Minéralisation totale (mg.L ⁻¹)	37	46	
Conductivité (µS.cm ⁻¹)	43,3	59	
Température (°C)	23,3	23,2	

-Taux optimal de sulfate d'alumine : 13 mg.L⁻¹

-Taux de chaux en amont : 2,66 mg.L⁻¹

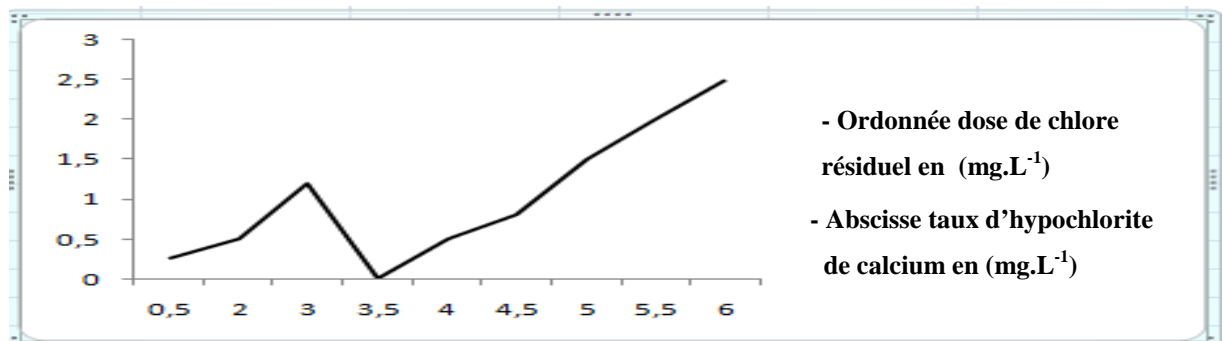
Interprétations

Après les différents essais, la teneur en matière organique et la turbidité de l'eau traitée sont respectivement 0,8 mg. L⁻¹ et 4,23 NTU soit un taux d'élimination respectif 78,94 et 76,76 %. On a conclu que pour traiter l'eau du lac Ambohimanjaka, la dose optimale de sulfate d'alumine est de 13mg. L⁻¹ et pour la chaux de 2,66 mg.L⁻¹ et pour éviter la formation des produits secondaires de désinfection. Pour rendre l'eau potable sur le plan bactériologique, des essais de désinfection ont été réalisés sur l'eau brute au cas où la coagulation – floculation n'est pas possible faute de moyens, et sur l'eau traitée dans le cas contraire. Dans ce cas la chaîne de traitement adéquate à la qualité de l'eau brute sera : Coagulation- floculation → décantation → filtration → désinfection.

Tableau 14: Résultats des essais de désinfection par l'hypochlorite de calcium sur l'eau de la borne fontaine BF 6.

Taux d'hypochlorite de calcium en (mg.L ⁻¹)	0,5	2	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
Volume Ca(ClO) ₂ versé en (ml)	0,05	2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
Chlore résiduel (mg.L ⁻¹) après 30 minutes de contact	0,25	0,5	1,2	< 0,1	0,5	0,8	1,5	2	2,5

Courbe des essais de désinfection par l'hypochlorite de calcium de l'eau brute



Interprétations

Les taux de désinfection 0,5 à 3 mg.L⁻¹ correspondent à la formation des chloramines. Leur destruction se déroule entre 3 et 3,5 mg.L⁻¹. Le break point ou la dose minimale de désinfection est de 3,5 mg.L⁻¹ après 30 minutes de contact.

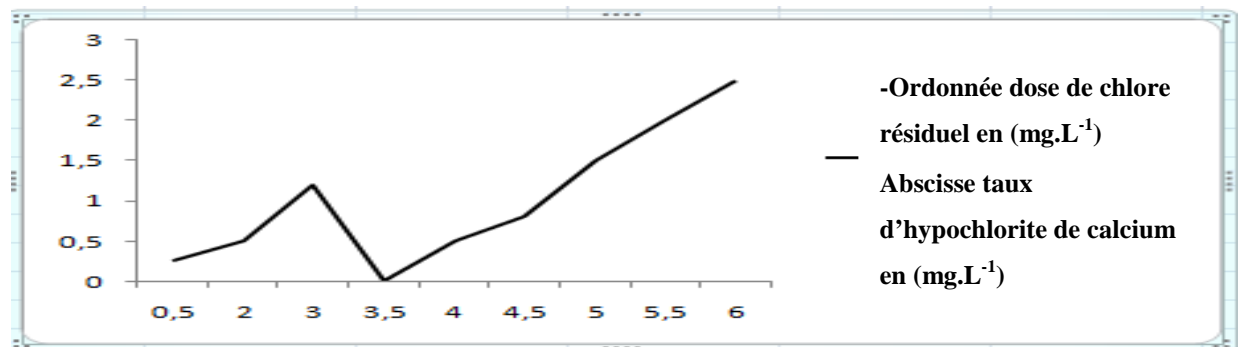
On a choisi la dose de chlore égale à 5 mg.L⁻¹ pour une désinfection efficace de l'eau avec une teneur en chlore résiduel de 1,5 mg.L⁻¹ départ station afin d'assurer sa présence au niveau des bornes fontaines vu la teneur en matières organiques et la turbidité de l'eau.

