



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE D'ANTSIRABE

VAKINANKARATRA

MENTION : GENIE INDUSTRIEL

PARCOURS : GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du Diplôme de Licence

**« ESSAI DE TRAITEMENT DE L'EAU BRUTE DE LA
RIVIERE DE MAROFANGADY »**



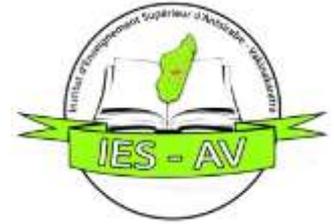
Présenté par : RAKOTOARIVELO Tojonirina

Soutenu le 04 Décembre 2020

Promotion 2019



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



**INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE
D'ANTSIRABE – VAKINANKARATRA**

MENTION : GENIE INDUSTRIEL

PARCOURS : GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET INDUSTRIELS

**Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du Diplôme
de Licence**

**ESSAI DE TRAITEMENT DE L'EAU
BRUTE DE LA RIVIERE DE
MAROFANGADY**

Présenté par : RAKOTOARIVELO Tojonirina

Membres du jury :

Président : Dr RAKOTONDRAMANANA Samuel

Encadreur : Dr RATSIMBA Marie Hanitriniaina

Examineurs : Dr ELISOAMIADANA Philippine

Dr RAKOTOARIVONIZAKA Ignace

REMERCIEMENTS

Avant toute présentation de ce mémoire, tout d'abord ; je remercie profondément Dieu tout puissant de m'avoir donné la force, le courage ainsi que de m'avoir éclairé, guidé, soutenu à chaque instant de ma vie et notamment durant toutes mes études jusqu'à la finalisation de ce travail.

Mes reconnaissances s'adressent aussi particulièrement à :

- Monsieur RAJAONARISON Eddy Franck, Maître de conférences Directeur de l'Institut Supérieur d'Antsirabe Vakinankaratra qui a autorisé grâce aux différents organismes sous sa direction d'assurer le bon déroulement de nos années d'études.
- Monsieur RANDRIANA Nambinina Richard Fortuné, Professeur et Responsable de la Mention Génie des Procédés Chimique et Industriel qui m'a permis la présentation de ce mémoire.
- Madame RATSIMBA Marie Hanitriniaina, Maître de conférences, Enseignante chercheuse au sein de Parcours Génie Des Procédés Chimiques Et Industriels, encadreur de ce mémoire à qui nous exprimons spécialement notre profonde gratitude de nous avoir conseillés et dirigés au cours du travail.

Je tiens à remercier aussi :

- Toute l'équipe de la société JIRAMA Antsirabe et Mandroseza, pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long du stage au sein du laboratoire physico-chimique à Mandroseza, particulièrement à Monsieur RAKOTOARIVELONANAHARY Bruno, Chef de service contrôle Qualité Physico-chimique au laboratoire de la JIRAMA Mandroseza
- Tous les enseignants qui nous ont formés pendant les trois années d'études à l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankaratra
- Ma famille pour leur soutien moral, matériel, financier et leur précieux conseil qui m'ont aidé durant toutes ces années d'études.
- Enfin, à tous nos amis qui nous ont apporté encouragement et réconfort

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES UNITES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE 1 : LES EAUX NATURELLES

CHAPITRE 2 : L'EAU POTABLE ET SES ETAPES DE TRAITEMENT

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE 1 : RESULTATS ET ANALYSES DE LA DETERMINATION DE LA DEMANDE EN CHLORE

CHAPITRE 2 : PROPOSITION DE L'EXPLOITATION DE LA RIVIERE DE MAROFANGADY POUR
RENFORCE L'EAU DE SOURCE

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

ANNEXES

TABLE DE MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS :

| | |
|--------|---|
| DBO | Demande Biochimique en Oxygène |
| EEM | Eau et Electricité de Madagascar |
| GIRE | Gestion Intégrée des Ressources en Eau |
| GNE | Gérance Nationale de l'Eau |
| JIRAMA | Jiro sy Rano Malagasy |
| MES | Matières En Suspension |
| MIEM | Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines |
| MO | Matières Organiques |
| MIEM | Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines |
| N.M | Norme malagasy |
| N.M.A | Norme Maximale Admissible |
| O.M.S | Organisation Mondiale de la Santé |
| PK | Point Kilométrique |
| SEM | Société d'Energie de Madagascar |

LISTE DES UNITES :

| | |
|----------------|-------------------------------|
| Cm | Centimètre |
| °C | Degrés Celsius |
| DN | Diamètre Normale |
| DMS | Degré, Minutes, Secondes |
| g | Gramme |
| h | Heure |
| Kg | Kilogramme |
| l | Litre |
| m | Mètre |
| m ³ | Mètre cube |
| mg | Milligramme |
| mg/l | milligramme par litre |
| NTU | Nephelometric Turbidity Unity |

