

## **TABLE DES MATIERES**

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES.....</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>I – PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE .....</b>	<b>2</b>
I - 1 -Localisation de la zone d’étude .....	2
I – 2- Relief .....	3
I – 3 - Climat .....	3
I - 4 - Géologie.....	3
I - 5 - Hydrologie.....	4
I - 6 - Démographie .....	4
I - 7 - Activités économiques.....	4
I - 8 - Infrastructures existantes.....	4
<b>II - EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU DE LACOMMUNE RURALE D’AMBOHITRIMANJAKA</b>	
<b>ACTUELLES .....</b>	<b>5</b>
II – 1- Evaluation sur le plan quantitatif.....	5
II – 1 – 1 - Ressources en eau brute.....	5
II – 1 – 2 - Ressource en eau potable.....	5
II – 1 – 2 – 1 - Puits.....	6
II – 1 – 2 – 2 - Sources .....	7
II – 1 – 2 – 3 - Réseau de distribution .....	8
II – 2 - Catégorie de Consommation .....	9
II – 2 – 1 - Consommation domestique .....	9
II – 2 – 2 - Consommation industrielle.....	9
II – 2 – 3 - Consommation administrative et ou collective .....	10
II – 3 - Evaluation des consommations actuelles en eau potable de la commune.....	10
II – 4 - Evaluation sur le plan qualitatif .....	13
II – 4 – 1- Méthode d’échantillonnage .....	13
II – 4 – 2 - Mesure des paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologique .....	13

II – 4 – 3 - Résultats des analyses organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques .....	13
II – 4 – 3 – 1 - Résultats des analyses organoleptiques et physiques.....	14
II – 4 – 3 – 2 - Résultats des analyses chimiques de l’eau .....	15
II – 4 – 3 – 3- Résultats des analyses bactériologiques .....	17
<b>III - PREVISION D’APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA COMMUNE RURALE</b>	
<b>D’AMBOHITRIMANJAKA...</b> .....	<b>19</b>
III – 1 - Evaluation du nombre de population à l’horizon 2029 .....	19
III – 2 - Répartition spatiale de la population .....	20
III – 3 - Evolution des infrastructures à l’horizon 2029.....	21
III – 4 - Hypothèses de répartition des consommations.....	22
III – 5 - Evaluation des consommations en eau potable de la CRA à l’horizon 2029.....	23
III – 6 - Evaluation de besoin distribution et de production .....	25
III – 7 - Critères et caractéristiques de consommation.....	26
III – 7 – 1 - Besoins de pointes .....	26
III – 7 – 2 - Débit de Design.....	27
III – 8 - Perspective pour satisfaire le besoin en eau de la population à l’horizon 2029 .....	28
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>32</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>33</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>34</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Liste des infrastructures administratives et collectives existantes .....	10
Tableau 2 : Répartition de la population actuelle .....	11
Tableau 3 : Répartition de la consommation domestique actuelle .....	11
Tableau 4 : Répartition de la consommation administrative actuelle .....	12
Tableau 5 : Evaluation de la consommation moyenne actuelle ou besoin global actuel .....	12
Tableau 6 : Coordonnées géographiques du site de prélèvement .....	13
Tableau 7 : Résultats des analyses organoleptiques et physiques .....	14
Tableau 8 : Quantité des éléments chimiques présents dans l'eau.....	15
Tableau 9 : Résultats d'analyses bactériologiques des différents points d'eau.....	17
Tableau 10 : Evaluation de la population à l'horizon.....	20
Tableau 11 : Caractéristiques de l'occupation du sol.....	21
Tableau 12 : Répartition spatiale de la population .....	21
Tableau 13 : Hypothèses d'extensions des infrastructures .....	22
Tableau 14 : Hypothèses de répartition des consommations.....	23
Tableau 15 : Répartition des consommations domestique et industrielle .....	24
Tableau 16 : Répartition de la consommation administrative .....	24
Tableau 17 : Evaluation de la consommation moyenne totale ou besoin global .....	25
Tableau 18 : Evaluation du besoin en distribution.....	25
Tableau 19 : Evaluation du besoin en production.....	26
Tableau 20 : Evaluation des besoins de pointes journalier et horaire .....	27
Tableau 21 : Récapitulation des catégories et caractéristiques de consommation ou besoin.....	27
Tableau 22 : Résultats des analyses d'Ikopa en tant qu'eau brute.....	29
Tableau 23 : Résultats des analyses organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques d'Ikopa après traitement.....	30

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Localisation de la Commune Rurale d'Ambohitrimanjaka .....	2
Figure 2 : Puits .....	6
Figure 3 : Source.....	6
Figure 4 : PPMH .....	6
Figure 5 : Borne fontaine.....	6
Figure 6 : Puits .....	7
Figure 7 : Sources .....	7
Figure 9 : Représentation des axes de distribution de l'ESL .....	8

## **LISTE DES ANNEXES**

ANNEXE 1 : Fiche d'enquête.....	34
ANNEXE 2 : Répartition des points d'eau en 2014.....	35
ANNEXE 3 : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX .....	35
ANNEXE 4 : JAR - TEST .....	41

## LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

**AEPG** : Adduction d'Eau Potable par Gravité  
**AEPP** : Adduction d'Eau Potable par Pompage  
**ASR**: Anaérobies Sulfite-Réducteur  
**C** : Conductivité Electrique  
**Cl<sub>2</sub> Résiduel** : Chlore résiduel  
**Cl<sup>-</sup>** : Chlorure  
**CT** : Coliformes Totaux  
**°F** : degré Français  
**E Coli** : Escherichia Coli  
**Fe** : Fer  
**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Bicarbonate  
**Inc** : Indénombrable  
**L.j<sup>-1</sup>hab<sup>-1</sup>** : litre par jours par habitant  
**L.s<sup>-1</sup>** : litre par seconde  
**mg.L<sup>-1</sup>** : milligramme par litre  
**Min** : Minéralisation  
**MO** : Matières Organiques  
**m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>** : mètre cube par jours  
**μS.cm<sup>-1</sup>** : micro Siemens par Centimètre  
**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Ammonium  
**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrite  
**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitrate  
**NTU** : Néphélométric Turbidity Unit  
**PPMH** : Puits équipé du Pompe à Motrice Humaine  
**SF** : Streptocoques Fécaux  
**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : Sulfate  
**T** : Turbidité  
**TA** : Titre Alcalimétrique  
**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet  
**TH** : Titre hydrométrique  
**TH<sub>Ca</sub><sup>2+</sup>** : Dureté calcique ou Titre hydrométrique en calcium  
**T°** : Température  
**UFC** : Unité Formant Colonie

# INTRODUCTION

L'eau est l'élément vital des écosystèmes qui comprennent les forêts, les lacs et les zones humides dont dépendent la sécurité alimentaire et la nutrition des générations présentes et futures. Pourtant, la quantité et la qualité de l'eau sont loin d'être suffisantes dans les pays en développement. Pour Madagascar, la ressource en eau est inégalement répartie et les besoins en eau se manifestent souvent à quelques distances des ressources. En milieu rural, seuls 36 % de la population ont accès à l'eau potable <sup>[1]</sup>. De plus, le manque en assainissement de base rend la situation inéquitable <sup>[1]</sup>. Cependant, l'un des Objectif du Millénaire pour le Développement (OMD) vise à réduire de moitié la population n'ayant pas accès à l'eau potable et à un assainissement de base adéquat <sup>[2]</sup>.

Beaucoup de projet, d'étude, de recherche et de travaux ont été réalisés et fait par divers organismes et entreprises afin d'introduire l'eau potable dans la Commune Rurale d'Ambohitrimanjaka. Pourtant, il n'y a qu'un seul réseau de distribution d'eau par Pompage, à titre privé Entreprise SOIE - LANDY, quelques puits améliorés et sources protégées dans la commune. Cependant, ces ressources sont mal réparties, insuffisantes et la qualité de l'eau consommée n'est pas encore étudiée alors que la croissance démographique est très élevée.

C'est dans ce contexte que ce mémoire s'inscrit. Les objectifs de ce travail sont de caractériser les ressources en eau et d'évaluer les besoins en eau la commune rurale d'Ambohitrimanjaka.

Ce rapport de mémoire comporte trois (3) parties. La première présente les généralités, la seconde décrit l'évaluation des ressources en eau de la commune rurale d'Ambohitrimanjaka actuelles, et la troisième partie présente la prévision de l'approvisionnement en eau de la commune.

# I – PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE

L’eau assure la survie et le développement de l’espèce. La disponibilité en eau est souvent conditionnée par les conditions du milieu. Cette partie présente quelques informations sur les conditions physiques et humaines de la zone d’étude Commune rurale d’Ambohitrimanjaka et sur l’eau <sup>[3]</sup>.

## I - 1 -Localisation de la zone d’étude

La Commune Rurale d’Ambohitrimanjaka se trouve entre 18°51’03” latitude sud, 47°26’48,51” longitude est, et se situe à 1,249 m d’altitude (figure 1). La zone d’étude se trouve dans la commune rurale d’Ambohitrimanjaka, District Ambohidratrimo, Région Analamanga.

La commune rurale d’Ambohitrimanjaka est située à 12 km à l’ouest de la Capitale en empruntant la RN 58 A (Route digue RN 4) d’abord et en bifurquant à gauche au croisement appelé Antsampanana.

Elle s’étend sur une superficie de 21,765 km<sup>2</sup> (7,08 km<sup>2</sup> habitable), limitée au nord par la Commune d’Antehiroka, au sud par la Commune d’Ankadimanga, à l’est par la Commune d’Ambohimanarina et à l’ouest par la Commune d’Ampangabe (figure 1) <sup>[4]</sup>.



Figure 1 : Localisation de la Commune Rurale d’Ambohitrimanjaka

## **I – 2- Relief**

L'altitude de la commune d'Ambohitrimanjaka oscillant entre 1240 m et 1800 m. Ceci la place géographiquement dans le bastion des hauts plateaux Malgaches, plus précisément au sein du grand Tana.

Dans son ensemble, le paysage fait ressortir un dualisme entre des cadres montagneux et des plaines alluvionnaires et est fortement façonné par les cours d'eau venant de l'est qui dévalent toute la zone. En effet, aux massifs de l'est s'opposent les plaines alluvionnaires en partie marécageuses à l'Ouest, dépressions aux contours digités dotés d'importantes potentialités agricoles qui sont elles aussi entrecoupées par des collines.

L'immense plaine ayant la forme d'un carré résulte des dépôts de sédiments de tous les cours d'eau composés en partie par les fleuves Ikopa et Sisaony respectivement au nord et au sud, et ses affluents. Ces derniers prennent source sur les hautes terres serpentant dans la plaine tout en dessinant des méandres et vont enfin aboutir au seuil rocheux de Bevomanga qui forme en quelque sorte un goulot d'étranglement freinant l'écoulement des eaux, et favorisant ainsi la formation d'alluvions accumulées qui ont été aménagées en rizières.