*Dans ce cas un sous produit dangereux comme le Trihalométhane peut se former.

Tableau 15: Résultats des essais de désinfection par l'hypochlorite de calcium sur l'eau clarifiée.

Taux d'hypochlorite de calcium en (mg.L ⁻¹)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Volume Ca(ClO) ₂ versé en (mL)	0,5	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
Chlore résiduel (mg.L ⁻¹) après 30 minutes de contact	0,1	0,15	0,25	0,35	0,6	0,8	0,9	1

Courbe des essais de désinfection par l'hypochlorite de calcium de l'eau clarifiée



Interprétations

La courbe ne présente plus de break point suite à la forte diminution des matières organiques et de la turbidité de l'eau, ce qui nous a amené à choisir la dose optimale 2,5 mg L⁻¹ avec une teneur en chlore résiduel de 0,6 mg L⁻¹. La formation des produits secondaires de désinfection (THM) est ainsi écartée.

XII.4. Recommandations au niveau du bassin de filtration

- Les deux bassins de filtration sont non opérationnels, il y a un besoin urgent de remplacer les graviers et les sables indispensables à la bonne filtration de l'eau. Il faut aussi cimenter les fissures sur les couvercles pour éviter l'entrée des poussières et les débris de végétaux dans les compartiments des bassins.

- Pour le bassin B₁, il faut abattre les arbres de « rôtra » car ces fruits pourris contaminent l'eau et favorisent la prolifération des matières organiques.

- Pour le bassin B₂, on doit mettre un trop-plein et une ventouse pour évacuer l'air.

**Par ailleurs, le système de filtration ne suffit pas à rendre potable l'eau distribuée, un traitement par désinfection est vivement recommandé.

XII.5. Recommandations au niveau des tuyaux d'amenée et de distribution

Comme on trouve des tuyaux déterrés par l'érosion, il faut à nouveau les enterrer à 1,20m de profondeur. Il faut aussi planter des herbes pour stopper cette érosion grandissante.

Dans le passage du tuyau sous le petit pont, ce dernier doit être réhabilité afin d'éviter la rupture du tuyau.

- Concernant le problème de la cassure répétée du tuyau traversant la rivière Sisaony (une des causes de la coupure fréquente et de la pollution de l'eau des bornes fontaines) : il faut remplacer intégralement la portion de conduite traversant l'eau sur une longueur de 15 mètres de part et d'autre des deux rives par un tuyau flexible capable de supporter les forts courants d'eau pendant les périodes de crues ; mais le mieux serait de construire un pont en béton ou métallique selon les moyens financiers de la commune qui sert à fois de servitude pour la population et aussi de support pour le tuyau.

XII.6. Recommandations au niveau des réservoirs

-Suivant l'état de lieu et l'évaluation du milieu, une latrine est construite à une distance de 10m parallèle à l'emplacement du réservoir. Elle doit être impérativement déplacée au moins à 150m en aval. La mise en place d'une clôture est indispensable pour sa protection immédiate contre les actes de vandalisme et de sabotage (risque d'empoisonnement).

-Il faut mettre un couvercle à cadenas pour éviter la contamination de l'eau par les eaux d'infiltration, les poussières et les insectes et un système de ventilation muni d'une protection contre les petites bêtes car ces dispositifs n'ont pas été considérés.

-L'entretien et la désinfection périodique par des désinfectants spécifiques du réservoir est nécessaire pour assurer la qualité de l'eau. Dans ce sens, un système de vidange avec deux chambres, dont l'une pour la vanne d'entrée et l'autre pour la vanne de sortie d'eau doit être mise en place.

XII.7. Recommandations au niveau du réseau de distribution

- Il faut nettoyer et purger le réseau tout entier pour éviter les dépôts dans les canalisations (source de problème de débit et coupure répétée de l'eau au niveau des bornes fontaines).

XII.8. Recommandations au niveau de la commune

Les diverses recommandations citées plus haut permettent de résoudre le grand problème d'approvisionnement de la commune d'Andramasina. Mais d'après notre analyse, la principale problématique est le manque d'une politique de gestion de l'ensemble du système dans laquelle on doit considérer le fonctionnement, la maintenance et l'exploitation des installations.

- Le recouvrement des coûts est indispensable pour mener à bien la maintenance périodique et les achats des pièces de rechanges pour une meilleure satisfaction des consommateurs en termes de quantité et qualité.

- La participation de la communauté est aussi primordiale pour appuyer la commune dans la gestion des bornes fontaines. Les deux parties doivent intervenir dans un cadre de partenariat à travers un comité communal de l'eau dont la composition et les rôles respectifs sont proposés comme suit :

- Ce comité doit être composé de Président qui est le maire de la commune, des représentants des communautés par fokontany, de cinq agents de maintenance spécialisés en approvisionnement en eau, d'un secrétaire et d'un trésorier ;

- Le Maire a pour rôle d'assurer la qualité et la quantité de l'eau distribuée dans la ville et de faire le suivi de tous les travaux de maintenance et d'entretien concernant le réseau tout entier;

- Les cinq techniciens spécialisés en approvisionnement en eau ont pour rôle de mettre en place le calendrier de maintenance de l'ouvrage tout au long de l'année par exemple pour la vidange de bassin de captage, de filtration, des tuyaux et du réservoir...

