

# SOMMAIRE

**REMERCIEMENTS**

**GLOSSAIRES**

**LISTE DES ABREVIATIONS**

**LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES**

**INTRODUCTION**

## **PARTIE I CONTEXTE GLOBALE**

### **CHAPITRE 1 : DESCRIPTION DU LAC VONTOVORONA**

Section 1 : Caractéristique du Lac

§-1 Situation Géologique du Terrain - Origine du Lac

§-2 Dimension - Potentialité du Lac

Section 2 : Ressource en Eau

§-1 Origine de l'Eau

§-2 Variation de la Production du Lac

Section 3 : Situation Environnementale – Source de Pollution

§-1 Dégradation d'Environnement – Pollution Permanent

§-2 Historique des Pollutions Périodiques

### **CHAPITRE 2 : STATION DE TRAITEMENT DU LAC VONTOVORONA**

Section 1 : Présentation du centre de production à Vontovorona

§-1 Station de Traitement

§-2 Organigramme

Section 2 : Traitement

§-1 Chaîne de Traitement

§-2 Contrôle de Traitement

Section 3 : Distribution

§-1 Réseau de Distribution

§-2 Contrôle de l'eau Distribuée

## **PARTIE II PLANIFICATION TRAITEMENT EAU DE SURFACE**

### **CHAPITRE 1 : GLOBALITE DES PROCEDURES**

Section 1 : Les Processus mis en Œuvre de Traitement de l'Eau

§- 1 Objets-Objectifs

§-2 Mesure d'Efficacité

§-3 Principe Opérationnel

Section 2 : Différents Types de Traitement

§- 1 Traitement Simple

§-2 Traitement Complet

§-3 Traitement Spécifique

### **CHAPITRE 2 : TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE**

Section 1 : Présentation Scientifique de Traitement Physico-chimique

§ -1 Prétraitement

§-2 Coagulation-Floculation

§-3 Décantation-Filtration

Section 2 : Traitement Bactériologique

§ -1 Désinfection

§-2 Suivi de Désinfection

§-3 Conduite de Désinfection

---

---

## **PARTIE III PROGRAMMATION : MISE EN ŒUVRE TRAITEMENT EAU DE SURFACE**

### **CHAPITRE 1 : SYSTEME DE MANAGEMENT OPERATIONNEL**

#### Section 1 : Structure Opératoire

##### §-1 Type d'Etude

##### §-2 Mode de Prélèvement des Echantillons

#### Section 2 : Analyse Physico-chimiques et Bactériologiques

##### §-1 Analyses des Paramètres Physiques

##### §-2 Analyses des Paramètres Chimiques

#### Section 3 : Résultats d'Analyses Physico-chimiques et Bactériologiques à Vontovorona

##### §-1 Caractéristiques Physico-chimiques et Bactériologie et de l'Eau

##### §-2 Evaluation de Qualité de l'eau à Vontovorona

### **CHAPITRE 2 : PERENNISATION DES RESSOURCES EN EAU**

#### Section 1 : Harmonisation des Ressources en Eau

##### §-1 Protection de l'eau

##### §-2 Application de Code de l'eau

#### Section 2 : Recommandation Concernant les Périmètres de Protection

##### §-1 Délimitation des Périmètres de Protection

##### §-2 Servitudes et activités réglementées dans les Périmètres de Protection

#### Section 3 : Système de Protection des Ressources en Eau

##### §-1 Protection quantitative

##### §-3 Protection qualitative

## **CONCLUSION**

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **TABLE DES MATIERES**

## **ANNEXES**

## GLOSSAIRE

- Traitement : c'est l'ensemble des procédés utilisés pour rendre une eau potable.
- Adduction d'eau : c'est un système d'approvisionnement en eau et dont l'exploitation se fait avec les bornes fontaines.
- Maladies d'origine hydrique : ce sont des maladies liées à l'eau soit : par ingestion, par le contact ou par le fait que les vecteurs ou se développent dans l'eau.
- Contaminant : tout agent biologique ou chimique, toute matière étrangère ou toute autre substance n'étant pas ajoutée intentionnellement à l'eau, aux produits alimentaires pouvant compromettre la sécurité ou la salubrité.
- Microorganisme : tout organisme vivant microscopique susceptible d'être causé de maladie ou l'altération de l'eau et des dangers alimentaires comme les coliformes par exemple.
- Danger : contamination de l'eau et les aliments par un agent biologique, biochimique ou physique, ou état de l'eau et des aliments ayant potentiellement un effet nocif sur la santé.
- Hygiène : est la science et l'art de prévenir la maladie, de prolonger la vie, de promouvoir la santé physique et mentale, de manière à assurer le meilleur rendement de l'individu.
- Eau potable : est une eau qui doit répondre à certains critères physico-chimiques et bactériologiques qui la rendent apte à la consommation.
- Pollution de l'eau : contact de l'eau avec un altérant, dégradation de la qualité de l'eau.
- La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) d'une eau usée est la quantité de l'oxygène requise par les microorganismes d'une eau pour dégrader la matière organique biodégradable présente dans cette eau usée par le biais de processus biochimiques.
- La Demande Chimique en Oxygène (DCO) d'eau usée peut être définie comme la quantité d'oxygène requise par l'oxydation de la matière organique au moyen de réactif chimique.

## LISTE DES ABREVIATIONS

JIRAMA : Jiro sy Rano Malagasy

DQO : Département Qualité de l'Eau

DEXO : Département d'Exploitation de l'Eau

MES : Matière en Suspension

OMS : Organisation Mondial de la Santé

E.coli : Escherichia Coli

BV : Bassin Versant

EB : Eau Brute

ET : Eau Traitée

$\mu$ S : Micro siemens

Cm : centimètre

Mg/l: milligramme par litre

°F: Degré Français

MO: Matières Organiques

NM : Norme Malagasy

ASR : anaérobie sulfite-réducteur

TTC : chlorure de 2, 3,5 triphenyl tetrazonylium Tergitol

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Photo aérienne du site d'étude.....	12
Photo 2: Situation Environnementale.....	15
Photo 3: Source des pollutions autours du lac.....	16
Photo 4: pH mètre SCHOTT .....	28
Photo 5: Conductimètre.....	29
Photo 6: Turbidimètre .....	30
Photo 7: Comparateur Hydrocure.....	34
Photo 8: Spectrophotomètre .....	39
Photo 9: Appareil de Filtration.....	41

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Milieu de culture et condition d'incubation des bactéries suivant la méthode sur membrane filtrante .....	42
Tableau 2: Caractéristique des colonies .....	42
Tableau 3: Résultats des paramètres organoleptiques et physico-chimique.....	43
Tableau 4: Les résultats d'analyses physico-chimiques pour les ions majeurs dans le lac Vontovorona .....	44
Tableau 5: Les résultats d'Analyse bactériologique .....	45
Tableau 6: Evaluation d'analyse de l'eau à Vontovorona.....	1

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma des infrastructures de centre de production de l'eau à Vontovorona .....	1
Figure 2: Courbe d'évaluation des paramètres d'indicateur des pollutions .....	48

## INTRODUCTION

---

L'eau est le principal constituant des êtres vivants, qui doivent en consommer tous les jours. Ses sources sont rares et précieuses, son cycle naturel très long. Sa qualité est délicate et doit répondre primordialement à une exigence de santé. Elle peut être aussi une source de maladies ; aussi est-il important de la protéger, de la traiter et de l'économiser.

A cause du problème récurrent de l'environnement par le réchauffement climatique et autre, l'eau est devenue un enjeu national pour beaucoup de pays.

A Madagascar comme dans bien des pays en voie de développement, la majorité de sa population vit dans le milieu rural. Cette population, pour ses besoins en eau, s'approvisionne directement à partir des eaux de surface (lacs, fleuves, rivières) et des eaux souterraines. On peut pratiquement dire que la population rurale malgache consomme dans sa majorité une eau non analysée et non traitée, parfois dangereuse parce que porteuse de germes pathogènes, nuisibles à la santé publique.

Par ailleurs, la pollution des eaux se trouve accentuée par la dégradation de l'environnement due aux activités destructrices de l'homme tel que les rejets des débris de type déchets ménagers dans lesquels la présence des métaux lourds, les microbes posent des problèmes de santé publique mais aussi servent d'indicateur de pollution. Il en est de même pour les eaux de surface utilisées pour la boisson, la lessive, la vaisselle, le bain, la cuisine, sans être toxiques peuvent devenir des indicateurs de très forte pollution organique de l'eau par la disparition progressive de la plupart des formes de vie organique. Ces indicateurs peuvent se présenter sous différentes formes : physico-chimiques et/ou bactériologiques.

Si les eaux de surface qui constituent 90% des eaux utilisées pour la consommation quotidienne de la majorité de notre population surtout rurale, revêtent une importance particulière pour la santé de cette population, comment alors concilier les impératifs d'urbanisation et de développement économique générateur de pollution de l'eau avec le problème de la santé publique ?

Nous pensons que le choix de notre thème de mémoire « Evaluation et contribution à la pérennisation de la qualité des eaux de surface, cas du lac Vontovorona Antananarivo » pourrait contribuer à résoudre en partie cet épineux paradoxe.

Pour ce faire, nous pensons parler dans une première partie de Contexte globale, dans une deuxième partie planification de Traitement des Eaux de Surface et dans une troisième partie programmation : mise en œuvre traitement eau de surface.

**Objectifs spécifiques :**

- Prendre l'Exemple de Traitement et Analyse de la situation de lac VONTOVORONA
- Analyser les paramètres physico-chimiques et bactériologiques
- Faire les propositions de la protection des ressources en eau

# PARTIE I

## CONTEXTE GLOBAL

*Rapport-gratuit.com*



## Chapitre 1:DESCRIPTION DU LAC VONTOVORONA

### Section 1 : Caractéristique du Lac

#### §-1 : Situation géologique du terrain et Origine du lac

Le lac est d'origine tectonique, il résulte l'effondrement ou d'affaissement d'une partie de l'écorce terrestre due aux synclinaux évidés. Ce lac est établi dans les cratères d'anciens volcans. Ce Lac a été mis en service depuis 1984.

#### §-2 : Dimension et Potentialité du lac

La ressource en eau exploitée pour l'alimentation en eau potable de Vontovorona est assurée par l'eau de surface du lac Lohozoro, qui occupe une superficie de 33 ha ( $33000\text{m}^3$ ), et de profondeur moyenne de 3m.



Photo 1: Photo aérienne du site d'étude

## Section 2 : Ressource en Eau

### §-1 : Origine de l'Eau

L'eau utilisée par la station de traitement vient du lac Lohozoro lequel reçoit son approvisionnement de différentes sources grossies par les eaux de Ruissellement dont les trois principales sont :

- Le Ruisseau Sud Ouest du lac, environ à 3.5km de débit moyenne.
- Le Ruisseau Ouest, 2.5km de débit très important par rapport aux deux autres
- Le Ruisseau Nord Ouest du lac environ 1km.

On notera qu'à 100m à l'Est du lac il y a l'existence de la rivière Andromba qui aujourd'hui n'a plus de relation avec le lac car le niveau du cours d'eau est beaucoup plus bas par rapport au niveau statique du lac.

### §-2 : Variation de la production du lac

Au début, l'exploitation du lac Lohozoro a été prévue pour assurer l'alimentation en eau potable du centre universitaire Polytechnique de Vontovorona et actuellement elle assure aussi l'approvisionnement des communes à proximité du lac comme Fenoarivo et Alakamisy.