D'une manière générale, la commune d'Ambohitrimanjaka est constituée d'un paysage hétérogène. Les plaines et vallées entourent les collines sur les flancs où sont en aval des pentes desquelles juche une mosaïque de villages et de hameaux caractéristiques des hauts plateaux d'Imerina.

## **I – 3 - Climat**

La zone d'étude est soumise à un climat de type tropical semi aride, présentant deux saisons bien distinctes : une saison sèche qui s'étale du mois d'avril au mois d'octobre l'été, et une saison pluvieuse du mois de novembre au mois d'avril. Ces deux saisons sont séparées par un printemps à peine perceptible de courte durée : du mois de septembre au mois d'octobre.

La température moyenne annuelle est d'environ 18,9 °C ; en hiver (frais), la température varie de 10 °C à 20 °C et de 20 °C – 30 °C en été (chaud). Le nombre total annuel des jours de pluie est d'environ 92 jours avec une précipitations  $\leq 1100$  mm

## **I - 4 - Géologie**

La commune rurale d'Ambohitrimanjaka est composée par des sols ferralitiques susceptibles d'engendrer de la latérite, plus ou moins dégradé. Au bord des fleuves se trouve des baiboho et tanimbary fertiles avec forte dominance de kaolinite (argile) d'où la potentialité de la fabrication des briques et de la tuilerie.

### **I - 5 - Hydrologie**

A part les eaux de précipitation, les nappes d'eau souterraines, et les eaux de surfaces stagnantes (étangs), etc., les fleuves d'Ikopa et de Sisaony sont les remarquables, qui limitent respectivement au nord et au sud la commune rurale d'Ambohitrimanjaka.

### **I - 6 - Démographie**

Avec un taux accroissement interannuel de 4,08%, actuellement, la population de la Commune rurale d'Ambohitrimanjaka est environ 44560 habitants (densité : 20 habitants par hectare) repartis dans 25 fokontany, 95 secteurs et dans 10127 ménages (4,4 habitants par ménage). 38068 habitants de la population sont groupés et 6492 habitants dispersés.

### **I - 7 - Activités économiques**

En générale, la commune pratique l'agriculture, l'élevage, l'artisanat, la pêche, la briqueterie, la maçonnerie, et exploite les sables de rivière et la carrière de granite,... comme activité économique.

### **I - 8 - Infrastructures existantes**

La commune rurale d'Ambohitrimanjaka possède 2 barrages de retenue et sept 7 régulateurs d'irrigation comme infrastructures hydro-agricoles. Elle dispose 88 établissements scolaires, 14 infrastructures socioculturelles (tranompokonolona, bibliothèque, salle d'œuvre confessionnelle, infrastructures d'accueil). Elle possède 9 terrains de sports, 2 CSB II et 5 dépositaires de médicaments, un marché public. Un pont dur à l'entrée de la commune et 10 traditionnels, 49,600 km de route et piste, 7 infrastructures touristiques, 32 églises et un poste avancé de la gendarmerie pour la sécurité, etc.

Dans la commune le transport est assuré par quatre coopératives des passagers à partir de la capitale. La JIRAMA est parvenue à la commune pour l'approvisionnement en électricité.



## **II - EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU DE LACOMMUNE RURALE D'AMBOHITRIMANJAKA ACTUELLES**

L'évaluation des ressources en eau est la détermination continue de leur emplacement, de leur étendue, de leur disponibilité et de leur qualité ainsi que des activités humaines dont elles subissent l'influence <sup>[5]</sup>. Dans Bachelor 2005 <sup>[6]</sup>, l'évaluation des ressources en eau est décrite comme étant l'«étude systématique de la situation actuelle et des tendances futures concernant tant les ressources en eau que les services d'approvisionnement en eau, l'accent étant mis en particulier sur la disponibilité, l'accessibilité et la demande».

### **II – 1- Evaluation sur le plan quantitatif**

Sur le plan quantitatif, il s'agit de dénombrer et de recenser les différentes ressources existantes dans la commune. Des enquêtes et prospections sur les différents fokontany ont été réalisées (Annexe 1 : Fiche d'enquête). Ainsi, les ressources en eau brute et les ressources en eau potable sont évaluées.

#### **II – 1 – 1 - Ressources en eau brute**

L'enquête et la prospection sur terrain a montré que la commune rurale d'Ambositrimanjaka dispose des nappes phréatiques issues de l'infiltration et du ruissellement des eaux de pluie, alimentant quelques puits et sources pour divers usages. En creusant sur la partie inférieure (rizière, baiboho), le niveau statique des aquifères est en général au même niveau d'Ikopa (environ 1247m d'altitude) et de Sisaony.

A titre d'usage autres que ménagère comme l'abreuvement des bœufs, la construction des quelques infrastructures, l'irrigation, l'arrosage des cultures maraîchère, la fabrication des briques et des tuiles, les habitants utilisent les fleuves Ikopa et Sisaony, des étangs, etc.

#### **II – 1 – 2 - Ressource en eau potable**

La commune dispose des puits, des sources aménagées et un réseau de distribution comme source d'approvisionnement en eau (potable) (figure 3, 4, 5, 6).

On distingue, 1331 puits individuels (traditionnels, modernes), 85 sources communautaires, 06 puits améliorés (Puits équipé de Pompe à Motrice Humaine) par le ROTARY CLUB et le SOROPTIMIST, et 204 abonnées et 7 bornes fontaines branchés par l'Entreprise Soie-Landy (E.S.L.).



**Figure 2 : Puits.**



**Figure 3 : Source**



**Figure 4 : PPMH**



**Figure 5 : Borne fontaine**

Ces points d'eau sont très mal repartis au niveau de la commune (Annexes 2 : Répartition des points d'eau)

## **II – 1 – 2 – 1 - Puits**

Le puits est un ouvrage généralement creusé manuellement pour capter la nappe. Il faut faire une distinction entre puits traditionnels et modernes ou améliorés. Par convention, on considère comme modernes ou améliorés tous les puits réalisés avec béton et ferrailage (AEPP, AEPPG, PPMH), que ce soit des puits entièrement busés, ou des puits cuvelés et busés. Par opposition, les puits à parois nues ou cuvelés avec des imbrications de pierres ou briques sont considérés comme traditionnels.

Les puits ont des diamètres intérieurs qui varient de 0,80 m à 1,30 m, leurs profondeurs varient de 3 m à 15 m ( $2\text{ m} < \text{niveau statique} < 10\text{ m}$ ) et d'autres dépassent rarement une quinzisième de mètre. Beaucoup de ces puits se tarissent en période d'été.

En générale, le puisage se fait en utilisant de la corde. Quelques uns profitent de la poulie.

La majorité de ces puits sont traditionnels et non protégés (sans clôture, sans porte et d'autre sans couvercle). Plusieurs sont à une distance moins de 15m de la WC (figure 6). Quelques puits se trouvent à 10 m de la rizière.



**Figure 6 : Puits**

## **II – 1 – 2 – 2 - Sources**

Une source, c'est l'émergence naturelle d'une nappe d'eau souterraine qui apparaît d'une manière localisée ou diffuse à la surface du sol <sup>[7]</sup>.

Pour la commune d'Ambohitrimanjaka, les sources sont toutes aménagées. Il s'agit des aménagements simples qui consistent à capter le maximum du filet d'eau qui émerge, de le concentrer dans un ouvrage de maçonnerie (réservoir sans filtre) qui pourra se vider par un trop plein. La plupart, lorsqu'elles fournissent de bons débits et sont situées à une altitude favorable (en période de pluie), pourront être exploitées pour des mini réseaux d'adduction d'eau potable gravitaires où on aura des bornes fontaines pour desservir les populations actuelles. En période d'étiage, leur débit diminue jusqu'à  $12 \text{ L} \cdot 4\text{min}^{-1}$  ou  $0,05 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$  et d'autres se tarissent.

Pourtant, la majorité n'est pas protégée (à ciel ouverte, sans clôture) et se trouvent au bord de la rizière. Quelques sources se situent à une distance moins de 13m de la WC et de l'étable (figure7).



**Figure 7 : Source**

## II – 1 – 2 – 3 - Réseau de distribution

Le réseau de distribution est un ensemble des conduites et d'équipements organisés pour permettre la circulation et la distribution de l'eau potable vers la population d'une collectivité ou de plusieurs collectivités.

A Ambohitrimanjaka, une entreprise distribue de l'eau dans quelques fokontany (Axe Fiakarana à Mahitsy, axe Antsahafohy à Miadana : figure 8 <sup>[8]</sup>) durant 15 ans. La distribution se fait par Pompage (A.E.P.P), et par Gravitaire (A.E.P.G) à l'aide des réservoirs de distribution implantés à 4m dont un réservoir mesure 5 m<sup>3</sup> et deux autres 10 m<sup>3</sup>. Le débit maximal du réseau de distribution est de 0,25 L.s<sup>-1</sup>.

Le captage se fait par un forage de grande ouverture (environ 4 m de diamètre) sur la rizière. Sa profondeur est environ de 10 m, tels que les deux 2 m supérieurs sont respectivement en argile et en tourbe composé de charbon de terre, et les 6 m dans la partie inférieure sont des chaux blanches. La source débite 0,31 L.s<sup>-1</sup> à 0.63 L.s<sup>-1</sup> en fonction de la saison. Cependant, l'eau ne subit que par de traitement physique par décantation naturelle à l'aide des 3 bassins à ciel ouvert et à différents niveaux avant de pomper à 4bars par une pompe à moteur alimenté par le courant de JIRAMA. En période de pluie, l'eau se trouble.

Des études d'extension de distribution sur les parties qui n'ont pas encore bénéficiées sont déjà élaborées par l'entreprise.



Figure 8 : Représentation des axes de distribution de l'ESL



## **II – 2 - Catégorie de Consommation**

Il existe trois (3) catégories de consommation d'eau.

### **II – 2 – 1 - Consommation domestique**

Ce sont les consommations en eau de la population branché et non branchée au réseau mais qui profite des bornes fontaines pour s'alimenter en eau. Il s'agit donc de l'eau utilisée pour les besoins personnels d'alimentation et d'hygiène, et autres utilisations moins essentielles comme le lavage de biens, l'arrosage,... mais y compris aussi la consommation des petits cheptels domestiques (porcs, poules, canards, oies) et des petites industries (snack, gargote, hôtel,...).

La consommation domestique moyenne est rapportée au nombre d'habitants, elle est alors exprimée en  $L.j^{-1}.hab^{-1}$  (dotation). Cette consommation varie en fonction de plusieurs paramètres. D'autre part, elle évolue en fonction du temps en liaison avec l'évolution du niveau de vie.

Les besoins domestiques d'une agglomération sont estimés sur la base :

- des données statistiques qui concernent la consommation moyenne et son évolution annuelle ainsi le nombre total d'habitants et le taux annuel d'accroissement de la population,
- en comparaison avec d'autres agglomérations qui sont jugées comparables, surtout en ce qui concerne le niveau de vie et le climat, et pour lesquelles les données statistiques sont disponibles. Une petite enquête permet alors de connaître le nombre d'habitants.

L'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S) fixe la consommation moyenne domestique entre 20 à 50  $L.j^{-1}.hab^{-1}$  [9].