- La communauté désigne des responsables de points d'eau dans le fokontany pour faire respecter l'heure d'ouverture et de fermeture des bornes fontaines ainsi que la propreté et l'hygiène tout autour.

- La commune pour sa part est chargée d'assurer l'efficacité des recouvrements de coûts, garant du fonctionnement durable du système d'AEFG dans son ensemble. Sans ce recouvrement, la maintenance périodique basé sur un calendrier pré - établi et l'entretien n'est pas faisable.

CONCLUSION

L'adduction d'eau par système gravitaire de la commune d'Andramasina connaît des fréquentes coupures d'eau suite à des problèmes techniques, poussant ainsi la population à puiser l'eau à la source d'Antsiperifery éloignée de la ville. Cette situation porte atteinte à la vie sociale et à la santé de la population.

Suite au diagnostic effectué de la ressource aux bornes fontaines, l'AEPG de la commune d'Andramasina est en état de dégradation assez avancé, par faute de maintenance et de non respect des normes d'installation des ouvrages et du réseau tout entier.

En outre, les résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologies des échantillons d'eau prélevés au niveau de la borne fontaine et de la source d'Antsiperifery ont démontré leur non conformité à la norme de potabilité. Ces données confirment par conséquent, l'origine des maladies diarrhéiques et de surinfections de plaies cutanées constatées depuis 2010.

Il y a ainsi une obligation de réhabiliter le système d'AEPG d'Andramasina sur le plan qualitative et quantitative tel que recommandé dans la présente étude.

Pour terminer nous affirmons que ce travail a renforcé nos compétences techniques sur le système d'approvisionnement en eau potable par gravitaire, sur le traitement de l'eau en laboratoire et sur les techniques d'analyse physico-chimiques et bactériologiques ; il nous a permis aussi d'élucider les causes des maladies liées à l'eau de fournir un outil de travail à la commune et aux responsables sanitaires pour mieux résoudre les problèmes de l'AEPG.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] : Norme OMS

[2] : Ministère de la Santé Publique et Ministère de l'Éducation Nationale, 2001, *Guide de formation en matière d'Eau, d'Assainissement et Hygiène*, Antananarivo, édition BIMTT Birao Ifandraisan'ny Mpampiofana ny Tontolon'ny Tantsaha.

[3] : Ministère de la Santé Publique, 2010, *Rapport sur le développement de la santé région Analamanga*, Antananarivo.

[4] : Cristelle Huet- Gomez, 2014, *le cycle de l'eau*, Paris, Edition jouvence.

[5] : Ministère de l'Énergie et des Mines, 2005, «*Manuel de procédures pour la mise en place des projets eau et assainissement* », Antananarivo. Edition Direction de l'Eau et de l'Assainissement.

WEBOGRAPHIE

[6] : [http:// www. lakroa.mg/item](http://www.lakroa.mg/item). *Discours du Secrétaire Général des Nations - Unies Ban - Ki - Moon*. 31 Mai 2016

[7] <http://www.eau-poitou-charentes.org>, *Les différentes étapes d'une filière classique de traitement d'eau potable*, 2 février 2016

[8] <http://www.eauxpotables.com/> , *Conception d'un réservoir de distribution*, 4 Mars 2016.

ANNEXES

ANNEXE I : METHODES D'ANALYSE PHYSICO – CHIMIQUE DES EAUX (SOURCE : JIRAMA)

- **Analyse physique**

Les analyses physiques ont été effectuées à l'aide des appareils de mesure et de lecture directe des résultats.

1. Mesure du pH (potentiel Hydrogène)

La mesure du pH permet de savoir l'acidité ou la basicité de l'eau. Il est mesuré à l'aide d'un ionomètre modèle HANNA HI 4222 muni de 2 électrodes, l'une en verre contenant une solution de KCl et l'autre en plomb. **Résultat** : lecture directe du pH

2. Mesure de la conductivité, la température et la minéralisation de l'eau

La conductivité est la mesure de la salinité de l'eau mais aussi, elle est fonction de la température. La minéralisation est la mesure des éléments minéraux dans l'eau.

.La mesure de la conductivité, la température et la minéralisation de l'eau sont effectuées à l'aide d'un conductimètre modèle LF 538.




Remarque : il faut vérifier que la constante de la cellule est égale à $0,475 \text{ cm}^{-1}$ et la température de référence doit être égale à 20°C lors de l'allumage.

Résultat : lecture directe sur l'appareil conductimètre WTW. L'unité de la conductivité est en $\mu\text{S.cm}^{-1}$, la température en $^\circ\text{C}$ et la minéralisation en TDS mg.L^{-1} .

3. Turbidité

C'est la mesure de la transparence du liquide qui reflète l'absence des matières non dissoutes. Elle est mesurée à partir d'un turbidimètre digital modèle 2100P HACH.

Résultat : lecture directe sur l'appareil turbidimètre HACH. L'unité de la turbidité est en NTU.