## Section 3 : Situation Environnementale- Source de pollution

### §-1 : Dégradation de l'Environnement – pollution permanent

Le bassin versant, défini par 500m de rayon autour du lac est marqué par son environnement en cours de dégradation.

Le phénomène d'érosion est assez remarquable.

Des coupes d'arbres sont exécutées par la population et cela fait dégrader l'état de la forêt d'Eucalyptus et de Pins au Sud, au Nord et à l'Ouest du lac.

Généralement, le lac est atteint par de nombreuses sources de pollution dite permanente et périodique.

La pollution permanente est due à la présence des :

➤ **Activités urbaines :**

- Comme les rejets d'eaux usées
- agglomération avoisinante environ 50m par rapport à l'ouvrage de captage et quelques constructions avoisinantes au Nord et à l'Est du lac. Des nouvelles constructions se font mêmes à 300m à l'Est de l'ouvrage
- Présence de lavandières sur le bord.

➤ **Activités agricoles :**

- Influence des activités agricoles : présence des rizicultures sur le bassin versant Nord, Sud et Sud Ouest en amont du captage
- Présence de pêcheurs au niveau du lac
- Pâturage et abreuvement de bœuf aux alentours du captage environ 3m

## §-2 : Historique des pollutions périodiques

La pollution périodique est due à la présence de site touristique saisonnière :

- Le bassin versant Ouest de la station est une propriété privée destinée à recevoir des visiteurs à chaque fin de semaine.
- Pendant les vacances et spécialement tous les lundis de pâques et de pentecôte des dégâts et des pollutions au niveau de l'ouvrage de captage ont été constatés, et les espèces de plantes aquatiques à croissance rapide appelées « Volondrano » perturbent souvent l'adduction d'eau.



Coupes d'arbre par les habitants à l'Ouest du lac



Coupes d'arbres par la population au Nord



Environnement encours de dégradation

## Photo 2: Situation Environnementale



Présence de lavandières sur le bord.



Pâturage et abreuvement de bœuf aux alentours du captage environ 3m



Rejets d'eaux usées au nord du lac



Présence des plantes aquatiques à croissance rapide appelées "Volondrano"

### Photo 3: Source des pollutions autours du lac

## Chapitre 2 : STATION DE TRAITEMENT DU LAC VONTOVORONA

### Section 1 : Présentation du centre de production à VONTOVORONA

#### §-1 : Station de traitement

La station se trouve à une distance de 25 km à l'Ouest de la ville d'Antananarivo. Elle est composée par :

- ✓ Un bâtiment divisé en 5 salles :
  - Une salle de pompage eau traitée
  - Une salle de stockage des ingrédients
  - Une salle de préparation des réactifs
  - Une salle de laboratoire de contrôle
  - Une salle de bureau
- ✓ Un logement pour agent de la station
- ✓ Deux files de traitement complet constitué par deux décanteurs statiques (horizontaux) suivi par deux filtres à sables à ciel ouvert
- ✓ Une bache de rétention de 250m<sup>3</sup>

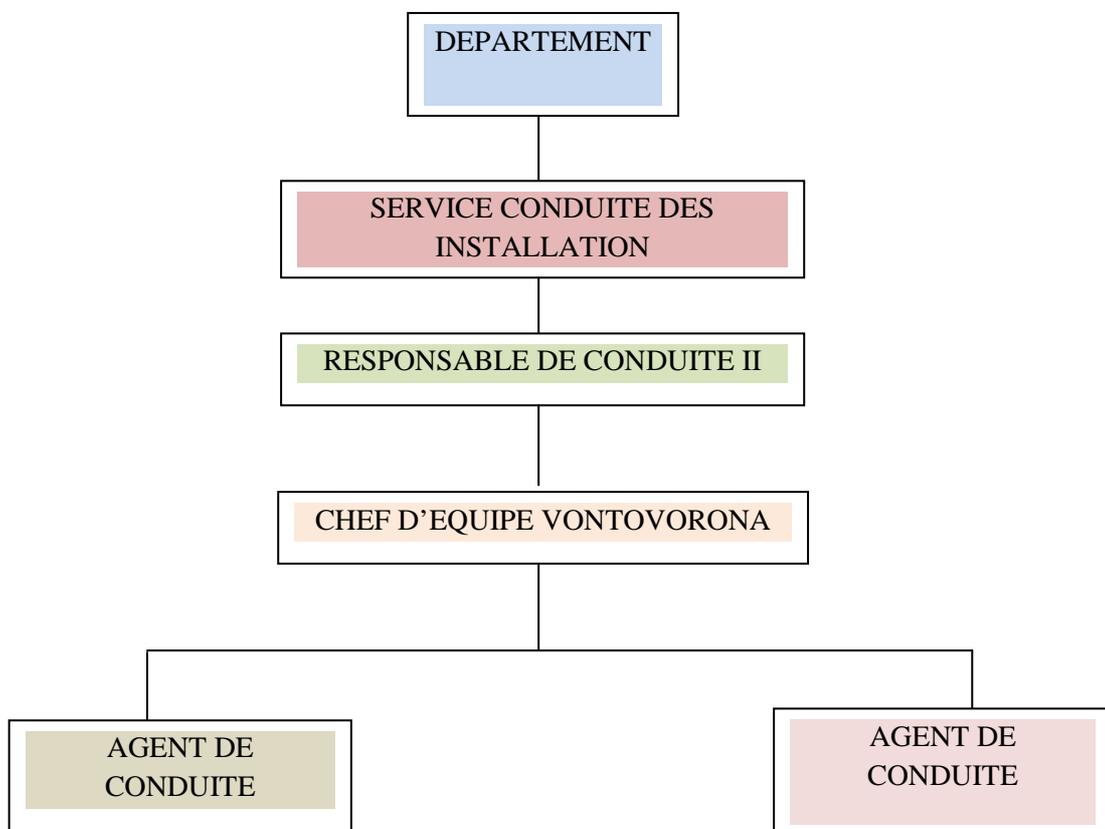
- ✓ Une salle de sur presseur contiguë au toilette.

Production journalière est de 1200 à 1400m<sup>3</sup>/jour

Piste d'accès : 24km route goudronnée, 1km secondaire en bon état ,100m avant d'arriver à la station en mauvais état mais accessible en voiture

## §-2 : Organigramme

L'exploitation de la station est assurée par des agents opérationnels suivant l'organigramme ci-après



## Section 2 : Traitement

### §-1 : Chaîne de traitement

Le traitement classique des eaux de surface a été adopté conformément aux étapes suivant :

Coagulation → Flocculation → Décantation → Filtration → Désinfection → neutralisation

Pour le cas du lac Vontovorona, la variation des taux de traitement pour les différents ingrédients (toute saison confondue) est comme suit :

- Coagulant (sulfate d'alumine / $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) : 9 à  $15\text{g/m}^3$
- Désinfectant (hypochlorite de calcium / $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ): 2 à  $3\text{g/m}^3$
- Neutralisant (chaux éteinte/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) : 3 à  $5\text{g/m}^3$  (1/3 sulfate d'Alumine)

### §-2 : Contrôle du traitement

Les activités du laboratoire sur site se limitent au contrôle de l'efficacité de traitement par les mesures des paramètres suivants : Turbidité, pH, Chlore résiduel, Fer.

En cas de changement de caractéristiques de l'eau brute, des essais de traitement y sont effectués pour déterminer les taux de traitement optimaux des réactifs.

Les agents du laboratoire sont chargés de faire des prélèvements en vue d'analyse physico-chimique complète et bactériologique au niveau du laboratoire centrale de la JIRAMA ou de l'Institut Pasteur de Madagascar.

## Section 3 : Distribution

### §-1 : Réseau de distribution

La distribution en eau potable de Vontovorona est assurée par :

- Deux réservoirs circulaires semi-enterrés de capacité  $1000\text{m}^3$  chacun, située à 1102m au Nord-Ouest de la station de traitement.
- Il existe un nouveau réservoir de  $1000\text{m}^3$  situé au sud mais non opérationnel jusqu'à présent.
- Conduites de distribution en Fonte, en PVC, d'une longueur totale de 4045m, divisées en 3 secteurs et 19 tronçons généralement sans problèmes.
- Une seule borne fontaine payante opérationnelle, bien entretenue, bien clôturée en dur.

### §-2 : Contrôle de l'eau distribuée

Les paramètres comme la Turbidité, pH, Chlore résiduel, Fer sont contrôlés sur site au niveau de la distribution

La qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau distribuée est toujours conforme à la norme.

PARTIE II  
PLANIFICATION : TRAITEMENT EAU  
DE SURFACE

---

*Rapport-gratuit.com*   
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

## **Chapitre 1 : GLOBALITE DES PROCEDURES**

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants. Il peut arriver cependant qu'une pollution subite ou trop importante oblige l'usine à s'arrêter momentanément.

### **Section 1 : Les Processus mis en Œuvre de traitement de l'Eau**

#### **§- 1 : Objets et Objectifs**

Le traitement c'est la mise en œuvre de tous les moyens disponibles pour transformer une eau brute en eau potable avec toutes les actions de suivi correspondant à chaque moyen et à chaque phase de traitement.

#### **§-2 : Mesure d'Efficacité**

Le traitement a pour but de produire une eau potable conforme aux normes en vigueur.

#### **§-3 : Principe Opérationnel**

Il rend conforme les éléments supérieur aux normes, et élimine les matières indésirables et les germes pathogènes contenues dans l'eau brute selon les procédés applicables en une ou plusieurs étapes de traitement jusqu'à obtention d'une eau traitée potable par injection d'un ou plusieurs produits chimiques dans une conduite et avant l'entrée dans les ouvrages différents selon le type d'eau traiter.

### **Section 2 : Différents types de Traitement**

Il existe 2 types de traitement :

#### **§- 1 : Traitement Simple**

Traitement simple ne comportant que la désinfection de l'eau brute de bonne qualité physico-chimique ou d'une eau brute moins chargée ne nécessitant qu'une filtration avant la désinfection.

EB → DESINFECTION ou EB → FILTRATION → DESINFECTION

## §-2 : Traitement complet

Traitement d'une eau brute de moyenne et mauvaise qualité physico-chimique par l'utilisation d'un ou plusieurs ingrédients dans des ouvrages spécifiques comme le décanteur et les filtres avant la désinfection (cas des eaux de surface).