### **II – 2 – 2 - Consommation industrielle**

Pour la plupart des industries, l'eau est un facteur de production. Elle peut être utilisée comme matière première, et être incorporée au produit fini, ou intervenir comme auxiliaire au cours de processus de fabrication. Les utilisations industrielles de l'eau sont très diversifiées et dépendent du type de l'industrie et des procédés de fabrication utilisés.

En général, on ne tient compte que des besoins des petites industries, qui consomment de l'eau potable et branchées sur le réseau.

La dotation industrielle est définie par la consommation industrielle rapportée sur la population autre que villa de l'agglomération. Dans la Commune Rurale Ambohitrimanjaka, où le type d'industrie n'est pas défini (futur parc industriel), on prévoit  $D_{ind} = 2 L.j^{-1}.hab^{-1}$ .

### **II – 2 – 3 - Consommation administrative et ou collective**

Cet usage englobe la consommation des administrations, des établissements d'enseignements et médicaux, des municipalités, terrain (des équipements socio-économiques)

### **II – 3 - Evaluation des consommations actuelles en eau potable de la commune**

L'estimation du besoin en eau est délicate. Elle peut varier entre régions ou même au sein de la même agglomération en fonction de temps. La consommation en eau varie beaucoup selon les conditions locales et reflète d'une certaine façon le niveau de vie d'une population.

L'estimation du besoin en eau est basée sur la consommation journalière moyenne d'un homme pour chaque type d'agglomération : c'est ce qu'on appelle aujourd'hui « dotation ». L'exploitation des données statistiques (collectées par des enquêtes) relatives à la production, à la distribution, et aux consommations par catégorie permettra de dégager des informations précieuses pour l'évaluation de différente dotation et leur évolution dans le temps.

L'évaluation des besoins globaux nécessite un recensement complété par une étude monographique portant les données démographiques, les données économiques, et les équipements socio-économiques et le plan d'aménagement de la commune.

Dans la Commune Rurale d'Ambohitrimanjaka, les infrastructures administratives existantes et la répartition de la population actuelle sont respectivement présentés dans le tableau 1 et le tableau 2.

**Tableau 1 : Liste des infrastructures administratives et collectives existantes**

<b>Infrastructures</b>	<b>Quantités</b>
Maison communale	1
Toilette publique	1
Temples	32
Marché public	1
Ecoles	88
CSB II	2
Gendarmerie	1
Terrains de sport	9
Ateliers*	7
Site Touristique	8

\* **Ateliers**: Section d'une entreprise constituée d'un ensemble d'ouvriers qui travaillent à la même tâche (garages, vulca, usines de décortication du riz, industrie de menuiserie de bois, industrie de menuiserie métallique, artisanats,...).

**Tableau 2: Répartition de la population actuelle**

Caractéristiques	Taux de répartition	Population 2019
Totale	100%	44560
Villa	10%	4456
Autres que villa	90%	40104

Connaissant les données démographiques avec sa répartition et les infrastructures administratives existantes, la répartition de la consommation domestique et la consommation administrative actuelle sont évaluées par les formules (1) et (2) et respectivement présentées dans le tableau 3 et le tableau 4.

$$V_{dom} = \sum_{h=ESL}^{NESL} (P_h * D_h) \quad (1)$$

Avec : -  $V_{dom}$  : Consommation domestique actuelle(en  $m^3.j^{-1}$ ),

-  $h$  : approvisionnée par l'ESL, ou Non approvisionnée par l'ESL (Villa ou autres),

-  $P$  : population actuelle ( $hab$ ),

-  $D$  : dotation ( $L.j^{-1}.hab^{-1}$ );

$$V_{adm} = \sum (D_{adm} * IA) \quad (2)$$

Avec : -  $V_{adm}$  : consommation administrative ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $D_{adm}$  : dotation ou consommation unitaire des IA ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $IA$  : nombre de l'infrastructure administrative.

**Tableau 3: Répartition de la consommation domestique actuelle**

Approvisionnements	Populations actuelle ( $hab$ )	Dotations ( $L.j^{-1}.hab^{-1}$ )	Consommations ( $m^3.j^{-1}$ )
Approvisionnée par l'ESL	1329	25,08	33,33
Villa Non Approvisionnée par l'ESL	4323	100	432,31
Autres Non Approvisionnée par l'ESL	38908	16,25	632,25
<b>Totale</b>	<b>44560</b>	<b>24,64</b>	<b>1097,89</b>

**Tableau 4 : Répartition de la consommation administrative actuelle**

<b>Equipements administratifs existants</b>	<b>Quantité</b>	<b>Unité</b>	<b>Consommation unitaire (<math>m^3.j^{-1}</math>)</b>	<b>Consommation (<math>m^3.j^{-1}</math>)</b>
<b>1-) Ecole</b>	11137	élèves	0,0002	2,23
Temple	32	u	0,05	1,60
Marché	1	u	1	1,00
<b>2)- Services publiques*</b>		u	4	4,00
<b>Consommation administrative Actuelle</b>				<b>8,83</b>

\* *Services publiques* : maison communale, dispensaire/CSBII, toilette publique, gendarmerie, ateliers, sites touristiques...

Ayant évalué les différentes consommations ci-dessus, la consommation moyenne totale ou besoin global actuel est estimée par la formule (3) et illustré dans le tableau 5.

$$V_{cons} = \sum_{h=ESL}^{NESL} (P_h * D_h) + \sum (D_{adm} * EA) \quad (3)$$

$$\text{ou : } V_{cons} = V_{dom} + V_{adm}$$

Avec :  $V_{cons}$ : Consommation moyenne actuelle ( $m^3.j^{-1}$ ).

**Tableau 5 : Evaluation de la consommation moyenne actuelle ou besoin global actuel**

<b>Catégories / Unités</b>	<b><math>m^3.j^{-1}</math></b>	<b><math>L.s^{-1}</math></b>
Consommation Domestique	1097,89	12,71
Consommation administrative	8,83	0,10
<b>Besoin Global Actuel</b>	<b>1106,72</b>	<b>12,81</b>

Actuellement, la dotation moyenne actuelle de la commune rurale d'Ambohitrimanjaka est de 24,64 à 24,84  $L.j^{-1}$ . Les ressources en eau de la commune, surtout en période d'été, ne sont pas suffisantes pour répondre à ces besoins ; plus, les qualités des ressources sont constatées dans les paragraphes suivants.



## **II – 4 - Evaluation sur le plan qualitatif**

Pour le plan qualitatif, des analyses physico-chimiques et bactériologiques dans les laboratoires d'analyses du JIRAMA à Mandrozeza ont été effectuées pour connaître les caractéristiques des eaux, d'étudier sa potabilité, et pour pouvoir analyser les mécanismes d'acquisition de sa minéralisation.

### **II – 4 – 1- Méthode d'échantillonnage**

Le prélèvement a été effectué en deux saisons (avril 2015 : étiage et janvier 2019 : pluie) dans quelques points d'eau de la commune. Au total, quatre points d'eau ont été choisis pour les analyses.

Les échantillons d'eaux ont été prélevés avec des flacons stériles (verre et plastique) bien vissés puis ramenés au laboratoire pour les analyses physiques, chimiques et microbiologiques le lendemain. Le tableau 6 présente les coordonnées géographiques du site de prélèvement <sup>[10]</sup>.

**Tableau 6 : Coordonnées géographiques des sites de prélèvements**

<b>Périodes de prélèvements</b>	<b>En période d'étiage</b>				<b>ESL en période de pluie</b>	
<b>Sites de prélèvements</b>	Source communautaire	Puits individuel	PPMH CSB2	BF ESL au Milieu	BF Tête de réseau	BF Bout de Réseau
<b>Latitudes Sud</b>	18°52'04''	18°52'02''	18°51'57''	18°51'54''	18°51'47''	18°52'01''
<b>Longitudes Est</b>	47°27'02''	47°27'	47°26'40''	47°27'11''	47°27'06''	47°27'41''
<b>Altitudes</b>	1260 m	1270m	1281 m	1282 m	1272 m	1267 m

### **II – 4 – 2 - Mesure des paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologique**

Les principes de mesure de ces paramètres sont en annexe 3.

### **II – 4 – 3 - Résultats des analyses organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques**

De nombreux éléments présents dans l'eau ont une origine naturelle et varient dans le temps et dans l'espace (en provenance des roches, du sol, de l'air), s'y ajoutent les apports résultants des activités humaines.

La concentration maximale recommandée <sup>[11]</sup> de ces éléments représente un but à atteindre : une eau dont les caractéristiques s'accordent avec ces concentrations peut être considérée comme d'excellente qualité. La concentration maximale admissible est la quantité maximale de substance à tolérer ; des teneurs supérieures peuvent être dangereuses pour la santé.

Si l'une quelconque des substances en cause est présente dans l'eau à une concentration supérieure, l'eau doit être considérée comme impropre à l'usage domestique.

En suivant les principes et modes opératoires pour chaque mesure des paramètres, on obtient les résultats suivants qui sont les caractéristiques des points d'eau d'approvisionnement en eau de la commune.

## II – 4 – 3 – 1 - Résultats des analyses organoleptiques et physiques

Le tableau 7 montre les résultats d'observation de la qualité de l'eau d'après les analyses organoleptiques et physiques qu'ont été faites.

**Tableau 7 : Résultats des analyses organoleptiques et physiques**

Paramètres	Unité	En période d'été				ESL en période de pluie		Norme Malgache
		Source communautaire	Puits individuel	PPMH CSB2	BF ESL	BF Tête de réseau	BF Bout de Réseau	
Couleur		incolore	Incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore
Odeur		absence	Absence	absence	absence	absence	absence	absence
Saveur		absence	Absence	absence	absence	absence	absence	absence
Turbidité	NTU	8,71	3,49	1,73	2,11	1,92	1,92	< 5 NTU
pH		6,43	6,93	7,26	6,67	6,59	6,61	6,5 à 9
T°	°C	22,9	22,3	22,2	22,1	23,7	24,2	< 25 °C
Conductivité	µS. cm <sup>-1</sup>	203	105,2	51	143,4	68,3	66	< 3000µS. cm <sup>-1</sup>
Minéralisation	mg.L <sup>-1</sup>	188	98	47	133	64	62	

En générale, les paramètres organoleptiques de ces ressources de la commune sont compatibles à la norme Malgache. La couleur, l'odeur, et la saveur de l'eau ont des significations sanitaires et leur dégradation peut indiquer la pollution qui perturbe la qualité

de l'eau. Touchant la turbidité de l'eau, les puits communautaire dépassent la norme qui est 8,71 NTU supérieure à la norme Malgache inférieure à 5 NTU. En effet, cette valeur élevée peut être due à l'emplacement du point d'eau qui est proche de la rizière. Elle est signe de la contamination de l'eau qui est souvent associés à de hauts niveaux de microorganismes.