		
Figure 1: pH mètre HANNA	Figure 2 : Conductimètre	Figure 3 : Turbidimètre

- **Analyse chimique**

Les analyse chimiques sont caractérisées par l'utilisation de divers réactifs chimiques (catalyseur, indicateur coloré,...). On utilise des appareils de lecture pour certains paramètres. Ces analyses chimiques se divisent en deux :

D'une part l'Analyse volumétrique et d'autre part l'analyse colorimétrique

- ❖ **Analyse volumétrique**

- 1. Mesure de la dureté totale ou titre hydrotimétrique et de la dureté calcique dans l'eau**

- a) Définition**

La dureté totale représente l'ensemble des sels dissous dans l'eau qui sont principalement composés de calcium (Ca) et de magnésium (Mg). Ces derniers sont les ions métalliques les plus courants dans l'eau.

- b) Principe**

Le dosage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} se fait par complexométrie avec l'Ethylène Diamine Tétra – Acétique) ou EDTA en milieu basique. Vers $\text{pH} = 10$, on dose simultanément les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} en présence de Noir d'Eriochrome T ou NET. Vers $\text{pH} = 12$, l'hydroxyde de magnésium précipite ; seul l'ion Ca^{2+} est dosé. A ce pH, le NET n'est plus utilisable ; on choisit alors un autre indicateur de fin de réaction : Patton et Reeder. La dureté magnésienne s'obtient par différence entre la dureté totale et la dureté calcique.

c) Réactifs et matériels utilisés

- Solution EDTA (Ethyène Diamine Tétra- Acétique) à 0,02 N ;
- Solution tampon pH = 10 ;
- Indicateur coloré Noir d' Eriochrome T ou NET pour la titration de la dureté totale ;
- Indicateur coloré Patton et Reeder pour la titration de la dureté calcique ;
- Fiole de jaugée 100 mL;
- Agitateur magnétique et barreau aimanté ;
- Burette.

d) Méthode d'analyse pour la détermination de la dureté totale dans l'eau

On prélève 100 mL de l'échantillon dans une fiole de 100 mL. On la verse dans un bêcher, ajoutée de 2 mL de solution tampon TH et de 2 à 3 gouttes d'indicateur coloré Noir d'Eriochrome T ou NET et on observe la couleur de départ qui est rouge vineux.

On titre ensuite le mélange avec l'Ethyène Diamine Tétra-Acétique ou EDTA à 0,02 N à l'aide d'une burette jusqu'à l'obtention du virage bleu vert en agitant l'échantillon sur l'agitateur magnétique.

e) Détermination de la dureté calcique dans l'eau

On prélève 100 mL de l'échantillon dans une fiole de 100 mL. On verse l'échantillon dans un bêcher, ajoutée de 2 mL de NaOH 3N et d'une goutte d'indicateur coloré Patton and Reeder et on observe la couleur du départ qui est rouge vineux.

On titre avec l'EDTA à 0,02 N à l'aide d'une burette jusqu'au virage bleu vert en agitant l'échantillon sur l'agitateur magnétique.

f) Expression du résultat

On obtient la concentration de l'ion calcium et magnésium en mg/l par la quantité de la solution titrant (EDTA) consommé jusqu'au virage de couleur bleu vert. La concentration des ions calcique et magnésien est exprimée en °F TH (volume versé pour 100 mL) et en °F TH_{Ca} (volume versé pour 100 mL)

2) Dosage des matières organiques

a) Définition

Les matières organiques sont naturelles et principalement issues de la décomposition des végétaux, des animaux, et des microorganismes. Elles ont beaucoup d'impacts sur les paramètres de la qualité de l'eau : couleur, odeur, saveur sous produits de désinfection ...etc.

b) Principe

Le principe est basé sur l'oxydabilité au permanganate de potassium, KMnO_4 et cette analyse consiste en une oxydation chimique à chaud 100°C en milieu alcalin pendant 10 minutes.

c) Réactifs et matériels utilisés

- Permanganate de potassium (KMnO_4) à 0,0125 N ;
- Sodium hydrogénocarbonate saturé (NaHCO_3) ;
- Acide sulfurique (H_2SO_4) ;
- Bécher de 100 mL ;
- Fiole de jaugeée 100 mL ;
- .Agitateur magnétique et barreau aimanté ;
- Plaque chauffant.

d) Méthode d'analyse

On prélève 100 mL de l'échantillon dans une fiole de 100 mL. On verse l'échantillon dans le bécher, ajoutée de 5 mL de sodium hydrogénocarbonate saturé (NaHCO_3).

On chauffe ensuite sur la plaque chauffante jusqu'à l'ébullition et on ajoute 10 mL de KMnO_4 . On compte 10 minutes à partir de l'ébullition et après 10 minutes on laisse refroidir. Dans l'échantillon refroidi, on ajoute 5 mL d'acide sulfurique et 10mL de sel de Mohr.

Enfin, on dose le mélange avec le permanganate de potassium (KMnO_4) à l'aide d'une burette jusqu' à l'obtention de couleur rose persistante en agitant l'échantillon sur l'agitateur magnétique.

e) Expression du résultat

$$C_{\text{MO}} (\text{mg.L}^{-1}) = V_1 - V_0$$

V_1 : Volume KMnO_4 à 0,0125 N versé pour 100 mL d'eau à analyser.

V_0 : Volume KMnO_4 à 0,0125 N versé pour 100 mL d'eau distillée blanc.

C_{MO} : Concentration des matières organiques dans l'eau analysée.