## §-3 : Traitement spécifique

Dans le cas des eaux caractérisées par des éléments supérieurs aux normes, un traitement spécifique est obligatoire pour rendre l'eau potable :

### Déferrisation pour les eaux à teneur en Fer élevé

L'élimination du fer est basée sur la précipitation du fer dissous ( $\text{Fe}^{2+}$ ) sous sa forme oxydée ( $\text{Fe}^{3+}$ ), en tant que  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ou  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

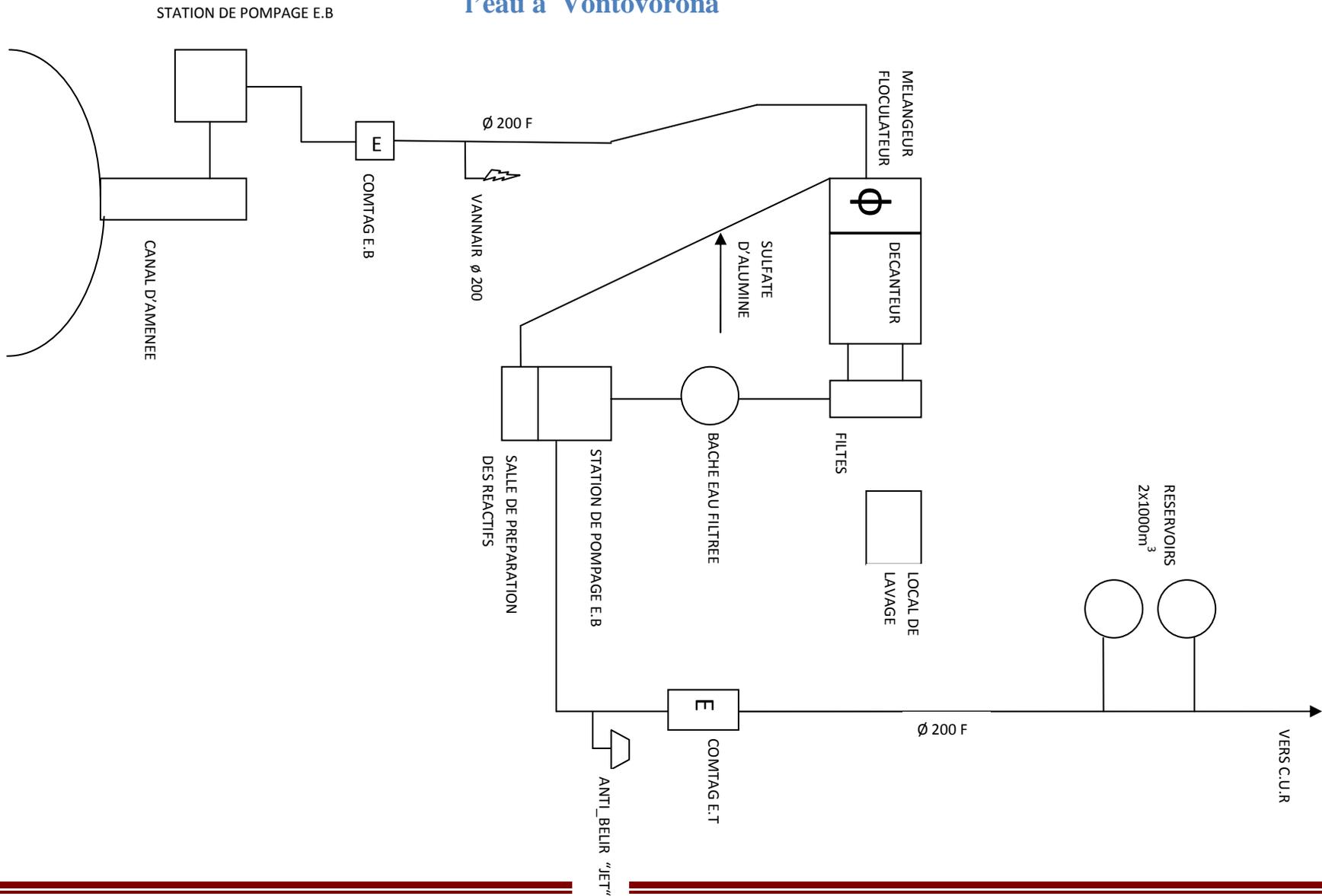
Une des techniques d'élimination physico-chimique du fer consiste en l'oxydation du fer soit par aération, soit par adjonction d'oxydant chimique, suivie d'une décantation et d'une filtration sur sable.

### Démanganisation pour les eaux riches en Manganèse

L'oxydation du manganèse par l'air n'est pas possible car la réaction est très lente. On doit recourir à un oxydant plus puissant, comme le permanganate de potassium. Le permanganate oxyde le manganèse. Les oxydes de manganèse ainsi formés, sont éliminés par décantation suivi de filtration.



Figure 1: Schéma des infrastructures de centre de production de l'eau à Vontovorona



## Chapitre 2 : TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE

### Section 1 : Présentation Scientifique de traitement physico-chimique

Le traitement physico-chimique a pour but de clarifier les eaux de surface par élimination des matières en suspension et matières colloïdales (matières organiques). Il permet en quelque sorte de diminuer la turbidité de l'eau

Il comprend plusieurs étapes :

- ✓ Prétraitement physique et chimique
- ✓ Coagulation-floculation
- ✓ Décantation-filtration

#### §-1 : Prétraitement

##### Dégrillage

Le dégrillage sert à séparer les particules grossières par passage de l'eau à travers des barreaux et s'applique aux eaux de surface très chargées et aux usées collectées du réseau d'égout. La performance est fonction de l'écartement des barreaux.

L'espace de grille varie suivant la taille des particules à retenir

- Dégrillage grossier constitue 8 à 10 cm d'espace entre les barreaux
- Dégrillage plus fin : grille de 2,5 à 4cm.

La vitesse moyenne de passage entre les grilles est de l'ordre de 0.6 à 1 m/s

##### Dessablage

Le dessablage a pour principe d'éliminer les particules grenues (sables, gravillons) par sédimentation et s'applique aux eaux de surface à écoulement très turbulent et aux eaux usées issues du réseau d'égout.

Il a pour objectif de protéger les pompes contre les abrasions, d'éviter les dépôts de sable dans le décanteur et les conduites.

### **Tamissage et le Micro-Tamissage**

Principe et fonctionnement : Rétention des particules fines en suspension (phytoplancton et zooplancton) par les refus d'un tamis, pour les eaux de surfaces eutrophes ou charriant des particules inertes fines. L'ouverture des mailles est de 0.1 à 1mm pour le tamissage et 10 à 100 $\mu$  pour le micro-tamissage.

### **§-2 : Coagulation – floculation**

La coagulation c'est la déstabilisation des particules colloïdales par introduction de réactif chimique appelé coagulant.

La floculation c'est la collision de la particule coagulée avec formation et grossissement des précipités appelé floc.

### **Coagulation au sulfate d'alumine**

Le sulfate d'alumine est le coagulant le plus utilisé pour la clarification d'une eau brute superficielle chargée en matières organiques sous forme colloïdale. La coagulation c'est la formation de précipités suite à la neutralisation des charges négatives des colloïdes par les charges positives du coagulant ( $Al^{3+}$ ). La zone de bonne floculation se situe entre pH 6,0 et 7,2.

La détermination du taux de sulfate d'alumine se fait par des **essais de floculation** appelés **jar-test (voir annexe2)**.

### **§-3 : Décantation – Filtration**

La décantation est l'opération qui consiste à faire tomber au fond d'un ouvrage appelé décanteur les floccs obtenus lors de la coagulation-floculation. La décantation a pour but d'éliminer sous l'action de la pesanteur la majeure partie des matières en suspension dans l'eau soit qu'elle existe dans l'eau brute soit qu'elle se forme au cours de la floculation.

Elle se passe dans des ouvrages appelée décanteur dont la dénomination varie suivant le principe de fonctionnement et la géométrie proprement dite.

On distingue :

- Décanteur statique rectangulaire ou circulaire
- Décanteur dynamique à lit de boue ou à recirculation de boue

La filtration est un procédé physique destinée à la clarifier l'eau. Elle a pour but de retenir des floccs résiduels et les particules en suspension existant dans l'eau. Elle permet aussi une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et indirectement de certain goût et odeur. Un filtre n'est pas un tamis. En effet au cours de la filtration, les phénomènes comme rétention, adsorption et microfiltration sont observables

- Si la dimension de particule est supérieure au pore du filtre, la filtration se fait en surface.
- Si la dimension de particule est inférieure à celle de pore, on a la filtration en profondeur

## Section 2 : Traitement bactériologique

Le traitement bactériologique ou la désinfection est l'étape finale dans le cadre de la potabilisation d'une eau de surface.

### § -1: Désinfection

En fin de traitement, la désinfection permet l'élimination des micro-organismes pathogènes (bactéries et virus). On utilise pour cela soit un désinfectant chimique comme le chlore ou l'ozone, soit des rayonnements ultraviolets. Il est important que ce traitement persiste tout au long du réseau afin qu'aucun germe ne puisse se développer dans les canalisations où l'eau peut séjourner plusieurs jours. Elle ne s'applique qu'à une eau conforme en toutes circonstances aux normes de potabilité. Les désinfectants les plus utilisés sont des oxydants à base de  $\text{Cl}_2$  ( $\text{NaClO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ,  $\text{Cl}_2(\text{g})$ ), qui agissent sur les bactéries par empoisonnement enzymatique de leur métabolisme. Ils sont les plus utilisés à cause de leur pouvoir rémanent (effet désinfectant maintenu dans le réseau de distribution, garantissant ainsi la qualité biologique de l'eau).

Le taux optimal du désinfectant est déterminé par des essais appelé demande en chlore (voir annexe3)

## §-2 : Suivi de la Désinfection

A fin d'assurer en permanence la qualité bactériologique de l'eau, les activités de suivi ci-après sont de rigueur :

- Analyse du pH matin et après midi
- Suivi fonctionnement du système d'injection tels que : Réglage du vernier, Etanchéité, débit et pression
- Analyse journalière du chlore résiduel à la sortie de la station, sortie de réservoir, point du réseau la plus éloigné suivant une fréquence bien définie.

La mesure du chlore résiduel facile et rapide n'écarte pas les analyses bactériologiques, ce sont deux contrôles complémentaires.

Le chlore résiduel doit exister dans tout le réseau, sa présence est une garantie d'une désinfection suffisante, son absence est un indice d'une pollution ignorée.

## §-3 : Conduite de Désinfection

La mesure du chlore résiduel renseigne les anomalies pouvant exister sur le système d'injection d'hypochlorite de calcium et l'état des ouvrages de stockage et des réseaux de distribution.

**PARTIE III**  
**PROGRAMMATION : MISE EN ŒUVRE**  
**TRAITEMENT EAU DE SURFACE**

---

## Chapitre 1 : SYSTEME DE MANAGEMENT OPERATIONNEL

### Section 1 : Structure Opératoire

#### §-1 : Type d'étude

Ce travail est une étude transversale au niveau de la qualité physico-chimique et bactériologique des Eaux surface non traitées et traitées en vue d'évaluer la qualité des eaux et l'efficacité du traitement mise en œuvre.

Cette étude a été faite dans le laboratoire de JIRAMA Mandroseza. Elle met en évidence l'évolution de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau au niveau de lac Vontovorona durant la période de 2011 à 2013 en prenant comme état de lieu actuel les résultats d'analyse des échantillons prélevés au cours de notre stage le courant du mois de mars et avril 2013 .

#### §-2 : Mode de Prélèvement des Echantillons

L'échantillonnage des eaux a été effectué dans la commune rurale de VONTOVORONA.

Les matériels qu'on a utilisés sont des bouteilles d'eau vive et deux jerricanes de 5l pour les prélèvements des eaux destinées aux essais de traitement et des eaux en vue d'analyse physico-chimique. Dans tous les cas le rinçage deux à plusieurs fois du récipient avec l'eau à échantillonner est nécessaire.

L'utilisation de flacon stérilisé est obligatoire pour l'analyse bactériologique

On remplit le récipient avec l'eau à échantillonner et le fermer le plus tôt possible pour éviter la présence de l'oxygène. L'identification, codification et mention de la date de prélèvement se font sur site.

### Section 2 : Analyse Physico-chimiques et Bactériologiques

L'analyse de l'eau brute permet de définir le mode de traitement adéquat pour la rendre potable.