L'analyse du pH a montré que l'eau dans la commune est proche de la neutralité (pH entre 6,4 à 7,26). Ces valeurs suivent en général la norme de qualité Malgache qui est comprise entre 6,5 et 9. La température et conductivité de l'eau suit la norme. La température l'eau est comprise entre  $20\text{ }^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , l'eau est hypothermale, cette variation de température suit la norme Malgache. En effet, cette température dépend du cycle thermique saisonnier. En période d'étiage, la conductivité est comprise entre  $51\text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$  et  $203\text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$ , ainsi la minéralisation est moyenne pour les trois points d'eau. Pourtant pour le point d'eau du CSBII, la conductivité est de  $51\text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$  à  $22,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ceci indique une faible minéralisation ( $47\text{ mg.L}^{-1}$ ). La période de pluie diminue la conductivité  $66\text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$  et  $68,3\text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$  pour l'ESL en raison de la dilution.

#### **II – 4 – 3 – 2 - Résultats des analyses chimiques de l'eau**

Certains paramètres chimiques ne peuvent pas être mesurés faute de matériels d'analyse. Les résultats des analyses chimiques des eaux sont dans le tableau ci-après.

**Tableau 8 : Quantité des éléments chimiques présents dans l'eau**

Paramètres	Unité	En période d'étéage				ESL en période de pluie		Norme Malgache
		Sourcecommu-nautaire	Puits individuel	PPMH CSB2	BF ESL	BF Tête de réseau	BF Bout de Réseau	
<b>Dureté TH</b>	°F	10,5	8,2	5,5	12,2	1,9	2	< 500 mg.L <sup>-1</sup> CaCO3
<b>TH<sub>Ca</sub><sup>2+</sup></b>	°F	6,5	4	4,6	8,2	1,4	1,3	200mg.L <sup>-1</sup>
<b>TA</b>	°F	0	0	0	1,1	0	0	
<b>TAC</b>	°F	0,3	1	1,8	0	1,5	1	
<b>MO</b>	mg.L <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0,15	0,1	< 2 mg.L <sup>-1</sup> (milieu alcalin)
								< 5 mg.L <sup>-1</sup> (milieu acide)
<b>Fe Total</b>	mg.L <sup>-1</sup>	0,02	0	0	0			< 0,5 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Cl<sup>-</sup></b>	mg.L <sup>-1</sup>	31,95	10,65	9,23	21,3	7,1	9,94	< 250 mg.L <sup>-1</sup>
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	mg.L <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	< 250 mg.L <sup>-1</sup>
	mg.L <sup>-1</sup>	0,029	0,033	0,017	0,047	0	0	< 0,5 mg.L <sup>-1</sup>
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	mg.L <sup>-1</sup>	0	0	0	0,001	0,001	0,005	< 0,1 mg.L <sup>-1</sup>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	mg.L <sup>-1</sup>	0,008	0,98	0,22	0,86	14,707	15,948	< 50 mg.L <sup>-1</sup>
<b>Cl<sub>2</sub> résiduel</b>	mg.L <sup>-1</sup>	0	0	0	0	0	0	< 2/20 mg.L <sup>-1</sup>

$$TH = TH_{Ca}^{2+} + TH_{Mg}^{2+} ; 1^{\circ}F TCA = 12,2 \text{ mg.L}^{-1} HCO_3^{-} ; 1^{\circ}F (Ca^{2+}) = 4 \text{ mg.L}^{-1} ; 1^{\circ}F (Mg^{2+}) = 2,43 \text{ mg.L}^{-1}$$

D'après ces résultats, les teneurs en éléments minéraux tels que le fer, le calcium et le magnésium, le sulfate, l'ammonium, le nitrate, le nitrite suivent en générales les normes de conformité. Pourtant, les eaux de l'ESL ont la quantité le plus élevés en nitrate et nitrite ; cela est dû au captage implanté dans la rizière. La source communautaire est la plus riche en chlorure. Il n'y a pas de norme concernant le titre alcalimétrie de l'eau, cependant la valeur du TAC est comprise entre 0 à 1,8 °F.

Toutes ces eaux sont exemptes de chlore résiduel : signe de contamination microbienne.

#### II – 4 - 3 – 3- Résultats des analyses bactériologiques

Le tableau 9 montre les résultats des analyses microbiologiques des différents points d'eau de la commune.

**Tableau 9 : Résultats des analyses bactériologiques des différents points d'eau**

Types de germe	Unité	En période d'été				ESL en période de pluie		Norme Malgache
		source communautaire	Puits individuel	PPMH CSB2	BF ESL	BF Tête de réseau	BF Bout de Réseau	
Coliformes Totaux par 100 mL	UFC	720	320	< 1	< 1	160	290	0/100mL
E Coli par 100 mL	UFC	240	260	< 1	< 1	160	290	0/100mL
Streptocoques Fécaux par 100 mL	UFC	68	96	< 1	< 1	<1	<1	0/100mL
Anaérobies Sulfito-Réducteurs par 20mL	UFC	(inc)	inc	inc	inc	inc	12	< 2/20mL

En voyant ces résultats, presque les points d'eau sont contaminés par tous les types de germes durant toute la période.

Concernant la contamination en coliformes, la source communautaire est la plus contaminée en coliformes totaux parmi les différents points d'eau (taux coliforme totaux = 720 UFC par 100 mL) suit le puits individuel (320 UFC par 100 mL). Par contre, le puits individuel est plus contaminé en *escherichia coli* (260 UFC), suit la source communautaire (240 UFC par 100 mL). La borne fontaine de l'ESL en bout de réseau durant la période de pluie présente également un nombre élevé de ces germes (290 UFC par 100 mL).

Parmi les quatre points d'eau, le puits individuel et la source communautaire présentent un nombre élevé de Streptocoques fécaux respectivement 96 et 68 UFC par 100 mL.

Le puits de CSB2 et la borne fontaine de l'ESL en période d'étiage sont les moins contaminés par les trois types de bactéries (CT, E Coli, SF) avec un taux inférieur à 1 UFC, ainsi que les bornes fontaines en période de pluie pour les streptocoques fécaux.

Les bactéries du type anaérobies sulfito-réducteurs sont présentes en grandes quantités dans les 4 points d'eau.

Cette forte contamination peut être due à l'emplacement de ces points d'eau qui est proche de la rizière et de l'étable pour la source communautaire et la borne fontaine de l'ESL, et proche de W.C et la faible profondeur de la nappe (nappe phréatique) pour le puits individuel. En effet ces bactéries se trouvent dans les matières fécales humaines ou animale et dans tous les milieux extérieurs tels que le sol, l'air, etc., la contamination est donc due à l'infiltration des matières dans l'eau.

### III - PREVISION D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DE LA COMMUNE RURALE D'AMBOHITRIMANJAKA

Les besoins en eau potable d'une agglomération dépendent du mode de vie de la population. Il est clair que parmi les paramètres qui conditionnent la demande en eau, le contexte économique et social pèse de façon déterminante ainsi que la politique mise en place dans le secteur de l'eau.

La demande en eau est la quantité d'eau qu'il faut mobiliser au niveau de la ressource pour faire face aux besoins quantitatifs. Entre demande et besoins, s'intercalent les pertes de transferts et le gaspillage des utilisateurs non industriel. L'écart entre ces deux quantités est donc fonction de l'efficacité de la chaîne de fourniture et de ce que représente l'eau pour l'utilisateur.

On considère alors la demande en eau comme la quantité qu'il faut prélever dans le réservoir pour faire face aux besoins de l'utilisateur. Le terme demande doit toujours être précisé en lui adjoignant un qualificatif d'ordre temporel.

Le besoin et le nombre des usagers augmentent dans le temps, alors que la capacité d'un réseau d'alimentation est limitée. Si on dimensionne un réseau d'AEP pour les besoins et les populations actuelles, il sera saturé après quelques années de service ; alors il faut le dimensionner pour un futur proche ou lointain.

Avant de dimensionner un réseau d'AEP, il faut connaître l'évolution de la population et d'analyser le développement socio-économique prévue pour pouvoir effectuer un choix en matière de satisfaction de besoin à l'horizon.

#### III – 1 - Evaluation du nombre de population à l'horizon 2029

La demande en eau tenant compte de la croissance démographique et l'évolution de la population dans le temps.

Ambohitrimanjaka **croît** à un rythme d'environ **4,08%** habitants par an. Le nombre d'habitant dans le futur est estimé par la formule (4) et présenté dans le tableau qui suit.

$$P_n = P_o(1 + a)^n \quad (4)$$

Avec : -  **$P_n$**  : population à l'horizon considéré (*hab*),

-  **$P_o$**  : population de référence (*hab*),

- **a** : taux d'accroissement de la population : l'augmentation du nombre d'habitants au cours d'une période donnée. Il indique le nombre de naissance et de décès enregistré pendant la période et le nombre de personne qui sont émigrés ou immergés,
- **n** : nombre d'années séparant deux horizons.

**Tableau 10 : Evaluation de la population à l'horizon**

<b>S (ha)</b>	<b>Shab (ha)</b>	<b>Tr</b>	<b>Années</b>	2013	2017	2019	<b>a (hab.an<sup>-1</sup>)</b>	2024	2029
2176,5	708	32,53%	<b>Habitants</b>	35060	41137	44560	<b>4,08%</b>	54415	66450
<b>Superficies</b>			<b>d (hab.ha<sup>-1</sup>)</b>						
<b>S (ha)</b>	2176,5			16	19	20		25	31
<b>Shab (ha)</b>	708			50	58	63		77	94

- Avec : - **S** : superficie totale (ha),
- **Shab** : superficie habitée (ha),
  - **Tr** : taux de remplissage,

$$Tr = \frac{Shab}{S} \quad (5)$$

- **d**: densité

$$d = \frac{P}{S \text{ ou } Shab} \quad (6)$$

### III – 2 - Répartition spatiale de la population

La donnée de base nécessaire pour l'évaluation de la répartition spatiale de la population est le plan d'aménagement ou du développement communal.

Le périmètre délimité par le plan comprend différentes zones d'habitat dont les caractéristiques sont cosignées dans le tableau 11.



**Tableau 11 : Caractéristiques de l'occupation du sol**

Occupations	Shab (ha)	Populations	
		2019	2029
<b>1)- Habitat Groupé</b>	6,16	38068	56766
<b>2)- Habitat dispersé</b>	0,92	6492	9684
Anosimanjaka	42	4730	7056
Aprika	30	1362	2032
Anosivita	20	400	597
<b>Totales Générales</b>	<b>7,08</b>	<b>44560</b>	<b>66450</b>

Pour cet horizon d'étude à moyenne terme 2029, concernant la consommation moyenne journalière, la population pourra se répartir en Villa 15% et autres 85%, alors qu'aujourd'hui, ce taux de répartition est 10% et 90%. Les industries sont assimilées aux zones d'habitations.

**Tableau 12 : Répartition spatiale de la population**

Caractéristiques	Taux de répartition		Populations	
	2019	2029	2019	2029
Totale	100%	100%	44560	66450
Villa	10%	15%	4456	9967
Autres que villa	90%	85%	40104	68975

### **III – 3 - Evolution des infrastructures à l'horizon 2029**

De temps en temps, les infrastructures socio-économiques ne cessent d'évoluer. Les hypothèses d'extensions des infrastructures à l'horizon moyen terme 2029 sont illustrées le tableau 13.