3) Analyse des Chlorures Cl^-

a) Définition

C'est un ion négatif anion, dit halogénure .Il est aussi produit lors de la dissociation du chlorure d'hydrogène dans l'eau.

b) Principe

La réaction des ions Cl^- avec les ions Ag^{2+} forme un précipité de chlorure d'argent. L'addition d'un petit excès d'ion argent entraîne la formation du chromate d'argent brun rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

c) Réactifs et matériels utilisés

- Solution titrant de nitrate d'argent AgNO_3 à 0,1 N ;
- Indicateur coloré de chromate de potassium 10 % K_2CrO_4 ;
- Bêcher de 100 mL ;
- Fiole de jaugée 100 mL ;
- .Agitateur magnétique et barreau aimanté.

d) Procédure d'analyse

On prélève 100 mL de l'échantillon dans une fiole de 100 mL. On la verse dans le bécher. On ajoute 5 gouttes de chromate de potassium (K_2CrO_4).

On dose le mélange avec l' AgNO_3 à l'aide d'une burette jusqu'à l'obtention de couleur rouge brique en agitant l'échantillon sur l'agitateur magnétique.

e) Expression du résultat

$$V = V_1 \times 35,5$$

V_1 : Volume de nitrate d'argent versé

V : Concentration du chlorure dans l'eau analysée.

4- Titre Alcalimétrie TA/ TAC ou détermination du Carbonate et bicarbonate

a) Définition

Le titre alcalimétrique et le titre alcalimétrique complet permettent de connaître les concentrations en carbonate et bicarbonates et hydroxydes dans l'eau.

b) Principe

Les titres alcalimétriques ou TA et Titre Alcalimétrique Complet ou TAC sont mesurés par ajout d'une solution titrée d'acide sulfurique N/50, en présence d'indicateur coloré phénolphthaléine et hélianthine

L'apport d'acidité est neutralisé par les ions alcalins constitutifs du TA et du TAC, lorsque le pH atteint la valeur de 8,3 la totalité des ions hydroxydes et la moitié des ions carbonates ont réagi, pour le pH 4,5 la totalité des hydrogénocarbonates sont neutralisés.

c) Réactifs et matériels utilisés

- Bécher de 100 mL ;
- Agitateur magnétique et barreau aimanté ;
- Indicateur coloré Phénolphtaléine pour (TA) ;
- Indicateur coloré Hélianthine pour (TAC) ;
- Solution titrant Acide sulfurique H_2SO_4 N/50 ;
- Fiole de jaugeée 100 mL;
- Burette.

d) Procédure d'analyse

Pour TA

On prélève 100 mL de l'échantillon dans une fiole de 100 mL qu'on verse dans le bêcher. On ajoute 2 à 3 gouttes de phénophtaléine. Une coloration jaune doit apparaître, dans le cas contraire le carbonate est nul.

S'il y a du carbonate dans l'eau analysée, on titre l'échantillon avec l'acide sulfurique H_2SO_4 N/50 en agitant constamment jusqu'à la décoloration.

b) Expression de résultat

Soit, V le volume de l'acide sulfurique H_2SO_4 versé en °F pour 100 mL.

Pour TAC

On utilise les mêmes échantillons que l'on avait déjà dosé pour l'ion carbonate. Pour ce faire on met une goutte d'hélianthine dans l'échantillon à analyser :

Si l'échantillon est rose, absence de bicarbonate ;

Si la coloration devient jaune, on dose de nouveau l'échantillon sur l'agitateur magnétique avec la solution d'acide sulfurique H_2SO_4 à l'aide d'une burette jusqu'à l'obtention de la couleur jaune orangé.

d) Expression de résultat

Soit, V' le volume de l'acide sulfurique H_2SO_4 versé, le TAC sera V' °F.

❖ Analyse colorimétrique

1. Principe de l'analyse colorimétrique

L'analyse consiste à ajouter dans la solution à analyser un réactif coloré ; la couleur ainsi obtenue est fonction de la concentration de l'élément minéral recherché. Le résultat qui est la concentration correspondant à l'intensité de la couleur se lit à l'aide des appareils.

2. Analyse des Nitrites NO_2^- , Nitrates NO_3^- , Sulfates SO_4^{2-} , Ammonium NH_4^+

Elle se fait par lecture sur l'appareil spectrophotomètre d'absorption moléculaire

Paramètres à analyser	Nitrites	Nitrates	Sulfates	Ammonium
Solution à titrer	Eau	Eau	Eau	Eau
Blanc réactif	Eau distillée	Eau distillée	Aucun	Eau distillée
Solution tampon	Solution Acide phosphorique H_3PO_4	Solution d'hydroxyde de sodium NaOH	Solution d'acide chlorhydrique HCL $c=10\%$	Phénol alcoolique et nitroprussiate
Indicateur coloré	Réaction coloré	Réaction coloré	Chlorure de baryum BaCl_2 $C= 10\%$	Solution oxydant (mélange de citrate et d'eau de javel)
Couleur solution	Rose	Rose	Blanc cassé	Bleu
Absorbance	540nm		650nm	640 nm
Lecture	$C^\circ : \text{N}(\text{NO}_2)$	$C^\circ : \text{N}(\text{NO}_3) + \text{N}(\text{NO}_2)$	$C^\circ : \text{SO}_4^{2-}$	$C^\circ : \text{NH}_4^+$
Expression des résultats	$\text{NO}_2^- : \text{mg.L}^{-1}$ $C^\circ : \text{N}(\text{NO}_2)$	$\text{N O}_3^- \text{ mg.L}^{-1}$ $C^\circ : [\text{N}(\text{NO}_3) + \text{N}(\text{NO}_2)]$	$\text{SO}_4^{2-} : \text{mg. L}^{-1}$ $\text{SO}_4^{2-} = C^\circ \text{mg.L}^{-1}$	$\text{NH}_4^+ : \text{mg. L}^{-1}$