Une analyse régulière de l'eau traitée est importante pour les raisons suivantes :

- elle permet de définir les problèmes existants.
- elle garantit de l'eau qui convient à l'utilisation prévue.
- elle garantit une eau potable sûre.
- elle permet de vérifier l'efficacité du système de traitement.

Les paramètres qui constituent les données de cette étude ont été déterminés suivant les techniques d'analyses et de méthodes spécifiques pratiquées par le laboratoire de la JIRAMA Mandrozeza Antananarivo.

### §-1 Analyse des paramètres physico-chimiques

#### Paramètres physique

##### pH

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène  $[H^+]$  présent dans l'eau ou les solutions. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence. Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $H^+$ .

#### Matériels

pH- mètre

Bécher



**Photo 4: pH mètre SCHOTT**

#### Mode opératoire

- Rincer plusieurs fois la cellule à l'eau distillée.
- Plonger cette cellule dans le bêcher contenant l'eau à analyser.
- Lire la valeur affichée

## Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm

Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micron siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Principe: Mesure de la conductivité électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) maintenues parallèles.

### Matériels

Conductimètre

Récipient en verre



**Photo 5: Conductimètre**

### Mode opératoire

- D'une façon générale, opérer avec de la verrerie rigoureusement propre et rincée avec de l'eau distillée, avant usage.
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord à l'eau distillée.
- Puis, plonger la cellule dans le récipient contenant l'eau à examiner.
- Lire la valeur affichée

## Minéralisation

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. Toutefois, la minéralisation déterminée par pesée de l'extrait sec, n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de conductivité.

On mesure la minéralisation de l'eau à l'aide d'un appareil appelé conductimètre (photo 5)

## Température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. La mesure de la température est incorporée dans le Conductimètre (photo 5)

## Turbidité

La turbidité est représentative de la transparence d'une eau. Cette transparence peut être affectée par la présence de particules en suspension et de matières colloïdales dans l'eau (limons, argiles, micro-organismes...). La turbidité est un paramètre important dans l'évaluation de l'efficacité du traitement.

### Mode opératoire

Avant toutes mesures, étalonner l'appareil au moyen de la solution étalon.

- Rincer la cuve turbidimétrique à l'eau à analyser,
- Puis la remplir avec précaution pour éviter la formation de bulle d'air.
- Essuyer la cuve pour effacer toutes traces de doigt
- Effectuer la mesure



**Photo 6: Turbidimètre**

## Paramètres Chimique

Les paramètres chimiques ont été mesurés par deux méthodes d'analyse :

- Analyse volumétrique
- Analyse colorimétrique

### Analyse volumétrique

#### ❖ Dureté ou titre hydrotimétrique

La dureté ou la titre hydrotimétrique (TH) d'eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$

Rapport-gratuit.com



Réactifs : Pour le TH :

- Solution de noir eriochrome T dans l'alcool éthylique à 0.4% = NET
- Tampon TH
- Ammoniaque à 25 %
- Dichromate de potassium à pH=10
- Solution de complexon III
- EDTA N/50

## Pour le TH Ca

- Patton et Reeder
- Lessive de soude 3N (pH = 12)
- Solution de complexon III
- EDTA N/50

Mode opératoire

- Prélever 100ml d'eau à analyser
- Ajouter 2ml de tampon TH + quelques gouttes de NET (pour le TH)

Mais 2 ml de NaOH 3 N + quelques cristaux de Patton et Reeder (pour le TH Ca)

- Doser avec la solution de EDTA N /50 jusqu'au virage rouge vineux au bleu-vert.
- Vérifier qu'une goutte de complexon ne produit plus de tache bleue – verte.

Expression des résultats

Si V est le volume d'EDTA versé pour une prise d'essai de 100 ml. La dureté calcique est égale à V exprimée en °F

**❖ Titre alcalimétrique complet et titre alcalimétrique**Réactifs

- Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> N/50
- Solution de phénolphaléine à 1%
- Solution d'hélianthine à 1%

### Mode opératoire

- Prélever 100ml d'eau à analyser dans un bêcher.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine.
- Titrer avec  $H_2SO_4$  N/50 en agitant constamment jusqu'à la décoloration
- Noter V le volume de  $H_2SO_4$  versé
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'hélianthine (jaune).
- Continuer le tirage avec le  $H_2SO_4$
- Soit V' le volume total versé jusqu'au rivage du jaune eu jaune orangé.

### Expression des résultats

$$TA = V^{\circ}F$$

$$TAC = V^{\circ}F$$

### ❖ **Détermination des chlorures (Cl<sup>-</sup>)**

Principe : Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former 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.

### Réactifs

- Solution d' $AgNO_3$  N/10 ou d' $AgNO_3$  N/50
- Solution de  $K_2CrO_4$

### Mode opératoire

- Prélever 100ml d'eau à analyser
- Ajouter 3 à 5 gouttes de  $K_2CrO_4$
- Titrer avec  $AgNO_3$  jusqu'au rivage au rouge brique

### Expression des résultats

Soit V le volume de  $AgNO_3$  versé, la teneur en chlorure en mg / l est égale à :

- $V$  en ml x 35.5 pour  $AgNO_3$  N/10

- $V$  en ml  $\times 35.5/5$  pour  $\text{AgNO}_3$  N/50

### ❖ Des matières oxydables en milieu alcalin (M.O)

Principe: Oxydation par un excès de permanganate de potassium, en milieu alcalin et à ébullition (10mn), des matières oxydables contenues dans l'échantillon. Réduction de l'excès de permanganate par l'oxalate de sodium en excès et titrage en retour de l'excès d'oxalate par le permanganate de potassium en milieu acide.

#### Réactifs

- Solution saturée de bicarbonate de sodium
- Solution de permanganate de potassium N/80
- Acide sulfurique  $\frac{1}{2}$
- Sel de Mohr  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4), 6\text{H}_2\text{O}$

#### Mode opératoire

- Prélever 100ml d'eau à analyser
- Verser 5 ml de  $\text{NaHCO}_3$  saturé
- Porter à ébullition
- Ajouter 10ml de  $\text{KMnO}_4$  N/80 et porter à ébullition pendant 10 mn
- Refroidir et ajouter encore 5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  avec 10 ml de sel de Mohr
- Ajouter 10 ml de  $\text{KMnO}_4$  jusqu'à l'apparition de la couleur rose persistante.

Soit  $V_1$  le volume de  $\text{KMnO}_4$  versé.

- Recommencer les mêmes opérations avec l'eau distillée. Soit  $V_2$  le volume de  $\text{KMnO}_4$  versé.

#### Expression des résultats

La quantité de matières organiques est obtenue en faisant la différence entre  $V_1$  et  $V_2$

$$\text{M.O} = (V_1 - V_2) \text{ mg / l}$$

## Analyse colorimétrique

### ✓ Dosage de fer total (méthode hydrocure)

Principe : Addition d'une solution de phénantroline 1,10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm. Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ .

### Matériels et réactifs

- Comparateur standard Hydrocure
- cuvettes graduées A/B
- Plaquette « Fer 0.06 à 1mg / l » et « Fer 0.3 à 5 mg/l »
- Bêcher ou flacon de 100ml – jaugé –
- Pipette de 2ml
- 



### **Photo 7: Comparateur Hydrocure**

#### Mode opératoire

- Prélever 100ml d'eau à analyser
- Ajouter une jauge de dithionite de sodium
- Agiter jusqu'à dissolution du réactif.
- Laisser se reposer.
- Ajouter 16 à 20 gouttes ou 2 ml de diméthylglyoxine.

- Agiter et laisser se reposer.
- Remplir l'une des cuvettes avec l'eau colorée et placer dans le comparateur du côté repère « réactif ».
- Comparer la couleur de cette solution avec celle des plaquettes étalons.
- Lire la teneur en fer correspondante en mg/l.

### Remarque

La comparaison se fait à la partie supérieure pour « Fer 0.06 à 1mg /l » et à la partie antérieure pour « Fer 0.3 à 5mg / l ».

Si l'intensité de la couleur est supérieure à celle des écrans, faire une dilution préalable et tenir compte du facteur de dilution dans l'expression des résultats.

### ✓ **Détermination de la teneur en chlore résiduel (méthode hydrocure)**

Principe : Addition d'une solution d'Orthotolidine à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe de couleur jaune dont l'intensité est proportionnelle à la teneur en chlore résiduel.

Réactif : Orthotolidine

Matériels : Comparateur standard Hydrocure

Plaquette chlore libre 0,1 à 2 mg/l

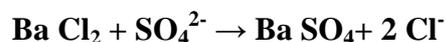
Cuvettes graduées A/B

#### Mode opératoire

- Remplir la cuvette jusqu'au trait B
- Ajouter quatre gouttes d'orthotolidine, agiter et placer dans le comparateur du côté repère « réactif ».
- laisser se reposer pendant deux minutes.
- Remplir l'une des cuvettes avec l'eau à analyser
- Comparer la couleur de cette solution avec celle des plaquettes étalons.
- Lire la teneur en chlore résiduel correspondante en mg/l.

### ✓ Détermination des Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Principe : Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum. En présence de  $\text{Ba Cl}_2$ .



#### Réactifs

- Solution de HCl 1/ 10N
- Solution de polyvinyle – pyrrolidine ou de « TWEEN » 20- 25%
- Solution de chlorure de baryum stabilisée.

Matériel : Spectrophotomètre (photo 8)

#### Mode opératoire

- Dans un tube à essai, introduire successivement :
  - Eau à analyser : 39ml
  - HCl N/ 10 : 1 ml
  - Solution de  $\text{BaCl}_2$  + « TWEEN 20 » ou solution de  $\text{BaCl}$  + PVP : 5 ml
- Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplaçant l'eau à analyser par l'eau distillée.
- Agiter fortement et laisser reposer 15 mn
- Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde

$\lambda = 650 \text{ nm}$ .

- Tenir compte de la valeur lue pour le témoin et se reporter à la courbe d'étalonnage.

#### Expression de résultats

Pour une prise de 39 ml, la courbe donne directement la teneur en sulfate exprimée en mg de  $\text{SO}_4^{2-}$  par litre.

### ✓ Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

#### Principe

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec le N - 1Naphthyléthylènediaminedichloride donne naissance à une coloration

### Réactifs

- Ammoniaque pure (d=0,925)
- Réactif de Zambelli
  - Acide chlorhydrique (d=1.19) 260 ml
  - Acide sulfanilique 5g
  - Phénol cristallisé 7,5g
  - Chlorure d'ammonium 135 g
  - Eau distillée 625 ml

### Mode opératoire

Introduire l'acide chlorhydrique et l'eau distillée dans une fiole jaugée de 1 litre.

Puis y dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol, en chauffant légèrement au bain – marie. Ajouter le chlorure d'ammonium après dissolution complète. Après refroidissement, ajuster le volume de la solution à 1 litre avec de l'eau distillée.