**Tableau 13 : Hypothèses d'extensions des infrastructures**

<b>Infrastructures Existants</b>	<b>Nombres</b>
Maison communale	1
Toilette publique	1
Temples	32
Marché à découvert permanent	1
Ecoles	88
CSB II	2
Gendarmerie	1
Terrains de sport	9
Ateliers	7
Site Touristique	8
<b>Infrastructures Projetés</b>	
Maison des jeunes	1
Ecoles	2
Toilettes et douches publiques	25
Espace vert	1
Terrains de sport	1
Post	1
Foyer féminin	1
Ateliers	2

### **III – 4 - Hypothèses de répartition des consommations**

La moyenne journalière de la consommation en litre par jour et par usage ou dotation dépend de certains critères dont les principaux sont :

- Le niveau de vie de la population,
- Le nombre d'habitants,
- Le développement rural,
- Les ressources existantes.

La détermination des dotations unitaires à appliquer pour l'évaluation des consommations est faite sur la base des hypothèses comme l'indique le tableau 14.

**Tableau 14 : Hypothèses de répartition des consommations**

Désignations	hypothèses adoptées		unités
Taux de Branchement de la population	Villa	80%	
	Autres que Villa	60%	
Consommation domestique	Dotation Villa	110	$L.j^{-1}.hab^{-1}$
	Dotation Autres que Villa	50	$L.j^{-1}.hab^{-1}$
	Dotation Pop Non Branchée (BF)	17	$L.j^{-1}.hab^{-1}$
Consommation industrielle	Dotation unitaire	2	$L.j^{-1}.hab^{-1}$
Consommation administrative	Ecole	0,7	$m^3.j^{-1}.école^{-1}$
	Terrain de sport	0,5	$m^3.j^{-1}.terrain^{-1}$
	Temple	0,1	$m^3.j^{-1}.temple^{-1}$
	Marché	3	$m^3.j^{-1}(\text{forfait})$
	Espace vert	2	$m^3.j^{-1}(\text{forfait})$
	Services publiques *	36	$m^3.j^{-1}(\text{forfait})$

\* **Services publiques:** maison communale, dispensaire/CSB, toilettes et douches publiques, gendarmerie, maison des jeunes, post, ateliers, foyer féminin, sites touristiques...

### III – 5 - Evaluation des consommations en eau potable de la CRA à l'horizon 2029

Connaissant l'évolution démographique, les caractéristiques de la population, et ayant les hypothèses d'extension des infrastructures et de répartition des consommations, la répartition des consommations domestique et industrielle, et la répartition de la consommation administrative sont évaluées par les formules (7), (8) et (9), et respectivement présentées dans le tableau 15 et le tableau 16.

$$V_{dom} = \sum_{h=B}^{NB} (P_h * D_h) \quad (7)$$

Avec : -  $V_{dom}$  : consommation domestique ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $h$  : Branchée B (villa ou autres) ou Non Branchée NB (autres que villa),

-  $P$  : population villa ou autre ( $hab$ ),

-  $D$  : dotation ( $L.j^{-1}.hab^{-1}$ ).

$$V_{ind} = D_{ind} * PAV \quad (8)$$

Avec : -  $V_{ind}$  : consommation industrielle ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $D_{ind}$  : dotation industrielle ( $L.j^{-1}.hab^{-1}$  autres que villa),

-  $PAV$  : Population autre que villa ( $hab$ ).

$$V_{adm} = \sum (D_{adm} * IA) \quad (9)$$

Avec : -  $V_{adm}$  : consommation administratives ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $D_{adm}$  : dotation ou cons° unitaire des EA ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $IA$  : nombre de l'infrastructure administrative.

**Tableau 15 : Répartition des consommations domestique et industrielle**

Habitats	Populations (hab)			Dotations ( $L.j^{-1}.hab^{-1}$ )		Consommations ( $m^3.j^{-1}$ )			
	Totale	PB	PNB	PB	PNB	PB	PNB	ind *	Totale
Villa	9967	7974		110		877,14			877,14
PAV	56482	33889	22593	50	17	1694,47	384,08	112,96	2191,52
<b>Totale</b>	<b>66450</b>	<b>41863</b>	<b>22593</b>			<b>2571,61</b>	<b>384,08</b>	<b>112,96</b>	<b>3068,66</b>

\* La consommation industrielle ( $V_{ind}$ ) est repartie proportionnellement aux habitats exceptés villa. Pour une dotation unitaire industrielle de  $2 L.j^{-1}.hab^{-1}$ ,  $V_{ind} = 112,96 m^3.j^{-1} = 1,29 L.s^{-1}$ ;

\* La consommation domestique est  $V_{dom} = 2955,69 m^3.j^{-1} = 34,21 L.s^{-1}$ , d'où une dotation moyenne  $D_{hMoyenne} = 44,48 L.j^{-1}.hab^{-1}$ .

**Tableau 16 : Répartition de la consommation administrative**

Infrastructures Administratives	Nombres	Unités	consommations unitaires ( $m^3.j^{-1}$ )	Consommations ( $m^3.j^{-1}$ )
1-)Ecoles	90	u	0,7	63,00
Terrains de sport	10	u	0,5	0,5
Temples	32	u	0,1	3,20
Marché	1	u	3	3,00
Espace vert	1	u	2	2,00
2)- Services publiques*			36 (Forfait)	36,00
<b>Totale</b>				<b>112,20</b>

\* **Services publiques** : cf. hypothèses de répartition de consommation

Ayant évalué les différentes consommations ci-dessus, la consommation moyenne totale ou besoin global à l'horizon est estimée par la formule (10) et illustré dans le tableau 17.

$$V_{cons} = \sum_{h=B}^{NB} (P_h * D_h) + D_{ind} * PAV + \sum (D_{adm} * IA) \quad (10)$$

ou :  $V_{cons} = V_{dom} + V_{ind} + V_{adm}$

Avec : -  $V_{cons}$  : Besoin global ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $h$  : Branchée B (villa ou autre) ou Non Branchée NB (autres que villa),

-  $P$  : population villa ou autres ( $hab$ ),

-  $D$  : dotation ( $L.j^{-1}.hab^{-1}$  ou  $m^3.j^{-1}$ ),

-  $PAV$  : Population Autre que Villa ( $hab$ ),

-  $IA$  : nombre de l'infrastructure administrative.

**Tableau 17 : Evaluation de la consommation moyenne totale ou besoin global**

CATEGORIES / UNITES	$m^3.j^{-1}$	$L.s^{-1}$
Consommation Domestique et Industrielle	3068,66	35,52
Consommation administrative	112,20	1,30
<b>Consommation moyenne Totale</b>	<b>3180,86</b>	<b>36,82</b>

Pendant la distribution ou la production, il y a toujours des fuites ou pertes qu'on peut estimer sur la base de rendement.

### III – 6 - Evaluation de besoin distribution et de production

**Le besoin en distribution** ou quantité d'eau distribuée à partir du réservoir est la consommation moyenne totale rapporté sur le rendement de distribution.

$$V_{dist} = V_{cons} / R_d \quad (11)$$

Avec : -  $V_{dist}$  : besoin en distribution ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $V_{cons}$  : Consommation moyenne ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $R_d$  : rendement de distribution.

**Tableau 18 : Evaluation du besoin en distribution**

Consommation moyenne totale	Rendement de distribution	Besoin de distribution ( $m^3.j^{-1}$ )	Besoin de distribution ( $L.s^{-1}$ )
3180,86	85%	3742,19	43,31

**Le besoin en production** ou quantité d'eau produite est la quantité prélevée à partir du captage moins perte au niveau de la production, ou le besoin en distribution rapporté sur le rendement d'adduction.

$$V_{prod} = V_{dist}/R_a \quad (12)$$

Avec : -  $R_a$  : rendement d'adduction.

**Tableau 19 : Evaluation du Besoin en Production**

DESIGNATIONS / UNITES	m <sup>3</sup> .j <sup>-1</sup>	L.s <sup>-1</sup>
Besoin de distribution	3742,19	43,31
Rendement d'adduction	95%	95%
<b>Besoin en Production</b>	<b>3939,14</b>	<b>45,59</b>
<b>Besoin Ressource</b> >>>>	<b>3939,14</b>	<b>45,59</b>

### III – 7 - Critères et caractéristiques de consommation

Au sein d'une agglomération ; l'eau appelée à la consommation varie dans le temps ; cette variation peut être horaire, journalière, hebdomadaire, mensuelle ou annuelle et dépend du mode de vie de la population. Par ailleurs, il faut noter que l'existence des fuites et de gaspillage, occasionnée au niveau du réseau en fonction de l'état de ce dernier est liée à tous ces facteurs. Pour tenir compte de l'irrégularité de la consommation, certains nombre de coefficient d'irrégularité doivent être pris en considération.

**Le coefficient de la pointe journalière  $K_{pj}$**  est le rapport du volume moyen des trois journées successives les plus chargées de l'année sur le volume moyen annuel. *Soit  $K_{pj} = 1,5$  ;*

**Le coefficient de pointe horaire  $K_{ph}$**  est le rapport du volume moyen de l'heure la plus chargée d'une journée par le volume moyen de cette journée. *Soit  $K_{ph} = 1,3$  ;*

#### III – 7 – 1 - Besoins de pointes

Le coefficient de pointe journalière qui sert à évaluer **le besoin de pointe journalier** conditionne le plus souvent le dimensionnement des installations d'adduction ; et le coefficient de pointe horaire qui sert à évaluer le **besoin de pointe horaire** conditionne le dimensionnement des conduites de distributions et du ou des réservoirs de distribution.

Ces besoins de pointes sont évalués par la formule (13) et indiqués dans le tableau 20.

$$Qp_i = Kp_i * Q_i \quad (13)$$

Avec : -  $Q_p$  : besoin de pointe journalier ou horaire ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $Kp$  : coefficient de pointe journalier ou horaire,

-  $Q$  : besoin de distribution ou production ( $m^3.j^{-1}$ ),

-  $i$  : journalier j ou horaire h.

**Tableau 20 : Evaluation des besoins de pointe journalier et horaire**

Désignations	Besoin	Coefficient de pointe		Besoin de pointe ( $m^3.j^{-1}$ )		Besoin de pointe ( $L.s^{-1}$ )	
		Kp <sub>j</sub>	Kp <sub>h</sub>	Journalier	Horaire	Journalier	Horaire
Production ou adduction	3939,14	1,5		5908,72		68,39	
Distribution	3742,19		1,3		4864,84		56,31

### III – 7 – 2 - Débit de Design

Le débit de design ( $Qp_{max}$ ) c'est le débit de pointe maximal à véhiculer par le réseau de distribution donné par la formule (14).

$$Qp_{max} = Kp_h * Kp_j * V_{dist} \quad (14)$$

Avec  $V_{dist}$  : besoin en distribution ( $m^3.j^{-1}$ ).