LISTE DES PHOTOS

| | |
|--|----|
| Photo 1 : station de la source de Marofangady | 15 |
| Photo 2 : Bassin de collecte de M1 et M2..... | 15 |
| Photo 3 : bac de traitement d'hypochlorite de sodium | 16 |
| Photo 4 : 1- Réactif ortholidine ; 2-Plaquette comparateur de chlore | 18 |
| Photo 5 : Flocculateur et béciers | 20 |
| Photo 6 : pH mètre ; Source : Auteur | 21 |
| Photo 7 : conductimètre ; Source : Auteur..... | 22 |
| Photo 8 : Turbidimètre ; Source : Auteur | 23 |
| Photo 9 : désinfection de la source Marofangady | 34 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 Représentation schématique de la molécule d'eau..... | 2 |
| Figure 2 : Cycle de l'eau..... | 7 |
| Figure 3 : Carte de localisation de Marofangady | 14 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : tableau récapitulatif de la demande en chlore des 1 ^{ère} échantillons..... | 33 |
| Tableau 2 : tableau récapitulatif de la demande en chlore des 2 ^{ème} échantillons | 34 |
| Tableau 3 : Tableau récapitulatif des résultats des premiers essais de coagulation | 35 |
| Tableau 4 : Tableau récapitulatif de l'essai du traitement n°2 | 36 |
| Tableau 5 : Paramètres physico-chimiques de l'eau brute | 37 |
| Tableau 6 : Paramètres physico-chimiques de l'eau traitée | 38 |

INTRODUCTION

L'eau est indispensable à la vie, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les microorganismes. Elle peut être utilisée dans divers domaines tels qu'en aliments, secteur agricole, source d'énergie, création de tous produits finis. Pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau.

Les eaux brutes qu'elles soient souterraines ou superficielles ne remplissent pas toujours les critères requis en terme de qualité chimique et microbiologique. C'est la raison pour laquelle l'eau doit être traitée avant d'être consommée

A Madagascar, seule la JIRAMA est le principal intervenant dans le domaine du traitement, de production et distribution d'eau potable malgré l'existence de différentes ONG et de projet de développement qui s'épanouit dans le secteur.

Pour Antsirabe, une ville très habitée, une ville d'eau, elle dispose de nombreuses ressources. La société JIRAMA exploite trois ressources pour alimenter la ville et ses habitants : lac d'Andraikiba, source gravitaire d'Andohanambolo et de Marofangady. La ressource en eau de Marofangady comprend une source et une rivière. . Très souvent, l'eau de source est insuffisante pour alimenter la ville d'Antsirabe et l'eau brute de la rivière y est ajoutée comme eau d'appoint, sans traitement au préalable. Cette problématique nous a conduit à choisir notre thème « Essai de traitement l'eau brute de la rivière de Marofangady » pour améliorer et assurer la qualité de l'eau potable produite en cas de son utilisation comme l'eau d'appoint.

Pour cet ouvrage, notre travail se divise en trois grandes parties biens distinctes :

- ★ La première partie concerne aux études bibliographiques
- ★ La deuxième partie se base sur les études expérimentales.
- ★ Et la dernière partie expose les résultats et discussions.



PREMIERE PARTIE : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE 1 : LES EAUX NATURELLES

I- DEFINITION [1]

Les eaux naturelles sont toutes les eaux de l'hydrosphère non transformées par l'homme. Cela inclut les eaux douces du milieu naturel, les eaux marines et les eaux souterraines, quelque soit la nature chimique. Une eau naturelle est étudiée en hydrologie, en hydrochimie et dans toutes les sciences de l'eau. Les eaux naturelles peuvent être des eaux plates, des eaux pétillantes gazeuses, faiblement minéralisées à très fortes salinités. L'eau pure (H_2O) est rare dans les biotopes de la nature.

II- COMPOSITION ET STRUCTURE DE LA MOLECULE D'EAU :

1. Composition

La molécule d'eau est composée d'un atome d'oxygène central et de 2 atomes d'hydrogènes périphériques.



Figure 1 Représentation schématique de la molécule d'eau

(Source : Google photos)

2. Structure de la molécule d'eau

a) Structure physique [2]

L'eau peut se présenter sous trois états physiques ou phases : solide (glace), liquide (eau proprement dite) et gaz (vapeur d'eau).

L'état solide

Il est obtenu en dessous de 0 °C sous la pression atmosphérique ; les molécules sont disposées suivant un tétraèdre avec une molécule d'eau centrale et quatre autres disposées suivant les quatre sommets d'un tétraèdre régulier. Le réseau cristallin qui en résulte est hexagonal. Les molécules sont assemblées par des liaisons hydrogène, chaque atome d'hydrogène d'une molécule d'eau étant lié à l'atome d'oxygène de la molécule voisine.

L'état liquide

Au cours de la fusion de la glace, les liaisons hydrogène se rompent, le cristal s'effondre et les molécules se rapprochent les unes des autres, la masse volumique augmente jusqu'à une valeur maximale correspondant à une température de 4 °C sous 1 atmosphère. (Masse volumique de l'eau liquide inférieure à la masse volumique de la glace).