- Prélever 50 ml d'eau à analyser et y ajouter 2 ml de réactif de Zambelli.
- Ajouter et laisser au repos pendant 10 minutes
- Ajouter de 2 ml d'ammoniaque pure
- Préparer de la même façon un témoin avec 50 ml d'eau distillée
- Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde 435 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin
- Se reporter à la courbe d'étalonnage

### Expression de résultats

Pour une prise de 50 ml, la courbe d'étalonnage donne directement la teneur en  $\text{NO}_2^-$  exprimée en mg / l d'eau

### ✓ **Dosage des nitrates $\text{NO}_3^-$**

Principe: En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

### Réactifs

- Solution de salicylate de sodium 0.5 % à renouveler toutes les 24 heures.
- Acides sulfuriques concentré
- Solution de NaOH et de tartrate double de sodium et de potassium
- Hydroxyde de sodium 400mg – tartrate double 60g
- Eau distillée qsp 1000ml

### Mode opératoire

- Faire dissoudre les sels dans l'eau. Laisser refroidir et compléter à 1000ml.
- Conserver dans un flacon en polyéthylène.
- Introduire 10 cc d'eau à analyser dans un bêcher (pour teneur en azote nitrique > 10mg/l, opérer une dilution).
- Alcaliniser faiblement avec la solution de soude
- Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium
- Préparer de la même façon un témoin avec 10 cc d'eau distillée.
- Evaporer à sec au bain marie ou dans une étuve (75 à 80°C). Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu par 2cc d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10mn
- Ajouter 15 ml d'eau distillée + 15 ml de NaOH + tartrate double qui développe la couleur jaune.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda = 415$  nm et tenir compte de la valeur.

### Expression des résultats

Pour une prise d'essai 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique (mg/l).  
Pour obtenir la teneur en NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, multiplier ce résultat par 4,43.

NB : Pour le dosage des nitrates, n'utiliser qu'une solution claire.

### ✓ **Dosage de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

**Principe :** Mesure spectrophotomètre à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Réactifs : Réactif de Nessler :

- Iodure de mercure.....13.55g
- Iodure de potassium.....36g
- Eau distillée.....1000ml

Matériel : Spectrophotomètre (photo 8)Mode opératoire

- Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée.
- Ajouter 2 ml de réactif de Nessler et mélanger
- Préparer de la même façon un témoin à partir de l'eau distillée
- Laisser au repos 10mn
- Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 425 mn en tenant compte de la valeur lue pour le témoin
- Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

La courbe donne la teneur en azote ammoniacal exprimée en milligramme dans la prise d'essai de distillant.



**Photo 8: Spectrophotomètre**

## §-2 : Analyse des Paramètres Bactériologiques

Les paramètres bactériologiques de l'eau analysée à la JIRAMA sont les suivants : coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, anaérobies sulfite-réducteurs. Ce sont les indicateurs de contaminations fécales ou germes témoin.

### Les bactéries coliformes :

Le coliforme est une entérobactérie bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatifs.

Ils sont en revanche sensibles aux conditions de culture, notamment de température et pH.

### Les bactéries thermo-tolérantes E-coli :

Ce sont des bactéries d'origine fécale qu'on retrouve dans le tube digestif des humains et des animaux

### Les bactéries streptocoques ou entérocoques fécaux :

Les entérocoques ou streptocoques se présentent sous forme de coccie, sphériques formant des chaînettes, aérobie et anaérobie facultatifs, ils se développent aussi bien en absence d'oxygène qu'avec. Ce sont des bactéries à gram positif.

### Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices(ASR) :

Ces bactéries se développent sans oxygène et elles ont la possibilité de se transformer sous une forme de spore résistante aux conditions défavorables. Ce sont des indicateurs de contamination de pénétration des eaux de ruissellements dans les ouvrages de captages.

### Méthode d'analyse

- Le méthode par membrane filtrante a été utilisé pour la recherche des coliformes fécaux, totaux, streptocoques.

-Méthode par inoculation en milieu liquide pour l'ASR.

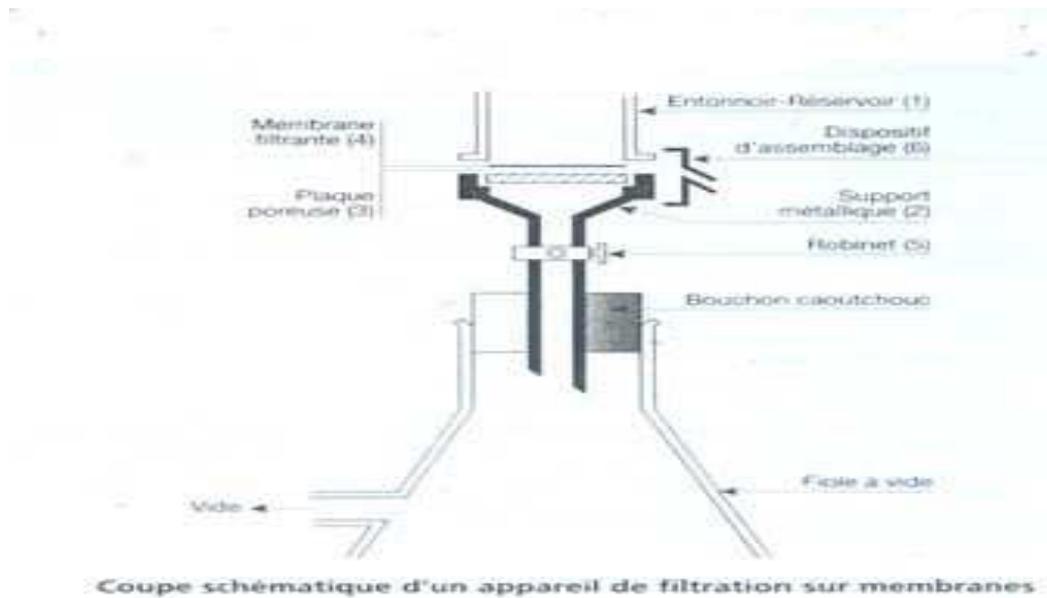
### Matériels utilisés

#### **Matériels utilisés pour le prélèvement**

- Flacons en verre stérilisés : pour contenir l'échantillon prélevé
- Bec Bunsen : pour la stérilisation du point de prélèvement par flambage
- Alcool 90° : pour stériliser le point de prélèvement

#### **Matériels utilisés pour les analyses**

- Appareil de filtration sur membrane ou rampe de filtration : appareil pour filtrer l'échantillon d'eau sur la membrane filtrante
- Membrane filtrante stérile de porosité 0,45 µm, diamètre 5 cm.
- Boite de pétri
- Bec Bunsen
- Milieu de culture
- Etuve 37°C et 44°C



### Photo 9: Appareil de Filtration

#### Mode de prélèvement

##### **Pour une eau brute :**

- Prélever l'eau sous flamme

##### **Pour l'eau du robinet :**

- Flamber l'ouverture du robinet
- Laisser le robinet ouvert pendant quelques minutes
- Effectuer l'échantillonnage sous flamme
- Conserver l'échantillon à une température de 5°C lors de son transport jusqu'au laboratoire d'analyse dans les 24 heures qui suivent.

- ✓ Pour les Coliformes totaux, Escherichia Coli et les Streptocoques fécaux, le test se fait sur milieu spécifique selon les germes à déterminer avec des températures et durée d'incubation différentes.

✓

**Tableau 1: Milieu de culture et condition d'incubation des bactéries suivant la méthode sur membrane filtrante**

Bactéries	Milieu de culture spécifique	Température d'incubation (°C)	Durée d'incubation (heure)
Coliformes totaux	gélose lactosée au TTC et Tergitol (milieu de Chapman)	37	20 à 24
Coliformes fécaux (Escherichia Coli)	gélose lactosée au TTC et Tergitol (milieu de Chapman)	44	20 à 24
Streptocoques	Slanetz et Bartley	37	24 à 48

#### Mode opératoire

- Prélever 100mL d'échantillon
- Filtrer l'eau à analyser sur la membrane de porosité 45µm
- Enlever la membrane sur l'appareil de filtration
- La mettre dans une boîte de pétri contenant le milieu de culture spécifique
- Laisser incuber dans l'étuve suivant la température et la durée préconisée dans le tableau ci-dessus.
- Dénombrer les colonies sur la membrane (cf)

**Tableau 2: Caractéristique des colonies**

Bactéries	colonies
Coliformes totaux	Jaune
Coliformes fécaux	Jaune orangé
Streptocoques fécaux	Rouges, violette ou rose

- ✓ Pour l'ASR, la méthode de dénombrement se fait par incorporation en milieu solide.

Mode opératoire :

- Prendre 5 à 10mL d'eau à analyser dans un tube stérile
- Mettre dans un bain marie à 80°C pendant 10mn pour détruire les formes végétatives
- Refroidir à 55°C
- Verser l'eau à analyser dans un tube contenant le milieu Gélosé viande-foie préalablement fondu à 80°C
- Bien homogénéiser l'ensemble mélanger et Incuber à 37°C pendant 24h puis 48h
- La présence d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice (ASR) est confirmée par des colonies noires entourées d'un halo noir.

### Section 3 : Résultats d'Analyse Physico-chimiques et Bactériologiques à Vontovorona

#### §-1: Caractéristiques physico-chimique et bactériologiques de l'eau

Des analyses ont été réalisées sur les échantillons que nous avons prélevés et les normes Malagasy et OMS ont été prises comme référence pour évaluer la qualité des eaux (**voir annexe3**)

#### Paramètres organoleptiques et physico-chimique

Les températures mentionnées dans les tableaux 5 et 6 sont celles mesurées au laboratoire. Les résultats d'analyse organoleptique et physico-chimique sont mentionnés dans les tableaux 3 et 4.

**Tableau 3: Résultats des paramètres organoleptiques et physico-chimique**

Echantillon	Paramètre et mesure effectuée				
	Aspect/Couleur	Odeur	Saveur/Goût	Température en °C	Turbidité (NTU)
Eau Brute	L. trouble/ L. jaunâtre	Légère odeur d'œuf pourri	Désagréable	23.9	6.99
Eau traitée	Limpide/Incolore	Absence	Agréable	21.7	2.47

L : légèrement

On constate une amélioration de la qualité de l'eau traitée par rapport à celle de l'eau brute

**Tableau 4: Les résultats d'analyses physico-chimiques pour les ions majeurs dans le lac Vontovorona**

Paramètres	Unité	Valeur Eau brute	Valeur Eau traitée	VMA/Norme OMS/NM
pH	-	7.2	7.13	6.5-9.2
Conductivité	μS/cm	19.9	28.5	3000
Minéralisation	mg/l	17	26.1	-
Dureté totale	°F	1.9	1.6	50
TA	°F	0.00	0.00	-
TAC	°F	1.6	1	-
Matières organiques	mg/l	1.25	0.6	2
Fer total	mg/l	0.06	0.03	0.5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.101	0.104	0.50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.016	0	0.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.000	0	50
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	0	3.922	250
Chlorures	mg/l	3.55	7.10	250
Chlore libre	mg/l	-	0.6	2

Le tableau 4 nous montre que l'eau traitée est conforme à la norme. L'augmentation de la minéralisation a été constatée suite à des apports en ions sulfates et chlorures par l'utilisation de sulfate d'alumine et de l'hypochlorite de calcium.

Il y a diminution de la turbidité, de la teneur en matières organiques et en Fer total ce qui démontrent l'efficacité de la clarification.

Par contre la teneur en ammonium reste stationnaire.

Le pH est plus ou moins stable tout en restant dans le domaine de la neutralité.

**Tableau 5: Les résultats d'Analyse bactériologique**

Paramètres	Eau brute	Eau traitée	VMA/Norme OMS/NM
SULFUTO-REDUCTEUR	Indénombrable	0 / 100ml	0 / 100ml
COLIFORMES TOTAUX	$2.2 \times 10^2$	0 / 100ml	0 / 100ml
STREPTOCOQUES FECAUX	$1.0 \times 10^2$	0 / 100ml	0 / 100ml
STREPTOCOQUES FECAUX	$1.2 \cdot 10^2$	0 / 100ml	0 / 100ml

On a constaté que l'eau traitée est exempte de bactérie, elle est conforme à la norme OMS et NM (voir annexe 4 et 5), et ne présente pas des risques pour la santé.