AN:  $Qp_{max} = 1,3 * 1,5 * 3742,19$

$$Qp_{max} = 7297,27 m^3.j^{-1} = 84,46 L.s^{-1}$$

**Tableau 21 : Récapitulation des catégories et caractéristiques de consommation ou besoin**

Désignations	Symboles	$m^3.j^{-1}$	$L.s^{-1}$
Consommation domestique	V <sub>dom</sub>	2955,69	34,21
Consommation industrielle	V <sub>ind</sub>	112,96	1,29
Consommation administrative	V <sub>adm</sub>	112,20	1,30
<b>Besoin global</b>	<b>V<sub>cons</sub></b>	<b>3180,86</b>	<b>36,82</b>
Besoin en distribution	V <sub>dist</sub>	3742,19	43,31
Besoin en production	V <sub>prod</sub>	3939,14	45,59
<b>Besoin ressource</b>		<b>&gt;&gt;&gt;&gt; 3939,14</b>	<b>&gt;&gt;&gt;&gt; 45,59</b>
Besoin de pointe journalier	Q <sub>pj</sub>	5908,72	68,39
Besoin de pointe horaire	Q <sub>ph</sub>	4864,84	56,31
<b>Débit de design</b>	<b>Q<sub>pmax</sub></b>	<b>7297,27</b>	<b>84,46</b>

### **III – 8 - Perspective pour satisfaire le besoin en eau de la population à l’horizon 2029**

Dans le temps, le nombre d’habitant accroit, les infrastructures administratives et ou collectives se multiplient, ainsi que le niveau de vie de la population et sa consommation en eau potable pourront s’améliorer. Pourtant les ressources en eau potable actuelles sont contaminées et ne suffisent plus pour alimenter la Commune Rurale d’Ambohitrimanjaka.

Notre solution est d’utiliser le fleuve Ikopa pour l’approvisionnement en eau potable de la population. Pour cela, des analyses ont été faites pour savoir les caractéristiques de cette ressource avant de l’exploiter.

Voici les résultats des analyses organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques du fleuve Ikopa en tant qu’eau brute et en période d’été montrés dans le tableau 22.



**Tableau 22 : Résultats des analyses d'Ikopa en tant qu'eau brute**

Paramètres	Unités	Quantités	Norme Malgache
Couleur		Jaune persistante	incolore
Odeur		Présence faible	absence
Saveur		douce	absence
T	NTU	35,4	< 5 NTU
pH		7,46	6,5 à 9
T°	°C	22,8	< 25 °C
C	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	44,8	< 3000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$
Min	$\text{mg.L}^{-1}$	37	
TH	°F	3,1	< 500 $\text{mg.L}^{-1}$ CaCO <sub>3</sub>
THca <sup>2+</sup>	°F	1,2	200 $\text{mg.L}^{-1}$
TA	°F	0	
TAC	°F	1,4	
MO	$\text{mg.L}^{-1}$	0,15	< 2 $\text{mg.L}^{-1}$ (milieu alcalin)
			< 5 $\text{mg.L}^{-1}$ (milieu acide)
Fe Total	$\text{mg.L}^{-1}$	0,06	< 0,5 $\text{mg.L}^{-1}$
Cl <sup>-</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	10,65	< 250 $\text{mg.L}^{-1}$
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	0,003	< 250 $\text{mg.L}^{-1}$
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	0,033	< 0,5 $\text{mg.L}^{-1}$
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	0,001	< 0,1 $\text{mg.L}^{-1}$
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$\text{mg.L}^{-1}$	0	< 50 $\text{mg.L}^{-1}$
CT par 100 mL	UFC	4,3 10 <sup>2</sup>	0/100 mL
E. Coli par 100 mL	UFC	4,3 10 <sup>2</sup>	0/100 mL
SF par 100 mL	UFC	8 10 <sup>2</sup>	0/100 mL
ASR par 20 mL	UFC	inc	< 2/20 mL

Ces résultats montrent qu'Ikopa en tant qu'eau brute est souillé. L'eau est troublée et possède une couleur jaune claire persistante et une faible odeur. Ceux-ci sont expliqués par une turbidité élevée (35,4 NTU) qui est dû aux éléments et composés solubles ou insolubles, organiques ou inorganique résultants des rejets industriels et ménagers, du lessivage,... L'eau est très peu minéralisée et contient une multitude des bactéries et microbes. Les paramètres chimiques sont conformes à la norme Malgache.

Pour destiner à la consommation humaine, elle doit subir à des traitements de potabilisation (annexe 4: JAR –TEST).

Les résultats des analyses du fleuve Ikopa après traitement sont présentés dans le tableau 23.

**Tableau 23 : Résultats des analyses organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques d'Ikopa après traitement**

Paramètres	Unités	Quantités	Norme Malgache
Couleur		incolore	Incolore
Odeur		absence	Absence
Saveur		absence	Absence
Turbidité	NTU	2,76	< 5 NTU
pH		7,05	6,5 à 9
Température	°C	24,7	< 25 °C
Conductivité	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	51,3	< 3000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$
Minéralisation	$\text{mg.L}^{-1}$	47	
TH	°F	2,7	< 500 $\text{mg.L}^{-1}$ $\text{CaCO}_3$
$\text{THCa}^{2+}$	°F	2	200 $\text{mg.L}^{-1}$
TA	°F	0	
TAC	°F	0,7	
MO	$\text{mg.L}^{-1}$	0	< 2 $\text{mg.L}^{-1}$ (milieu alcalin)
			< 5 $\text{mg.L}^{-1}$ (milieu acide)
Fe Total	$\text{mg.L}^{-1}$	0,06	< 0,5 $\text{mg.L}^{-1}$
$\text{Cl}^-$	$\text{mg.L}^{-1}$	3,55	< 250 $\text{mg.L}^{-1}$
$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{mg.L}^{-1}$	7,686	< 250 $\text{mg.L}^{-1}$
$\text{NH}_4^+$	$\text{mg.L}^{-1}$	0	< 0,5 $\text{mg.L}^{-1}$
$\text{NO}_2^-$	$\text{mg.L}^{-1}$	0,0005	< 0,1 $\text{mg.L}^{-1}$
$\text{NO}_3^-$	$\text{mg.L}^{-1}$	0	< 50 $\text{mg.L}^{-1}$
CT par 100 mL	UFC	< 1	0/100 mL
E. Coli par 100 mL	UFC	< 1	0/100 mL
SF par 100 mL	UFC	< 1	0/100 mL
ASR par 20 mL	UFC	< 1	< 2/20 mL
$\text{Cl}_2$ Résiduel	$\text{mg.L}^{-1}$	0,5 pour Taux de traitement 5 $\text{mg L}^{-1}$	< 2/20 $\text{mg L}^{-1}$

Après traitement, le fleuve d'Ikopa est potable en comparant avec la norme de potabilité Malgache.

En tant qu'une ressource inépuisable, il est profitable à la population pour satisfaire les besoins en eau de la commune rurale d'Ambohitrimanjaka à l'horizon déterminée.

## CONCLUSION

Cette étude a permis de caractériser les différentes ressources en eau ainsi que les besoins en eau de la Commune Rurale d'Ambohitrimanjaka. Les ressources en eau disponibles sont inégalement réparties dans la commune et insuffisantes. La population n'a pas encore accès à l'eau potable du fait de la contamination des eaux par les bactéries indicatrices de contamination fécales : coliformes totaux et *escherichia coli*, *anaérobies* sulfito-réducteur et streptocoques fécaux même si les paramètres physico - chimiques sont conformes à la norme de potabilité Malgache. Il a été aussi démontré que les puits individuels et les puits communautaires sont les plus contaminés du fait de leurs emplacements et de la conduite des villageois. Le puits du CSBII et de la borne fontaine de la société SOA LANDY sont les moins contaminés en termes de contamination fécale.

Ainsi, afin d'améliorer l'approvisionnement en eau de la commune, il semblerait nécessaire de faire à court terme une sensibilisation des villageois en matière de soins, d'hygiène et d'assainissement pour éviter l'accentuation de la contamination ; de les encourager à traiter l'eau avant son utilisation. A moyen terme, le respect des normes pour la fabrication ou réhabilitation des puits, l'utilisation d'un traitement efficace et la préservation de la potabilité de l'eau jusqu'à son utilisation seraient nécessaires. Une approche à barrière multiple dans la production et la distribution de l'eau potable à travers la création de système de production d'eau à partir le fleuve d'Ikopa ou par amélioration des systèmes de distribution déjà existant serait proposer à long terme.

## REFERENCES

- [1] : UNICEF Madagascar, 2014, eau assainissement et hygiène.  
<https://www.unicef.org/wash>; consulté le février 2019
- [2] : Aldegheri M (1972). Rivers and streams on Madagascar. In: Biogeography and ecology in Madagascar. Springer, Netherlands: pp. 261-310  
<https://www.un.org/millenniumgoals> ; consulté le février 2019
- [3] : Plan de Développement Communal de la Commune Rurale d'Ambohitrimanjaka, Ambohitrimanjaka, 2017, 27p
- [4] : <https://www.google.com/maps/place/Ambohitrimanjaka/@-18,86629,47.4476337,12z/data=!4m2!3m1!1s0x21fa7fe61e8393fb:0x19480f46c3d6cc56!5m1!1e1>, consulté le 24/02/19
- [5] : Young, G.J., Dooge et J.C. Rodda, 1994: Global Water Resource Issues, Cambridge, Cambridge University Press, 194p
- [6] : Batchelor, C.,P. Moriarty et P Laban, 2005: Using water resources assessments within the EMPOWER IWRM planning cycle, EMPOWER Working Paper No. 5,30p
- [7] : [https://www.memoireonline.com/09/15/9265/m\\_Diagnostic-des-equipements-dapprovisionnement-en-eau-potable-et-evaluation-des-ress10.html](https://www.memoireonline.com/09/15/9265/m_Diagnostic-des-equipements-dapprovisionnement-en-eau-potable-et-evaluation-des-ress10.html)
- [8] : <https://www.google.com/maps/place/Ambohitrimanjaka/@-18,86629,47.4476337,13z/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x21fa7fe61e8393fb:0x19480f46c3d6cc56>, consulté le 24/02/19
- [9] : <https://www.who.int/gobalchange/ecosystems/water/fr>, consulté le 23/02/19
- [10] : <https://google.com/earth/>, consulté le 22/02/19
- [11] : DECRET N° 2004-635 du 15 juin 2004 Portant modification du décret n°2003-941 du 09 Septembre 2003 relatif à la surveillance de l'eau, au contrôle des eaux destinées à la consommation humaine et aux priorités d'accès à la ressource en eau