3. Dosage de fer total (Fe)

a) Principe

En milieu ammoniacal le diméthylglyoxine donne en présence de Fer Fe^{2+} , un complexe de coloration rose dont l'intensité est en fonction croissante de la concentration.

b) Matériels et réactifs utilisés

- Comparateur standard Hydrocure ;
- Cuvettes graduées A/B ;
- Plaquette fer 0,6 à 1 mg.L⁻¹ et Fer 0,3 à 5 mg.L⁻¹;
- Bécher et fiole de jauge de 100 mL ;
- Pipette de 2 mL.

c) Procédure d'analyse

On prélève 100 mL de l'échantillon dans une fiole de 100ml qu'on verse dans le bécher. On ajoute une cuillère de dithionite de sodium. On agite le mélange jusqu' à la dissolution du réactif. Ensuite on ajoute 2 mL de diméthylglyoxine. Agiter et laisser reposer pendant 2 minutes.

Enfin, on ajoute 2mL d'ammoniaque et attendre 2 minutes.

d) Expression du résultat

On compare la couleur de cette solution avec des plaquettes étalons et on lit la teneur en fer correspondante en mg.L⁻¹.

ANNEXE II : METHODES D'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE DES EAUX (SOURCE : JIRAMA)

1. Définition

L'analyse microbiologique de l'eau permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau, il existe un grand nombre de microorganismes pathogènes susceptibles de se trouver dans les eaux et la majorité de ces microorganismes proviennent de déjections humaines ou animales. La recherche systématique de tous les microorganismes pathogènes serait techniquement et économiquement impossible. Afin de détecter une éventuelle contamination fécale, il est plus judicieux de rechercher un nombre restreint de microorganismes représentatifs de ce type de contamination connu sous le nom des indicateurs de contamination fécale (IFC) dont les bactéries coliformes totaux, les bactéries Escherichia - coli, les bactéries streptocoques fécaux et les bactéries Anaérobie Sulfito Réducteur ou ASR.

2. Principe

Pour dénombrer les 3 bactéries coliformes totaux, E-coli et streptocoque fécaux on procède à la méthode de filtration sur membrane.

3. Procédure d'analyse pour les bactéries anaérobies sulfito- réducteurs ou ASR

On prélève 10 mL de l'échantillon et on la transvase dans un étuve puis chauffer le (bain marie) pendant 10 minutes.

On transvase l'échantillon dans l'étuve contenant le milieu de culture solide.

On agite avec le geste du poignet pour bien mélanger le milieu et l'échantillon.

On laisse refroidir et on place l'étuve dans l'incubateur à 37°C pendant 24h à 48h.

4. Procédure d'analyse pour les coliformes totaux, E- Coli, Streptocoques

fécaux

Type bactéries	Coliforme totaux	Escherichia- Coli	Streptocoque fécaux
Méthode	Filtration sur membrane	Filtration membrane	Filtration sur membrane
Types d'échantillons	Eau	Eau	Eau
Type milieu de culture	Gélose lactosée	Gélose lactosée	Slanetz et Bartley
Température d'incubation	37°C pendant 24H	44°C pendant 24H	37°C pendant 48H
Traitement de l'échantillon	Filtration direct de 50 mL de l'échantillon	Filtration direct de 50 mL de l'échantillon	Filtration direct de 50 mL de l'échantillon
Caractéristique des colonies formées.	Colonie de couleur jaune	Colonie de couleur jaune	Colonie de couleur rouge violacé
Unité	UfC/100mL	UfC/100mL	Uf C/100mL

ANNEXE III : PROTOCOLES DES ESSAIS DE FLOCCULATIONS ET DEMANDE EN CHLORE.

(SOURCE : JIRAMA)

IV-ESSAI DE FLOCCULATION (JAR-TEST)

1. **But :** Déterminer la nature et les doses de réactif (coagulant, flocculant ou adjuvant de flocculation, chaux) à utiliser pour assurer la clarification ou la déferrisation d'une eau.
2. **Principe:** Les essais consistent à apprécier la qualité de la flocculation en termes de turbidité minimale après introduction de quantité croissante de réactifs en solution dans 5 à 6 béchers de 0,5 à 1 litre.
3. **Matériels nécessaires :-** Flocculateur à vitesse réglable entre 0 et 150 tr/mn - Cinq à six vases de 1 litre - siphon - chrono ou montre -Matériels pour mesurer le pH, fer, Matières organiques -Turbidimètre -Agitateur.