La faible turbidité dans le tableau 3 (2,47NTU) et la teneur en chlore (0.6) nous confirment l'efficacité de la désinfection.

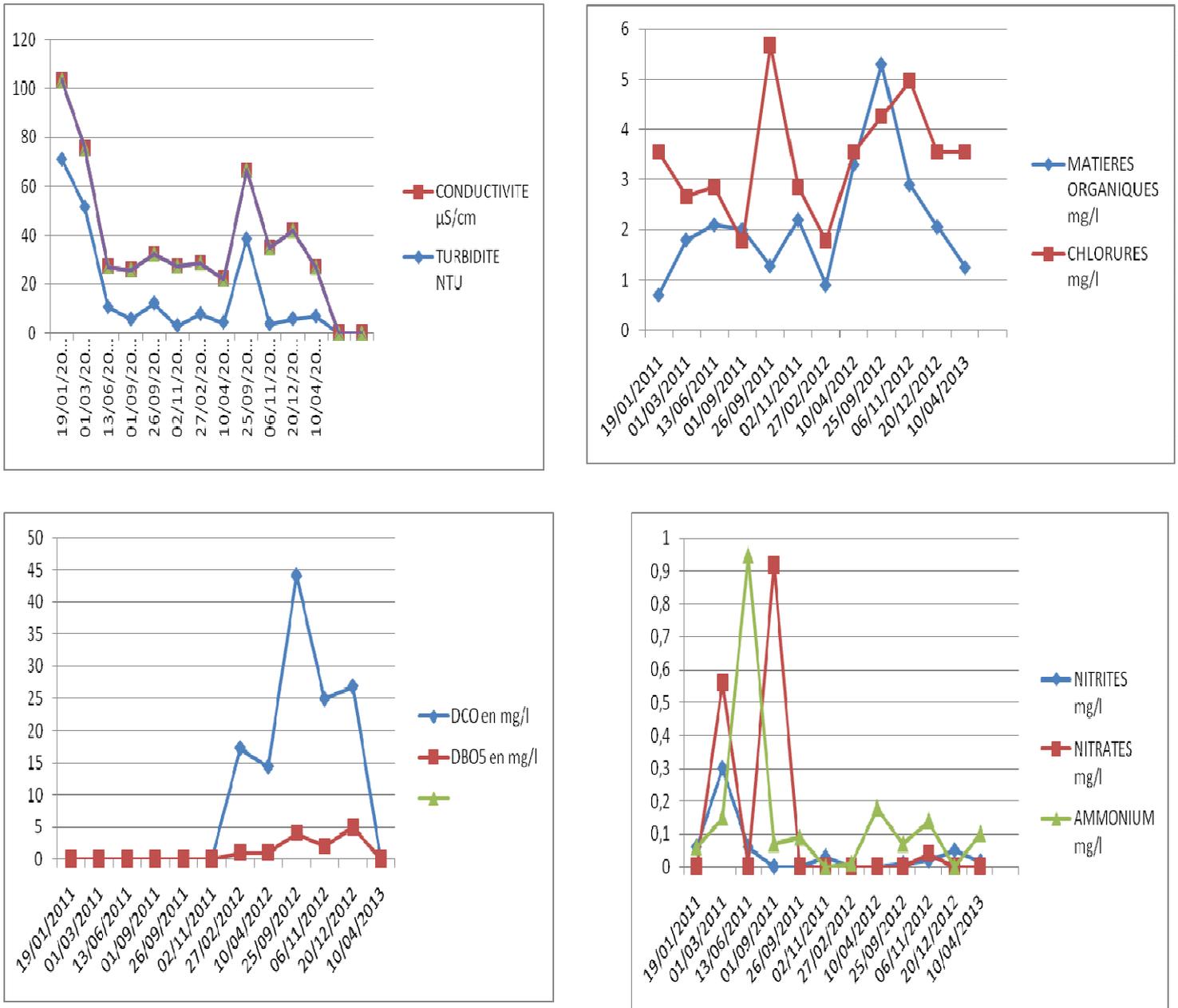
### §-2 : Evaluation de la qualité de l'eau à Vontovorona

L'étude de la qualité de l'eau brute a été effectuée à partir des données d'analyses disponibles au laboratoire au cours des années 2011 et 2012.

Les paramètres suivants ont été considérés : turbidité, conductivité, matières organiques, ammonium, chlorures, nitrites et nitrates

Tableau 6: Evaluation d'analyse de l'eau à Vontovorona

NATURE	19/01/2011	01/03/2011	13/06/2011	01/09/2011	26/09/2011	02/11/2011	27/02/2012	10/04/2012	25/09/2012	06/11/2012	20/12/2012	10/04/2013
	EB	EB	EB	EB	EB	EB						
CARACTERISTIQUES												
<b>PHYSICO-CHIMIQUE</b>												
TEMPERATURE °C	22,8	22	17,5	17,3	19,6	23,9	20	23,6	18,2	22,9	23,4	23,9
TURBIDITE NTU	71,2	51,4	10,8	5,77	12,4	3,06	7,99	4,42	38,6	3,78	5,94	6,99
pH	6,4	6,91	8	7,6	7,2	7,3	7,7	7,7	6,2	7,4	7,3	7,2
CONDUCTIVITE µS/cm	32,3	24,2	16,4	20,2	20	24,3	20,7	17,6	28,2	31,2	36,2	19,9
MATIERES ORGANIQUES mg/l	0,7	1,8	2,1	2	1,28	2,2	0,9	3,3	5,3	2,9	2,06	1,25
AMMONIUM mg/l	0,06	0,15	0,95	0,07	0,09	0	0,01	0,18	0,07	0,14	0	0,101
CHLORURES mg/l	3,55	2,66	2,84	1,77	5,68	2,84	1,77	3,55	4,26	4,97	3,55	3,55
NITRITES mg/l	0,06	0,3	0,06	0	0	0,03	0	0	0,01	0,02	0,05	0,016
NITRATES mg/l	0	0,56	0	0,92	0	0	0	0	0	0,04	0	0
<b>DCO en mg/l</b>	-	-	-	-	-	-	17,28	14,4	44,16	24,96	26,9	-
<b>DBO<sub>5</sub> en mg/l</b>	-	-	-	-	-	-	1	1	4	2	5	-
<b>BACTERIOLOGIQUE</b>												
<b>Coliformes totaux à 37°C/100ml</b>	-	-	-	-	-	-	7 x 10 <sup>1</sup>	4 x 10 <sup>2</sup>	16 x 10 <sup>2</sup>	46 x 10 <sup>2</sup>	< 1	2,2x10 <sup>2</sup>
<b>Coliformes thermotolérants à 44°C/100ml</b>	-	-	-	-	-	-	< 1	3 x 10 <sup>2</sup>	< 1	2 x 10 <sup>2</sup>	< 1	1x10 <sup>2</sup>
<b>Streptocoques fécaux /100ml</b>	-	-	-	-	-	-	2,2 x 10	20 x 10 <sup>2</sup>	2 x 10 <sup>2</sup>	< 1	< 1	1,2x10 <sup>2</sup>
<b>Anaérobies sulfito-réducteurs/20ml</b>	-	-	-	-	-	-	inc.	inc.	inc.	inc.	inc.	inc
<b>Grille de qualité</b>	-	-	-	-	-	-	Bonne	Bonne	Mauvaise	Bonne	Bonne	Bonne



**Figure 2: Courbe d'évaluation des paramètres d'indicateur des pollutions**

**Interpretation**

Les teneurs en matières azotées sont assez faibles et sont plus ou moins stationnaires au cours de ces deux années. La hausse de la turbidité et de la conductivité est liée à l'érosion en période de pluies (mois de novembre à mars).

La qualité de l'eau du lac Vontovorona est classée bonne suivant la grille de qualité des eaux de surface (annexe 6).

Cependant les faits suivants sont à signaler :

Les pics concernant les matières organiques d'une part et la population bactérienne d'autre part, au courant de la période du 10/04/2012 sont dûs aux fortes activités polluantes autour du lac durant la journée du lundi de pâques.

Le même fait a été constaté le 25/09/2012 avec des pics de turbidité, conductivité, DCO, DBO5, et matières organiques par rapport à la tendance saisonnière suite à l'aménagement d'un bassin de pisciculture par un tiers, à l'Ouest de captage.

## **Chapitre 2 : PERENNISATION DES RESSOURCES EN EAU**

La pérennisation de la quantité et de la qualité de l'eau ne peut se faire qu'en adoptant un système de protection de la ressource en eau. Pour cela les recommandations édictées dans le code de l'eau et ses décrets d'application sont à considérer, particulièrement le décret N°2003-940 relatif aux périmètres de protection.

### **Section 1 : Harmonisation des Ressources Eau**

#### **§-1: Protection de l'Eau**

##### **Protection qualitative**

La protection qualitative a pour objectif de préserver l'eau contre toutes sources de pollution susceptible de dégrader sa qualité. Ces sources de pollution peuvent être d'origine solide, liquide ou gazeux telles qu'ils sont définies par les dispositions du code de l'Eau.

Ainsi, selon le code de l'Eau, la pollution est définie comme tous déversements, écoulements, rejet, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et plus généralement de tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux, en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques et radioactives, qu'il s'agisse d'eau de surface ou souterraines.

### **Protection quantitative**

La protection quantitative a pour but de mettre en place une rationnelle de l'eau, elle est réglementée par les dispositions du Décret n02003-943 du 9 septembre sus visé. En fait, le prélèvement des eaux de surface ou des Eaux souterraines pour usages personnels ne nécessite pas l'autorisation prévue par les articles 10 et 11 de la loi 98029 du 20 janvier 1999 portant Code de l'Eau.

L'usage personnel est défini comme des usages nécessités par les besoins quotidiens élémentaires, nutritionnels et hygiénique d'une personne ou d'une famille. De toutes les manières, les prélèvements pour usages personnels de l'eau ne doivent pas dépasser 1m3 par heure.

### **§-2 : Application du Code de l'Eau**

Loi n 98-029 du 20 Janvier portant le code de l'Eau a décrit que l'eau est un patrimoine commun national et aussi un élément naturel indispensable

### **Fonctions des périmètres de protection**

Il y a trois sortes de périmètre de protection :

#### **Le périmètre de protection immédiate :**

Il 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 périmètre de protection rapprochée :**

Il a pour fonction de protéger efficacement le captage vis-à-vis de la migration souterraine des substances polluantes.

### Le périmètre de protection éloignée :

Il prolonge éventuellement le précédent pour renforcer la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses. Il sera créé si l'on considère que l'application de la réglementation générale, même renforcée, n'est pas suffisante, en particulier s'il existe un risque potentiel de pollution que la nature des terrains traversés ne permet pas de réduire en toute sécurité, malgré l'éloignement du point de prélèvement

## **Section 2 : Recommandations concernant les Périmètres de Protection**

### **§-1 : Délimitation des périmètres de protection**

La délimitation d'un périmètre de protection immédiate est faite sur la base d'une étude qui doit comprendre notamment un rapport hydrologique et hydrogéologique, et un rapport d'évaluation de l'état quantitatif de la ressource, de sa vulnérabilité vis-à-vis des dangers de pollution ou de dégradation et, éventuellement, des risques encourus par les ouvrages.