# ANNEXES

## ANNEXE 1: Fiche d'enquête

<b>FICHE D'ENQUETE</b> Anarana : Fanampiny: Lahy: <input type="checkbox"/> Vavy: <input type="checkbox"/> Fokontany: Kaominina: Daty: ora :		<b>Fangalana rano.</b> 12-Iza no mpaka rano ? Lehilahy <input type="checkbox"/> Vehivavy <input type="checkbox"/> Zaza <input type="checkbox"/> Mpanampy 13-Inona ny fitaovana angalanareo rano? Seau <input type="checkbox"/> Daba <input type="checkbox"/> Jemican <input type="checkbox"/> Bidon <input type="checkbox"/> cuvette <input type="checkbox"/> Tavohangy <input type="checkbox"/>	
<b>II-RESSOURCE D'ALIMENTATION EN EAU :</b> <b>Types d'approvisionnement en eau :</b> 3-Loharano <input type="checkbox"/> Lava-drano <input type="checkbox"/> Renirano <input type="checkbox"/>		<b>Fitehirizana ny rano</b> 14-Manangona rano ve nareo? Eny <input type="checkbox"/> Tsia <input type="checkbox"/> 15-Misarona ve izy io ? Eny <input type="checkbox"/> Tsia <input type="checkbox"/>	
<b>NY CARACTERISTIQUES</b> 4-Taona nanorenana ny lava-drano: 5-Halaliny ny lava-drano .....metatra. 6-Ny sava ivon'ny lava-drano .....metatra. 7-Karazan'ny tany: 8-Lokon'ny tany :		<b>Fampiasana ny rano</b> 16-Inona avy ny ampiasainareo rano? Ao an-tokantrano <input type="checkbox"/> Fambolena <input type="checkbox"/> Fiompiana <input type="checkbox"/> <b>Fahatsapana ny kalitaon'ny rano</b> 17-Aóna ny fahitanareo ny hatsaran'ny rano. Mahalana <input type="checkbox"/> Antonony <input type="checkbox"/> Mankarary <input type="checkbox"/>	
<b>Tontolo manodidina ny lava-drano.</b> 9-Misy sarony miaro amin'ny loto ve ny lava-drano? Eny <input type="checkbox"/> Tsia <input type="checkbox"/> 10-Inona avy ny manodidina ny lava-drano? Janidaina Tranon'omby Lakan-drano Zozoro Voly voankazo kabone		<b>Fanadiovana ny rano</b> 18-Mampiasa fanadiovan-drano ve nareo? Eny <input type="checkbox"/> Tsia <input type="checkbox"/> Eny → Ampangotrahana <input type="checkbox"/> Sur'eau <input type="checkbox"/> Tsihifina	
11-Elanelan'ny: Lava-drano sy ny kabone .....metatra. Lava-drano sy ny tranon'omby .....metatra Lava-drano sy ny lakan-drano .....metatra Lava-drano sy ny janidaina .....metatra Lava-drano sy ny zozoro .....metatra Lava-drano sy ny voly voankazo .....metatra		<b>Aretina</b> 19-Inona ny aretina matetika mahazo ny olona ato an-tokantranonareo? Aretin-kibo <input type="checkbox"/> Aretin-koditra <input type="checkbox"/> Haseporana <input type="checkbox"/> Tazo <input type="checkbox"/> Areti- maso <input type="checkbox"/>	
		<b>Rano lany isan'andro</b>	

## ANNEXE 2: Répartition des points d'eau en 2014

FOKONTANY	PUITS COMMUNAUTAIRES	PUITS PRIVES	POMPE
MAHITSY FIRAISANA	6	23	-
MAHITSY AVARATRA	3	27	-
AMPAHIBE	4	24	2
LEHILAVA	6	19	-
FIAKARANA	3	112	10
ANTSAHAFOHY	6	100	1
AMBODIVOANJO	4	9	1
AMBATOLAMPY SUD	3	5	-
ANTSAHAVOLO	3	3	1
NAMORANA	5	27	9
AMBOHIMANANJO	4	8	1
AMPIRIAKA	2	0	-
ANDRINGITANA	5	53	-
ANTANETIBE	4	34	-
AMBODIVONA	2	75	1
IKOPAKELY	1	22	-
ANDRANOMAHITSY	1	55	-
AMBATOMAINTY	1	79	-
ANOSIMANJAKA	7	61	-
AMPANOMAHITSY	1	45	-
BELOHA	6	250	-
FARAHINDRA	2	161	-
AMBATOLAMPY NORD	2	36	-
ANTSAHAMARINA	3	70	4
MIADANA	1	15	7
<b>GRAND TOTAL</b>	<b>85</b>	<b>1313</b>	<b>37</b>

## ANNEXE 3: ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES DES

### EAUX

**But :** L'analyse physico-chimique permet d'avoir les caractéristiques d'une eau quelconque facilitant ainsi la recherche du mode de traitement correspondant.

## **I - ANALYSES PHYSIQUES**

### **A - Paramètres organoleptiques**

Il s'agit de la saveur, de la couleur et de l'odeur.

**1 - Couleur** : la couleur des échantillons a été évaluée par simple observation visuelle. Les échantillons ont été comparés. La couleur de l'eau s'explique par la présence des matières étrangères, comme les matières organiques naturelles, la teneur élevée des métaux (fer,...).

**2 - Odeur** : senti par l'organe de l'odorat. Dans la majorité des cas, l'odeur des eaux naturelles s'explique par la présence de pourriture ou par la dégradation des matières organiques ou par la présence de certain élément chimique. Elle est absente pour l'eau potable

**3 - Saveur** : Par dégustation. Le type et l'intensité du goût sont évalués par une dégustation. Notons que le goût est conditionné par des différents corps en solution.

### **B - Paramètre physique**

#### **1. Mesure du pH (potentiel hydrogène)**

La mesure du pH permet de savoir l'acidité ou la basicité de l'eau.

Appareil utilisé : Ionomètre

Résultat : pH = lecture directe

#### **2. Mesure de la conductivité**

La conductivité est la mesure de la salinité de l'eau.

Appareil utilisé : Conductimètre (vérification : Constante de la cellule :  $0,475\text{cm}^{-1}$  et

Température de référence :  $20^{\circ}\text{C}$  lors de l'allumage)

Résultat : Conductivité = lecture directe (unité :  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )

#### **3. Température de l'eau**

La conductivité est fonction de la température de l'eau.

Appareil utilisé : Conductimètre (vérification : Constante de la cellule :  $0,475\text{cm}^{-1}$  et

Température de référence :  $20^{\circ}\text{C}$  lors de l'allumage)

Résultat :  $T^{\circ}$  = lecture directe (unité :  $^{\circ}\text{C}$ )

#### **4. Minéralisation totale de l'eau**

Cette mesure permet d'avoir le taux total des éléments minéraux dans l'eau à analyser.

Appareil utilisé : Conductimètre (vérification : Constante de la cellule :  $0,475\text{cm}^{-1}$  et

Température de référence :  $20^{\circ}\text{C}$  lors de l'allumage)

Résultat : TDS (Total Dissolved Solids) = lecture directe après avoir changé option en TDS (unité  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )



## 5. Turbidité

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

Appareil utilisé : Turbidimètre

Résultat : Turbidité = lecture directe (unité NTU) ; plus la turbidité est faible, plus l'eau est propre (aspect : limpide)

## II - ANALYSE CHIMIQUE

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

### A - ANALYSE VOLUMETRIQUE

L'analyse consiste à ajouter dans la solution à analyser différents réactifs correspondant au paramètre recherché et à titrer cette solution par un autre réactif neutralisant ceux présent dans la solution. Le résultat correspond au volume de solution versée après virage de l'indicateur coloré.

**1 - Analyse dureté total (teneur en  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ ) et dureté calcique (teneur en  $\text{Ca}^{2+}$ ) : TH et  $\text{TH}_{\text{Ca}}$**

	<b>TH (dureté total)</b>	<b><math>\text{TH}_{\text{Ca}}</math>(dureté calcique)</b>
Solution à titrer	Eau (diluée ou non)	Eau (diluée ou non)
Solution titrante	E.D.T.A (acide éthylène diamine tétraacétique) ou complexon III	E.D.T.A (acide éthylène diamine tétraacétique) ou complexon III
Solution tampon / catalyseur	Tampon TH (pH : 10)	Solution NaOH 3N (pH : 12)
Indicateur coloré	NET 0,4% (noir ériochrome T, couleur violet)	Poudre de Patton et Reeder (couleur bleu violet)
Couleur de départ	Rouge vineuse	Rouge vineuse
Virage couleur	Bleu vert	Bleu
Expression résultats	°F TH (Volume versé pour 100 mL)	°F $\text{TH}_{\text{Ca}}$ (Volume versé pour 100 mL)

$TH > TH_{Ca}$ ,  $TH - TH_{Ca} = TH_{Mg}$  ; °F Ca = 4 mg.L<sup>-1</sup> ; °F Mg = 2,43 mg.L<sup>-1</sup>.

## 2 - Analyse Chlorure Cl<sup>-</sup>

- Solution à titrer : Eau
- Solution titrante : Solution Nitrate d'Argent AgNO<sub>3</sub>
- Indicateur coloré : Goutte de Chromate de Potassium 10% K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>
- Couleur de départ : Jaune
- Virage couleur : rouge brique
- Expression résultat : Cl<sup>-</sup> (mg.L<sup>-1</sup>) = V mL \* 35,5

## 3 - Analyse titre alcalimétrique TA / TAC

	<b>TA (titre alcalimétrique)</b> Existence couleur rose ; titrage	<b>TAC (titre alcalimétrique complet)</b>
Solution à titrer	Eau (diluée ou non)	Eau (diluée ou non)
Solution titrante	Solution H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N / 50	Solution H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N / 50
Solution tampon / catalyseur	-	-
Indicateur coloré	Phénolphthaléine	Hélianthine
Couleur de départ	Rose pH > 8,3	Jaune pH > 4,2
Virage couleur	Incolore à pH = 8,3	Jaune Orangé pH = 4,2
Expression résultats	°F TA (V versé pour 100 mL)	°F TAC (V versé pour 100 mL)

Si  $TA < TAC / 2$  ;  $HCO_3^- = (TAC - 2TA) * 12,2 \text{ mg.mL}^{-1}$  ;

$CO_3^{2-} = 2 * TA * 6 \text{ mg.mL}^{-1}$  ;  $OH^- = 0$

## 4 - Dosage des Matières organiques

- Solution à titrer : Eau
- Solution Tampon : 1. NaHCO<sub>3</sub> saturé (basique) en milieu chaud  
2. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ½ (acide) en milieu refroidi
- Solution d'oxydation : KMnO<sub>4</sub> N / 80
- Solution de réduction : Sel de Mohr 5 g.L<sup>-1</sup>

- Solution titrante :  $\text{KMnO}_4$  N/80
- Couleur de départ : incolore
- Virage couleur : rose
- Expression résultat :  $\text{MO (mg.mL}^{-1}) = V1 - V0$  ; V1 : volume  $\text{KMnO}_4$  N/80 versé pour 100 mL d'eau à analyser, V0 : volume  $\text{KMnO}_4$  N / 80 versé pour 100 mL d'eau distillée blanc.

## B - ANALYSE COLORIMETRIQUE

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.