Clarification de l'eau	
Sulfate d'Alumine (S.A.)	10g/l
Chaux en amont (CH.)	2g/l

Déferrisation	
Chaux (CH.)	10g.L ⁻¹

4. Réactifs

Mode opératoire

- Prélever l'eau brute dans un seau de 10 L. Noter son aspect.
- Mesurer la turbidité, le pH, le teneur en fer et éventuellement les matières organiques
- Remplir les béchers avec de l'eau brute agitée (500 mL ou 1000 mL).
- Brancher le flocculateur.
- A l'aide d'une pipette, introduire dans chaque bécher des quantités croissante de réactifs.
- Placer les béchers sur le flocculateur et abaisser les hélices dans l'eau.
- Effectuer une agitation rapide à 100 tr/mn pendant 2mn, puis une agitation lente à 40 tr/mn pendant 20mn. Noter le temps d'apparition des premiers floccs.

- Laisser décanter 10 à 15 mn. Noter la vitesse et la cohésion des boues.
- Siphonner la moitié de la hauteur d'eau de chacun des béchers.
- Contrôler le pH, la turbidité, le fer, les M.O. sur les eaux siphonnées.
- Noter chaque bécher selon la qualité de la floculation.

5. Expression des résultats :

Soient d_i : la dose de réactif dans chaque Bécher de 1 L (en mg/L)

v_i : le volume de réactif de concentration c g.L⁻¹ à ajouter dans chaque bécher (en mL)

Bécher N°	1	2	3	4	5	6
Doses de réactifs d_i (en mg.L ⁻¹)						
Volume de réactif v_i (en mL)						
Temps d'apparition des floes						
Aspect des floes (pas, peu visible, petit, moyen, gros)						
Turbidité eau décantée (E.D.)						
pH E.D.						
Fer E.D.						
M.O. E.D.						
Notation						

CONCLUSION :

La dose optimale de réactif est celle qui correspond à la meilleure notation (en général la meilleure note revient à la turbidité minimale). (t : taux d'ingrédient g/m³)

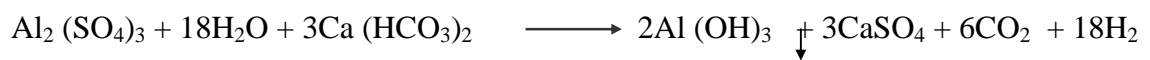
Remarque :

Le pH joue un grand rôle dans le traitement de l'eau

- Cas du S.A. :

- le pH de bonne floculation (6 à 7,2) correspond à la formation maximale du précipité de Al(OH)₃

- **Réaction chimique**



Pour avoir une bonne floculation, il faut que tout le S.A. s'hydrolyse sous forme de $\text{Al}(\text{OH})_3$

- D'où l'adjonction de chaux en amont pour avoir le maximum de $\text{Al}(\text{OH})_3$.
- Par expérience le taux de chaux varie entre 1/6, 1/5 ; 1/4 ; 1/3 du taux de SA

I- DEMANDE EN CHLORE

La dose d'hypochlorite de calcium nécessaire pour avoir une désinfection suffisante est déterminée par la demande en chlore. En cas de présence de matières azotées elle est déterminée au – delà du « Break Point ».

1. 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 est une droite si l'eau est exempte d'ammonium, par contre elle passe par un minimum appelé Break Point avant d'augmenter régulièrement.

Le taux de chlore optimal sera supérieur à ce taux minimal.

2. Réactifs :

- Hypochlorite de calcium 1g.L^{-1} (1 mL contient 1mg d'hypochlorite)
- Orthotolidine

3. Matériels :

- 6 récipients (Béchers de 1L, 500 mL ou 250mL)
- Pipettes de 1 mL ou 2 mL
- Compateur Hydrocure
- Plaquette chlore libre $0,1$ à 2mg.L^{-1}

4. Mode opératoire :

- Dans une série de 6 récipients d'un volume donné. Introduire V mL d'eau à désinfecter.
- Ajouter dans chacun d'eux à l'aide d'une pipette des quantités croissantes d'hypochlorite de calcium 1g L^{-1} .
- Agiter et couvrir chaque récipient d'une feuille de papier. Laisser en contact 30 mn.
- Agiter au milieu et à la fin de l'expérience.
- Mesurer le chlore résiduel dans les 5 Béchers.

5. Expression des résultats :

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

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

$$v_i = \frac{d_i \times V}{1000}$$

Résultats des essais :

Bécher N°	1	2	3	4	5	6
Doses d'hypochlorite d_i (en $mg.L^{-1}$)						
Volume d'hypochlorite versé v_i (en mL)						
Chlore résiduel Cl_2^* ($mg.L^{-1}$) après 30 mn de contact						

La dose optimale d'hypochlorite de calcium est choisie suivant l'état de propreté et la longueur du réseau. Le chlore résiduel en bout de réseau varie de 0,3 mg/l à 0,5 mg/l (en période de pluies et risque de choléra). Elle doit être supérieure au Break Point (Cl_2^* minimum) si l'eau contient de l'ammoniaque.

ANNEXE IV : QUESTIONNAIRES POUR LES ENQUETES

Au niveau du fokontany :

- 1) Quel est la superficie du Fokontany ?
- 2) Quel est le nombre de la population et de toits dans le Fokontany ?
- 3) Est-ce quel est le taux de mortalité et de natalité dans le Fokontany ?
 - 4) Quels sont les infrastructures existantes dans le Fokontany ?
 - 5) Nombre de population desservie par cette eau, % ?
 - 6) Est-ce qu'il y a des WC et douche public dans le Fokontany ?