Concernant le périmètre de protection rapprochée et éventuellement éloignée, ils sont délimités après enquête publique prescrite par arrêté du Ministre chargé de l'eau, confiée à une commission composée des représentants:

- de l'ANDEA dans la zone concernée, président,
- du Ministère chargé de l'eau,
- du Ministère chargé de l'Aménagement du Territoire
- du Ministère chargé de l'Agriculture,
- des Communes concernées,
- l'Agence de bassin concernée, secrétaire,

Le Ministre chargé de l'eau peut, en outre, n'inviter toute personne susceptible d'aider la commission d'enquête dans ses investigations, à en faire partie.



## §-2 : Servitudes et activités réglementées dans les périmètres de protection.

La réalisation d'aménagements, d'ouvrages ou de travaux, exécutés par des personnes publiques ou privées, est précédée d'une enquête, publique et d'une étude d'impact environnemental soumises aux dispositions du présent code ainsi qu'à celles prévues en ce sens par la loi n90-003 du 21 décembre 1990 portant Charte de l'environnement, lorsqu'en raison de leur nature, de leur consistance ou du caractère des zones concernées, ces opérations sont susceptibles d'affecter l'environnement et devraient occasionner des troubles à l'écosystème aquatique.

A l'intérieur des périmètres de protection rapprochée ou éloignée, les zones de servitude peuvent interdire ou réglementer notamment les activités ci-après, installations ou dépôts qui, compte tenu de la nature des terrains, présentent un danger de pollution pour les eaux, du fait de la nature et de la quantité de produits polluants liés à ces activités :

- le forage, le creusement de puits, l'exploitation de carrières,
- l'installation des dépôts de déchets solides d'origine urbaine ou industrielle susceptible de nuire à la bonne conservation des eaux,
- l'installation des dépôts ou réservoirs de liquides chimiques, d'hydrocarbures ou d'eaux usées,
- le transport de produits ou matières nuisibles pour l'eau,
- l'épandage de fumier, engrais chimiques ainsi que le pacage des animaux,
- la construction ou la réfection d'immeubles superficiels ou souterrains,
- les activités sportives et nautiques, en particulier sur les eaux et les abords des lacs et retenues de barrages dont les eaux sont utilisées pour l'alimentation des populations,
- l'établissement d'étables,
- la création de cimetières,
- l'utilisation des produits chimiques en agriculture,
- l'exercice des activités de loisirs,
- la création de nouvelles voies de communication,
- l'utilisation ou le dépôt de produits radioactifs.

## Section 3 : Système de protection des Ressources Eau

### §-1 : protection quantitative

En 2010, un tarissement du lac Vontovorona a été constaté suite à la baisse du lit de la rivière Andromba suite aux enlèvements de sable par les riverains, ce qui a amené la JIRAMA à pomper la rivière pour alimenter le lac.

Pour éviter la répétition d'une telle situation face au changement climatique actuel nous suggérons :

- L'interdiction des activités d'enlèvement de sable dans la rivière d'Andromba afin de relever le lit de rivière et d'assurer par la suite l'alimentation naturelle du lac.
- Le reboisement au niveau des bassins versants du lac en état de dégradation assez avancé, et ce pour minimiser les érosions en période de crues et par conséquent améliorer la turbidité de l'eau brute. La plantation des eucalyptus est à proscrire pour éviter le tarissement des ressources car ce sont des plantes hydrophobes

### §-2 : protection qualitative

Comme la montre, les résultats d'analyse dans le chapitre précédent le lac est assez vulnérable aux activités polluantes, il est donc primordial d'établir les zones de protection dans les meilleurs délais pour garder ou restaurer la qualité de l'eau du lac, seule ressource potentielle pour l'alimentation en eau potable du campus universitaire de Vontovorona et de la zone périphérique d'Antananarivo.

Selon le décret d'application de code de l'eau les périmètres de protection sont obligatoires, or les terrains autour du lac sont soit des terrains domaniaux soit des propriétés privées, ce qui rend difficile leur délimitation et leur mise en place.

A notre avis la collaboration avec les riverains et autorités locales (Fokontany Vontovorona) constitue la meilleure approche en les informant sur les acteurs polluants de l'eau.

Il est aussi essentiel de sensibiliser la population de ne pas faire des activités qui entraînent la pollution de lac par exemple la présence de pisciculture induisant l'augmentation certaine des éléments polluants dans l'eau, le cas du 25 septembre 2012 en est la preuve, y compris les champs de culture se trouvant à la proximité du lac.

## CONCLUSION

Le problème de l'environnement est aujourd'hui intimement lié à l'activité humaine, elle même liée à l'augmentation rapide de la population. De ce fait, différents déséquilibres surgissent et touchent notamment les eaux de surface qui constituent les sources essentielles de l'approvisionnement en eau potable des zones rurales et urbaines.

Les traitements physico-chimiques et bactériologiques apportent certes des solutions pour préserver la qualité de l'eau à consommer.

Cependant, pour améliorer cette qualité, nous pensons qu'il faudrait : pour le cas de Vontovorona et des nombreux lacs à Madagascar, établir des périmètres de protection, faire en sorte que les populations environnantes et les institutions locales s'impliquent dans l'instauration et la gestion de ces périmètres de protection. Cela ne peut se faire sans que cette nouvelle fonction soit associée en un intéressement qui conduirait la population locale et ses institutions à vouloir se prendre en charge.

Par ailleurs, une attention particulière doit être considéré par le législateurs de patrimoine que couvrent tous les sources en eaux et celui de la nature obligatoire des périmètres de protections pour éviter la spoliation des cite par des tiers connu c'est le cas à Vontovorona.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Jean RODIER, Nicole MERLET et COLL : L'analyse de l'eau 9<sup>ème</sup> édition
- 2iE Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement : Traitement des eaux de consommation Aout 2009
- Agence de l'Eau Artois-Picardie, l'U.S Geological Survey : Le cycle de l'Eau
- Wateraid Madagascar Février 2004 : Politique de la qualité de l'eau.
- Jean Rodier : L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau 3<sup>ème</sup> édition 1966-412p
- Code de l'eau : Loi n°98-029 du 20 Janvier 1999



# ANNEXES



## ANNEXE 1

### PHOTOS SUR L'ENVIRONNEMENT DE LA RESSOURCE EN EAU VONTOVORONA SITUATION AOUT 2013



Réservoir non opérationnel



Aval du Lac Lohozoro



Ouvrage de traitement



Amont Lac Lohozoro



Ouvrage de captage



bâtiment d'exploitation, bâche



Cabinet de captage : besoin de clôture



Piste d'accès vers le Station



Lac Lohozozoro



Eau filtrée à Vontovorona

## ANNEXE 2

### ESSAI DE FLOCCULATION

But : Les essais sont destinés à déterminer la nature et les doses de réactif (coagulant et /ou flocculant) à utiliser pour la clarification de l'eau.

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.

#### Réactifs

Clarification

Sulfate d'Alumine (S.A) : 10g/l

Chaux en amont (CH) : 2g/l

Déferrisation

Chaux (CH.) : 10g/l

#### Matériels nécessaires

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

#### Mode opératoire

- Prélever l'eau brute dans un seau de 10l. 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 100tr/mn pendant 2mn, puis une agitation lente à 40tr/mn pendant 20mn. Noter le temps d'apparition des premiers floccs.

- 
- Après 15mn d'agitation lente, on évaluera la qualité de la floculation ( aspect des floes )
- Laisser décanter 10 à 15mn. 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.

## CONCLUSION

La dose optimale de réactif est celle qui correspond à la meilleure notation.

(t : taux d'ingrédient  $\text{g/m}^3$ )

Remarque : Le pH joue le grand rôle très important dans le traitement des Eaux.

## Photo: ESSAI DE FLOCULATION (JAR-TEST)



### ANNEXE 3

#### 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 ».

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.

Réactif : - Hypochlorite de calcium 1g/l (1ml contient 1mg d'hypochlorite)

- Orthotolidine

Matériels :

- 6 récipients (Béchers de 1l, 500ml ou 250ml)
- Pipettes de 1 ml ou 2 ml
- Comparateur Hydrocure
- Plaquette chlore libre 0,1 à 2 mg/l

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 g/l.
- 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.

Expression des résultats :

Soient  $d_i$  : la dose d'hypochlorite dans chaque béccher de volume V (en g/l)

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

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

Rapport-gratuit.com



La dose optimale d'hypochlorite de calcium de valeur supérieure au Break Point ( $\text{Cl}_2^*$  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 à 0,5 mg/l (en période de pluies et risque de choléra)

### NEUTRALISATION

A la suite de la désinfection, l'eau ne contient plus de bactérie. Elle est potable mais agressive vis-à-vis des tuyauteries. Cette agressivité est due à la formation de  $\text{CO}_2$  supplémentaire lors de la réaction de coagulation-floculation.



La neutralisation a pour but d'éliminer cette agressivité en vue de protéger la conduite contre la corrosion. Il s'agit d'ajuster le pH de l'eau au pH d'équilibre.

**ANNEXE 4**

## NORME DE POTABILITE MALAGASY

(Décret n°2004-635 du 15/06/04)

PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES	NORME
ODEUR	ABSENCE
COULEUR	INCOLORE
SAVEUR DESAGREABLE	ABSENCE

PARAMETRES PHYSIQUES	UNITE	NORME
TEMPERATURE	°C	<25
TURBIDITE	NTU	<5
CONDUCTIVITE	µS/cm	<3000
Ph		6,5 - 9,0

PARAMETRES CHIMIQUES	UNITE	NORME	
		MINIMA	MAXIMA
			ADMISSIBLE

ELEMENTS NORMAUX

CALCIUM	mg/l		200
MAGNESIUM	mg/l		50
CHLORURE	mg/l		250
SULFATE	mg/l		250
OXYGENE DISSOUS % de saturation	%	75	
DURETE TH	mg/l en CaCO <sub>3</sub>		500

ELEMENTS INDESIRABLES

MATIERES ORGANIQUES	mg/l		2 (milieu Alcalin) 5 (milieu Acide)
AMMONIUM	mg/l		0,5
NITRITE	mg/l		0,1
AZOTE TOTAL	mg/l		2
MANGANESE	mg/l		0,05
FER TOTAL	mg/l		0,5
PHOSPHORE	mg/l		5
ZINC	mg/l		5
ARGENT	mg/l		0,01
CUIVRE	mg/l		1
ALUMINIUM	mg/l		0,2
NITRATE	mg/l		50
FLUORE	mg/l		1,5
BARYUM	mg/l		1

ELEMENTS TOXIQUES

ARSENIC	mg/l		0,05
---------	------	--	------

CHROME TOTAL	mg/l		0,05
CYANURE	mg/l		0,05
PLOMB	mg/l		0,05
NICKEL	mg/l		0,05
POLYCHLORO-BIPHENYL PCB	mg/l		0
CADMIUM	mg/l		0,005
MERCURE	mg/l		0,001

GERMES PATHOGENES ET INDICATEURS DE POLLUTIONS FECALE:

COLIFORMES TOTAUX	0 / 100ml
STREPTOCOQUES FECAUX	0 / 100ml
COLIFORMES THERMO-TOLERANTS (E.COLI)	0 / 100ml
CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUCTEUR	<2 / 20ml



**ANNEXE 5****NORME OMS**

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

**Substance toxiques**

Substances	Concentration limite (mg/l)
Plomb.....	0.10
Arsenic.....	0.05
Sélénium.....	0.01
Chrome(en Cr hexavalent).....	0.05
Cyanure.....	0.05
Cadmium.....	0.01
Baryum.....	1.0
Nitrates(en NO <sub>3</sub> ).....	45