### 1 -Analyses Nitrites $\text{NO}_2^-$ , Nitrates $\text{NO}_3^-$ , Sulfates $\text{SO}_4^{2-}$ , Ammonium $\text{NH}_4^+$

L'appareil de lecture utilisé est le "spectrophotomètre" d'absorption moléculaire

	Nitrites	Nitrates sur colonne à cadmium	Sulfates	Ammonium
Solution à titrer	Eau	Eau	Eau	Eau
Blanc réactif	Eau distillée	Eau distillée	-	Eau distillée
Solution tampon	Solution $\text{H}_3\text{PO}_4$	Solution NaOH Tampon concentré	Solution HCl 1/10	Phénol alcoolique et nitropusside
Indicateur coloré	Réactif coloré	Réactif coloré	Solution $\text{BaCl}_2$ 100g/l	Solution oxydante
Couleur solution	Rose	Rose	Blanc cassé	Bleu
Absorbance	540 nm	540 nm	650 nm	640 nm
Lecture	$\text{C}^\circ \text{N}(\text{NO}_2)$	$\text{C}^\circ [\text{N}(\text{NO}_3) + \text{N}(\text{NO}_2)]$	$\text{C}^\circ \text{SO}_4^{2-}$	$\text{C}^\circ \text{NH}_4^+$
Expression Résultats	$\text{NO}_2^- \text{mg.mL}^{-1} = \text{C}^\circ \text{N}(\text{NO}_2) * 3,29$	$\text{NO}_3^- \text{mg.mL}^{-1} = \text{C}^\circ ([\text{N}(\text{NO}_3) + \text{N}(\text{NO}_2)] - \text{C}^\circ \text{N}(\text{NO}_2)) * 4,43$	$\text{SO}_4^{2-} = \text{C}^\circ \text{mg.mL}^{-1}$	$\text{NH}_4^+ \text{mg.mL}^{-1} = \text{C}^\circ$

## **2 - Dosage fer total Fe**

- Solution à titrer : Eau
- Réactif de réduction : Poudre de dithionite de sodium
- Réactif complexant : Diméthyl glyoxine 0,5%
- Indicateur coloré : Solution Ammoniac 10%
- Couleur de la solution: rose ou rouge
- Appareil de lecture utilisé : Comparateur hydrocure et plaquette fer 0,06 à 1 mg.L<sup>-1</sup> ou 0,3 à 5 mg.L<sup>-1</sup>
- Résultat : lecture concentration correspondante à la couleur comparée sur plaquette

## **III - ANALYSES BACTERIOLOGIQUES DES EAUX**

**But :** L'analyse bactériologique permet de contrôler la pollution d'une eau par les bactéries et d'agir en conséquence afin d'avoir une eau potable.

### **Germes à rechercher**

Une eau est dite potable lorsqu'elle est exempte de ces 4 germes

- Coliformes totaux
- Escherichia Coli
- Streptocoques fécaux
- Anaérobies sulfito-réducteurs

### **Etape d'analyse**

- Préparation au préalable des 4 milieux de cultures
- Filtration des eaux à analyser prélevées sur une membrane filtrante
- Placement de la membrane ayant fixé les germes dans le milieu de culture
- Incubation dans étuve à différente température et durée différente : multiplication des germes qui sortiront au-dessus des membranes
- Lecture : Dénombrement des germes

<b>Germes</b>	<b>Couleur du milieu</b>	<b>Temps d'incubation</b>	<b>Température d'incubation</b>	<b>Résultats</b>	<b>Normes</b>
Coliformes totaux	Vert	24 h	37°C	Colonie jaune Halo jaune	< 1 / 100 mL
Escherichia Coli	Vert	24 h	44°C	Colonie jaune Halo jaune	<1 / 100 mL
Streptocoques fécaux	Rouge	24 h – 48 h	37°C	Colonie rouge violacée	<1 / 100 mL
Anaérobies sulfito-réducteurs	Jaune (milieu en tube)	24 h	37°C	Colonie noire	<1 / 20 mL

## **ANNEXE 4 : JAR - TEST**

### **A - ESSAIS DE FLOCCULATION**

#### **1 - But :**

Les essais sont destinés à déterminer la nature et les doses de réactif (coagulant et flocculant) 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 ainsi que la turbidité minimale après introduction de quantité croissante d'ingrédients en solution dans 5 béchers de 1 litre.

#### **3 - Matériels nécessaires :**

- Un flocculateur à vitesse réglable entre 0 et 150 tour.min<sup>-1</sup> ;
- Cinq à six vases de 1 litre ;
- Un siphon ;
- Un chrono ou 1 montre ;
- Matériels pour mesurer le pH, fer, M.O. ;
- Turbidimètre ;
- Agitateur.

#### 4 - Réactifs :

##### *Clarification*

Sulfate d'Alumine :  $10 \text{ g.L}^{-1}$   
(S.A.)

Chaux en amont (CH.) :  $2 \text{ g.L}^{-1}$

##### *Déferrisation*

Chaux (CH.) :  $10 \text{ g.L}^{-1}$

#### 5 - 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 jusqu'au trait 1000 mL avec de l'eau brute agitée.
- Brancher le flocculateur.
- A l'aide d'une pipette, introduire dans chaque bécher des quantités croissantes de réactifs.
- Placer les béchers sur le flocculateur et abaisser les hélices dans l'eau.
- Effectuer une agitation rapide à  $100 \text{ tour.min}^{-1}$  pendant 2min, puis une agitation lente à  $40 \text{ tr/mn}$  pendant 20min. Noter le temps d'apparition des premiers floccs.
- Après 15mn d'agitation lente, on évaluera la qualité de la floculation (aspect des floccs)
- Laisser décanter 10 à 15min. 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.

#### 6°/ Expression des résultats :

Soient :  $d_i$  : la dose de réactif dans chaque Bécher de 1l (en  $\text{mg.L}^{-1}$ )

$v_i$  : le volume de réactif de concentration  $c$  en  $\text{g.L}^{-1}$  à ajouter dans chaque bécher (en mL)

Bécher N°	1	2	3	4	5	6
Doses de réactifs di (en mg.L <sup>-1</sup> )						
Volume de réactif vi (en mL)						
Temps d'apparition des floes						
Aspect des floes (pas, peu visible, petit, moyen, gros)						
Décantation des floes						
Cohésion des boues						
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 (t : taux d'ingrédient g.m<sup>-3</sup>)

### **Remarque :**

#### **Le pH joue un grand rôle dans le traitement des eaux**

- Cas du S.A. :

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

- Reaction chimique



- Pour avoir une bonne floculation, il faut que tout le S.A. s'hydrolyse sous forme de Al(OH)<sub>3</sub>
- D'où l'adjonction de chaux en amont pour avoir le maximum de Al(OH)<sub>3</sub>.

Taux de chaux en amont : variable entre :  $\frac{1}{6}$  S.A.,  $\frac{1}{5}$  S.A.,  $\frac{1}{4}$  S.A.,  $\frac{1}{3}$  S.A.

- Cas de la chaux (déferrisation) :

Le pH de bonne floculation (8 à 9) correspond à la formation maximale de précipité de Fe(OH)<sub>2</sub>

## B - DETERMINATION DE LA DEMANDE EN CHLORE

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

### 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 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  $1 \text{ g.L}^{-1}$  (1 mL contient 1mg d'hypochlorite)
- Orthotolidine

### 3. Matériels :

- 6 récipients (Béchers de 11,500 mL ou 250 mL)
- Pipettes de 1 mL ou 2 mL
- Comparateur Hydrocure
- Plaquette chlore libre 0,1 à  $2 \text{ mg.L}^{-1}$

### 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  $1 \text{ g.L}^{-1}$ .
- Agiter et couvrir chaque récipient d'une feuille de papier. Laisser en contact 30 min.
- Agiter au milieu et à la fin de l'expérience.
- Mesurer le chlore résiduel dans les 5 Béchers.

### 5. Expression des résultats :

Soient  $d_i$  : la dose d'hypochlorite dans chaque b cher de volume V (en  $\text{mg.L}^{-1}$ )

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

$$v_i = d_i \times V / 1000$$



**Résultats des essais :**

Bécher N°	1	2	3	4	5	6
$d_i$ (mg.L <sup>-1</sup> )						
$v_i$ (ml)						
Chlore résiduel Cl <sub>2</sub> * (mg.L <sup>-1</sup> ) après 30 min de contact						

La dose optimale d'hypochlorite de calcium de valeur supérieure au Break Point (Cl<sub>2</sub>\* minimum) 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<sup>-1</sup> à 0,5 mg.L<sup>-1</sup> (en période de pluies et risque de choléra).

**Auteur :** ANDRIANAKANGA Fenoharivonjy  
**Tel :** 032 02 814 87 – 034 80 175 61  
**Mail :** feno.andri@yahoo.fr

**Domaine :** Sciences et Technologies  
**Mention :** Chimie  
**Parcours :** Licence d'Ingénierie en Sciences  
et Techniques de l'Eau

**Titre :** « CARACTERISATION DES RESSOURCES EN EAU ET EVALUATION DES  
BESOINS EN EAU DE LA COMMUNE RURALE D'AMOHITRIMANJAKA »

*Nombre de pages :* 32 ;      *Nombre de tableaux :* 23 ;      *Nombre de figures :* 8

### **RESUME**

L'eau est l'élément vital de toutes formes de vie, sa potabilité est essentielle pour la santé humaine. Les objectifs de cette étude visent à caractériser les ressources en eau et à évaluer les besoins en eau de la Commune Rurale d'Ambohitrimanjaka. Des analyses organoleptiques, physiques, chimiques et bactériologiques des différents points d'eau dans la commune ainsi que celle de l'Ikopa ont été réalisées afin de caractériser la qualité de l'eau employée par la population. Les résultats d'analyse montrent que les eaux des différents points d'eau dans la commune suivent la norme de potabilité Malgache pour les paramètres organoleptiques, physiques et chimiques. Pourtant, l'eau est contaminée par des bactéries. Les points d'eau sont inégalement répartis dans la commune et insuffisants. Ainsi, des traitements bactériologiques semblent être nécessaires afin d'avoir de l'eau potable. Pour subvenir aux besoins futurs et pour faire face à l'augmentation de la population, l'eau du fleuve de l'Ikopa pourra être utilisée après traitement.

**Mot clés :** Ambohitrimanjaka, eau, caractérisation, évaluation, besoin, potable, norme.

**Title :** WATER RESOURCES CHARACTERIZATION AND WATER NEEDS  
EVALUATION IN THE RURAL COMMUNE OF AMBOHITRIMANJAKA

### **ABSTRACT**

Water is the lifeblood of all life forms, its potability is essential for human health. The objectives of this study aim to characterize the water resources and to evaluate the water needs in the Rural Commune of Ambohitrimanjaka. Organoleptic, physical, chemical and bacteriological analyzes for the different water in the Commune as well as that of Ikopa were carried out in order to characterize the quality of the water used by the population. The analysis results show that the waters of the different water points in the commune follow Malagasy's norm of potability for organoleptic, physical, and chemical parameters. However, the water is contaminated by bacteria. The water points are unevenly distributed in the municipality and insufficient. Thus, bacteriological treatments seem to be necessary in order to have drinking water. To satisfy the future needs and to cope with the increase of the population, the water of Ikopa River could be used after treatment.

**Keywords :** Ambohitrimanjaka, water, characterization, evaluation, need, potable, norm.