Au niveau de la population :

- 1) Est ce l'eau est arrivée dans chaque ménage ?
- 2) Est-ce que vous payez de l'argent pour avoir de l'eau ?
- 3) Est-ce que l'eau est suffisante ?
- 4) Quels sont vos utilisations d'eau (préparation repas, toilette, lessive... ?) combien de litre par jour vous consommez ? (nb de seau 20l ou bidon de 20 litre)
- 5) Combien de temps mettez-vous pour prendre de l'eau au niveau de la borne fontaine ?
- 6) Quels sont les engrais chimiques que vous utilisez dans l'agriculture ?
- 7) Où vous jetez les excréments des animaux que vous élevez?
- 8) Quelle est la qualité de l'eau que vous buviez ? (goût, odeur, couleur par saison)
- 9) Est- que qu'il y a coupure d'eau ? si oui, durée de la coupure ?
- 10) Est- ce que vous buvez directement cette eau ou vous la bouillez ?
- 11) Est- ce que le débit de l'eau est suffisante pour vous ?
- 12) Où vos animaux d'élevage abreuvent-t-ils?
- 13) A quelle heure vous utilisez le plus d'eau ? est- ce suffisante ?
- 14) Qu'est- ce que vous cultivez dans les champs ?
- 15) Est-ce que vous rencontrez des maladies en buvant cette eau ?
- 16) Quel est votre emploi ?

Au niveau de l' hôpital :

- 1) Quelles sont les principales maladies rencontrées dans cette zone ?
- 2) Est-ce que la population se plaint en buvant cette eau ?
- 3) Quel est le nombre du personnel à l'hôpital ?
- 4) Quel est le nombre d'hôpital à Andramasina ?

Concernant les données à recueillir pour le rapport d'étude

- 1) Quel est le nom de l'organisme qui a mis en place ce système ?
- 2) En quelle année on a construit ce système ?
- 3) Quel est le besoin en eau de la population lors de la mise en œuvre de ce système et actuellement ?
- 4) Quel est le climat dans la zone ?
- 5) Quel est la végétation dans la zone ?
- 6) Quels sont la structure géologique ?
- 7) Où se trouve le réservoir par rapport au village desservi ?
- 8) Quel est la longueur de la conduite ?
- 9) Est-ce qu'on traite l'eau distribuée ?
- 10) Quel est le nombre de borne fontaine ?
- 11) Quel type de tuyaux utilisez- vous ?
- 12) Est- ce que vous nettoyez, désinfectez, et vidangez votre réservoir ?
- 13) Combien de techniciens spécialisés en gestion en eau surveillent le système ?
- 14) Est- ce que les techniciens sont bien payés pour gérer le système ?
- 15) Quel est le budget de la commune pour l'entretien du système chaque année ?
- 16) Est- ce qu'il y a des bailleurs de fond qui aide la commune pour entretenir le système ?

RAKOTOMANANA Ainanomenjanahary Ludovic

Mobile: 033 75 816 41, Email : Ludovicrakotomanana@gmail.com

HARIMANANIVO Tahirimaminjanahary

Mobile: 033 24 882 62

**Titre : « Contribution à la résolution du problème d’approvisionnement en Eau potable
- Cas de la commune d’Andramasina ».**

Nombre de pages : 51

Nombre de figure : 22

Nombre de tableaux : 15

RESUME

Les pays pauvres comme Madagascar sont jusqu’ à ce jour affrontés aux problèmes d’eau en quantité et en qualité. La commune d’Andramasina connaît un problème répétitif de maladies digestives et de surinfection des plaies depuis l’année 2010.

L’objet de notre recherche était en conséquence de savoir en quoi l’eau de distribution a un impact sur la santé communautaire d’Andramasina. La réalisation d’un diagnostic le long du réseau a fait ressortir un système en mauvais état depuis la source d’eau jusqu’à la distribution : ouvrage de filtration défaillant, réseau mal entretenu, absence de périmètres de protection, eau turbide (18NTU) et fortement contaminée par les matières organiques (3,8 mg.L⁻¹) et présence des streptocoques fécaux (648 UFC).

Nos principales recommandations d’amélioration consistent en la mise en place de périmètres de protection, la remise en état des différents ouvrages et réseaux et particulièrement le traitement des eaux : clarification et désinfection pour la rendre potable, éliminant ainsi les risques sanitaires pour les consommateurs.

Mots clés : Système AEPG, mal entretenu , eau contaminée, protection, traitement.

ABSTRACT

Poor countries such as Madagascar are up to date clashed with the water quantity and quality problems. The town of Andramasina knows a repetitive problem of digestive diseases and wound superinfection since 2010.

The purpose of our research was therefore to know what distribution of water has an impact on the Andramasina community health. Achieving a diagnosis along the network has revealed a system in poor condition from the water source to distribution, faulty filtration works, poorly maintained network, lack of protection perimeters, turbid water (18NTU) and highly contaminated with organic material (3 8mg.L⁻¹) and faecal streptococci (UFC 648).

Our main recommendations for improvement consist of the establishment of protection zones, rehabilitation of various structures and networks, particularly in water treatment: clarification and disinfection of water for drinking eliminating health risks for consumers.

Keywords: AEPG system, poorly maintained, contaminated water, protection, treatment.