**Substances et propriétés chimiques influant sur la potabilité de l'eau**

Substances	Concentration maximale acceptable	Concentration
Matières solides totales.....	500 mg/l	1500 mg/l
Couleur.....	5	50
Turbidité.....	5 NTU	25 NTU
Gout.....	Limite subjective d'acceptabilité	
Odeur.....	Limite subjective d'acceptabilité	
Fer (Fe).....	0.3 mg/l	1.0 mg/l
Manganèse(Mn).....	0.1mg/l	0.5 mg/l
Cuivre(Cu).....	1.0 mg/l	1.5 mg/l
Zinc(Zn).....	5.0 mg/l	15 mg/l

Calcium(Ca).....	75 mg/l	200 mg/l
Magnesium (Mg).....	50 mg/l	150 mg/l
Sulfates(SO <sub>4</sub> ).....	200 mg/l	400 mg/l
Chlorures (Cl).....	200 mg/l	600 mg/l
pH .....	7.0 pH 8.5	6.5 pH 9.2
sulfate de magnésium. +sulfate de sodium.....	500 mg/l	1000 mg/l
composés phénoliques(en phénol).....	0.001 mg/l	0.002 mg/l
extrait chloroformique sur charbon (ECC : polluants organiques).....	0.2 mg/l	0.5 mg/l
alkyl benzène sulfonâtes (ABS : agents tensio- actifs) .....	0.05 mg/l	1.0 mg/l

#### Substances indicatrices d'une pollution

	Concentration de pollution admissible
Demande Chimique d'Oxygène (DCO)...	10
Demande Biochimique d'Oxygène (DBO)...	6
Azote total, abstraction faite de NO <sub>3</sub> .....	1
Graisse .....	1

#### Qualité bactériologique de l'eau de consommation.

Organismes	Les valeurs indicatives	Remarque
A/ Toutes les eaux destinées à la consommation :		
E. coli ou bactéries coliformes	0	Non détectables dans un échantillon de 100ml
Thermotolérantes	0	

B/ Eaux traitées à l'entrée de réseau de distribution :		
E.coli ou bactéries coliformes	0	Non détectables dans un échantillon de 100ml
Thermotolérantes	0	
Coliformes totaux	0	
C/ Eaux traitées dans le réseau de distribution :		
E.coli ou bactéries coliforme	0	Non détectables dans un échantillon de 100ml
Thermotolérantes	0	
Coliformes totaux	0	

**ANNEXE 6****GRILLE DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES**  
**(NORME FRANCAISE)**

CLASSE DE QUALITE		UNITES	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très Mauvaise
PARAMETRES							
<b>PHYSICO-CHIMIQUE</b>							
1	Conductivité à 20°C	µS/cm	<400	400 - 1300	1300 - 2700	2700 - 3000	>3000
2	Chlorures	mg/l	<200	200 - 300	300 - 750	750 - 1000	>1000
3	Nitrates	mg/l	<5	5 - 25	25 - 50	50 - 100	>100
4	Ammonium	mg/l	<=0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 2	2 - 8	>8
5	Oxydabilité au KMnO4	mg/l	<=2	2 - 5	3 - 5	5 - 8	
<b>BACTERIOLOGIQUE</b>							
6	Coliformes fécaux	mg/l	<=20	20 - 2000	2000 - 20000	>20000	

**GRILLE DE LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE**  
**(NORME FRANCAISE)**

CLASSE DE QUALITE		UNITES	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très Mauvaise
PARAMETRES							
<b>PHYSICO-CHIMIQUE</b>							
1	Couleur	mg Pt/l	<20	20 - 50	50 - 100	100 - 200	>200
2	Odeur à 25°C		<3	3 - 10	10 - 200	>20	-
3	Température	°C	<20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	>35
4	pH		6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 9,2	<6,6 ou >9,2	-
5	Conductivité à 20°C	µS/cm	<750	750 - 1300	1300 - 2700	2700 - 3000	>3000
6	Chlorures (Cl-)	mg/l	<200	200 - 300	300 - 750	750 - 1000	>1000
7	Sulfates (SO42-)	mg/l	<100	100 - 200	200 - 250	250 - 400	>400
8	MeS *	mg/l	<30	30 - 50	50 - 70	70 - 100	>100
9	O2 dissous	mg/l	>7	7 - 5	5 - 3	3 - 1	<1
10	DBO5	mg/l	<3	3 - 5	5 - 10	>10	-
11	DCO	mg/l	<20	20 - 25	25 - 40	40 - 80	>80
12	Oxydabilité au KMnO4 (M.O.)	mg/l	<=2	2 - 5	5 - 10	>10	-
13	Fer total (Fe)	mg/l	<0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 5	>5
14	Ammonium (NH4+)	mgNH4+/l	<=0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 2	2 - 8	>8
15	Azote Kjeldahl (NTK)	mgN/l	<=1	1 - 2	2 - 3	>3	-
16	Nitrates (NO3-)	mg/l	<5	5 - 25	25 - 50	50 - 100	>100
<b>BACTERIOLOGIQUE</b>							
17	Coliformes fécaux	/100ml	<=20	20 - 2000	2000 - 20000	>20000	-
18	Coliformes totaux	/100ml	<50	50 - 5000	5000 - 50000	>50000	-
19	Stéptocoques fécaux	/100ml	<=20	20 - 1000	1000 - 10000	>10000	-

\* : Valeur guide en dehors des périodes de crues.

MeS : Matières en suspension

DBO5 : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

M.O. : Matières organiques

Rapport-Gratuit.com

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT .....	1
GLOSSAIRE .....	6
LISTE DES ABREVIATIONS .....	7
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES.....	8
INTRODUCTION.....	9
PARTIE I CONTEXTE GLOBAL .....	11
Chapitre 1:DESCRIPTION DU LAC VONTOVORONA .....	12
Section 1 : Caractéristique du Lac.....	12
§-1 : Situation géologique du terrain et Origine du lac .....	12
§-2 : Dimension et Potentialité du lac .....	12
Section 2 : Ressource en Eau .....	12
§-1 : Origine de l'Eau.....	13
§-2 : Variation de la production du lac.....	13
Section 3 : Situation Environnementale- Source de pollution.....	13
§-1 : Dégradation de l'Environnement – pollution permanent.....	13
§-2 : Historique des pollutions périodiques.....	14
Chapitre 2 : STATION DE TRAITEMENT DU LAC VONTOVORONA.....	16
Section 1 : Présentation du centre de production à VONTOVORONA.....	16
§-1 : Station de traitement .....	16
§-2 : Organigramme .....	17
Section 2 : Traitement .....	17
§-1 : Chaîne de traitement .....	17
§-2 : Contrôle du traitement .....	18
Section 3 : Distribution.....	18
§-1 : Réseau de distribution.....	18
§-2 : Contrôle de l'eau distribuée.....	18
Chapitre 1 : GLOBALITE DES PROCEDURES .....	20
Section 1 : Les Processus mis en Œuvre de traitement de l'Eau.....	20
§- 1 : Objets et Objectifs.....	20
§-2 : Mesure d'Efficacité.....	20
§-3 : Principe Opérationnel .....	20
Section 2 : Différents types de Traitement.....	20

§- 1 : Traitement Simple.....	20
§-2 : Traitement complet .....	21
§-3 : Traitement spécifique.....	21
L'élimination du fer est basée sur la précipitation du fer dissous ( $Fe^{2+}$ ) sous sa forme oxydée ( $Fe^{3+}$ ), en tant que $Fe(OH)_3$ ou $Fe_2O_3$ . .....	21
Chapitre 2 : TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE.....	22
Section 1 : Présentation Scientifique de traitement physico-chimique .....	22
§-1 : Prétraitement .....	22
§-2 : Coagulation – floculation .....	23
§-3 : Décantation – Filtration .....	23
Section 2 : Traitement bactériologique.....	24
§ -1: Désinfection .....	24
§-2 : Suivi de la Désinfection .....	25
§-3 : Conduite de Désinfection.....	25
PARTIE III PROGRAMMATION : MISE EN ŒUVRE TRAITEMENT EAU DE SURFACE .....	26
Chapitre 1 : SYSTEME DE MANAGEMENT OPERATIONNEL .....	27
Section 1 : Structure Opératoire .....	27
§-1 : Type d'étude .....	27
§-2 : Mode de Prélèvement des Echantillons .....	27
Section 2 : Analyse Physico-chimiques et Bactériologiques.....	27
§-1 Analyse des paramètres physico-chimiques.....	28
§-2 : Analyse des Paramètres Bactériologiques .....	39
Section 3 : Résultats d'Analyse Physico-chimiques et Bactériologiques à Vontovorona.....	43
§-1: Caractéristiques physico-chimique et bactériologiques de l'eau .....	43
§-2 : Evaluation de la qualité de l'eau à Vontovorona .....	45
Chapitre 2 : PERENNISATION DES RESSOURCES EN EAU .....	49
Section 1 : Harmonisation des Ressources Eau.....	49
§-1: Protection de l'Eau.....	49
§-2 : Application du Code de l'Eau.....	50
Section 2 : Recommandations concernant les Périmètres de Protection .....	51
§-1 : Délimitation des périmètres de protection .....	51
§-2 : Servitudes et activités réglementées dans les périmètres de protection. ....	52
Section 3 : Système de protection des Ressources Eau.....	53
§-1 : protection quantitative .....	53

§-2 : protection qualitative .....	53
CONCLUSION .....	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIE .....	I
ANNEXES .....	II

Non et prénom : RAISSA&

RABEHERIMINO Niandrinisainana

Nombre de page : 54

Nombre de photo : 9

Nombre de tableaux : 6

Nombre de Figure : 2

Titre du mémoire : Evaluation et Contribution à la pérennisation de la qualité des eaux de Surface  
Cas du Lac Vontovorona

E-mail : jessrass88@yahoo.fr

[rsainana@yahoo.fr](mailto:rsainana@yahoo.fr)

## RESUME

Selon les analyses effectuées et les données disponibles au laboratoire de la JIRAMA Mandroseza, la qualité de l'eau du lac est changeante et dépend des activités de la population aux alentours et des effets de ruissellement pendant la période des crues. La déforestation des bassins versants du lac, l'ignorance de la population sur ses actions polluantes et le non instauration des périmètres de protection sont à l'origine de la dégradation momentanée de la qualité de l'eau. Cette dégradation peut se perpétuer ou devenir permanente si aucune action ne sera entreprise, d'où nos suggestions de pérennisation de la qualité par : sensibilisation de la population ,reboisement des bassins versants, délimitation des périmètres de protection suivant les recommandation édictées par les lois en vigueur .La concertation de toutes les entités concernées est essentielle pour une meilleure protection de la ressource, vue la migration de plus en plus étendue à cet endroit.

## ABSTRACT

According to the analyzes and data available in the laboratory of JIRAMA Mandroseza, the water quality of the lake is changing depends on the activities of people around and the effects of runoff during the flood period and. Deforestation of watersheds lake, ignorance of the people about their actions and non-polluting establishment of protection zones are causing the temporary degradation of water quality. This deterioration may continue or become permanent if no action is taken, where our suggestions for sustaining quality by awareness, reforestation watershed delineation of protection areas according to the recommendation issued by the laws force. Consultation of all concerned is essential for protection of the resource; view the migration of more extensive here.