L'état gaz

Il est obtenu à partir de 100 °C à la pression atmosphérique ; les molécules sont relativement indépendantes les unes des autres et correspondent au modèle angulaire. La polarité de la molécule d'eau et ses possibilités d'association par liaisons hydrogène sont responsables de plusieurs anomalies caractéristiques des propriétés physiques.

b) Structure chimique [3]

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules H₂O. Elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des microorganismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux). La structure chimique et la masse molaire de l'eau ne peuvent pas expliquer ses propriétés spécifiques les caractéristiques géométriques sont :

- La molécule H-O-H est coudée
- Angle de valence de 105°

L'eau est ainsi complètement liée aux caractéristiques du bassin versant dans lequel elle opère son cycle (la nature du sol et du sous-sol, les espèces végétales et

animales, mais également les activités humaines).C'est un excellent solvant, capable de dissoudre un très grand nombre de corps (salinité de l'eau de mer, dissolution du sucre dans le café, transport sanguin des sels minéraux, des sucres, etc.).

III- SOURCES D'EAUX BRUTES [4]

On retrouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de surface, les eaux de mer, les eaux de pluie, les eaux souterraines. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnementale

1. Eaux de surface :

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories ; eaux de rivières (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes eaux est modérée.

a) Eaux de rivière (partie amont) :

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse. Ou la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous

- Turbidité élevée
- Contamination bactérienne faible
- Température froide
- Indice de couleur faible

b) Eaux de rivière (partie aval) :

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense. L'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses.

Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous

- Contamination bactérienne élevée
- Contamination organique et inorganique élevée
- Indice de couleur pouvant être élevée

c) Eaux de lac :

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont le période de rétention est long. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année, à l'exception de deux courtes périodes au printemps et à l'automne. Durant ces périodes, la différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux du lac et en augmenter ainsi brusquement la turbidité.

2. Eaux de mer :

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg/l.

3. Eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous ; comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques.

4. Eaux souterraines :

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps. Les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

- Turbidité faible.
- Contamination bactérienne faible
- Température constante
- Indice de couleur faible

- Dureté souvent élevée
- Concentration élevée de fer et de manganèse

IV- POLLUTION [5]

La pollution de l'eau est une des principales pollutions mondiales avec la pollution atmosphérique.

La pollution de l'eau : des causes multiples

La pollution de l'eau a plusieurs origines :

- Agricole (nitrates et pesticides),
- Les voies de transports (eaux de ruissellement des voies de circulation, accidents, fuites d'oléoducs),
- Le désherbage des voies ferroviaires par des pesticides (les chemins de fer sont l'un des plus gros consommateurs de pesticides),
- Les fuites provenant de l'habitat dispersé (cuves de combustibles de chauffage),
- Les rejets des assainissements individuels et des petites collectivités,
- Des fuites des décharges d'ordures ménagères ou industrielles,
- Des retombées atmosphériques des fumées industrielles et domestiques ou des usines d'incinération de déchets.

Les polluants qui affectent l'eau :

- ✓ Les substances toxiques : Elles comprennent les métaux lourds (plomb, mercure...), les hydrocarbures, les phtalates et les polluants pétroliers.
- ✓ Les polluants pathogènes : les bactéries, virus et protozoaires.
- ✓ La demande biochimique en oxygène (DBO) : Certaines usines, notamment les usines de pâte à papier, déversent plusieurs produits chimiques dans les rivières. Ceux-ci prennent l'oxygène présent naturellement dans l'eau, provoquant la mort des poissons.
- ✓ Les éléments nutritifs
- ✓ Les nitrites, les nitrates

✓ Les nitrosamines : très cancérigènes, concernent surtout l'estomac et l'appareil digestif.

V- CYCLE D'EAU [6] [7]

Le cycle hydrologique décrit le mouvement de l'eau dans la nature. Le moteur de cette circulation est essentiellement le procédé d'évaporation-condensation.

L'eau circule en permanence dans l'atmosphère sur la terre et sous la terre, entraînée dans un cycle sans fin. Dans la nature, on peut trouver l'eau dans trois états différents : solide, liquide et gazeux. L'eau peut passer d'un état à l'autre. C'est ce que l'on appelle un changement d'état.

Tout d'abord, l'eau de la mer s'évapore. Elle devient du gaz qui ensuite se condense pour devenir des nuages. Les nuages se déplacent. Ils se transforment en pluie qui pénètre dans le sol (ruissellement) et sert à nourrir les plantes ou retourne à la mer. Les nuages peuvent aussi se transformer en neige (c'est la solidification). L'eau peut se changer aussi en glace. Lorsque le glacier fond (on appelle cela la fusion) sous l'effet de la chaleur, cette eau alimente les rivières. Ensuite, les rivières se jettent dans les fleuves et les fleuves dans la mer. La mer s'évapore...

Et le cycle de l'eau recommence.

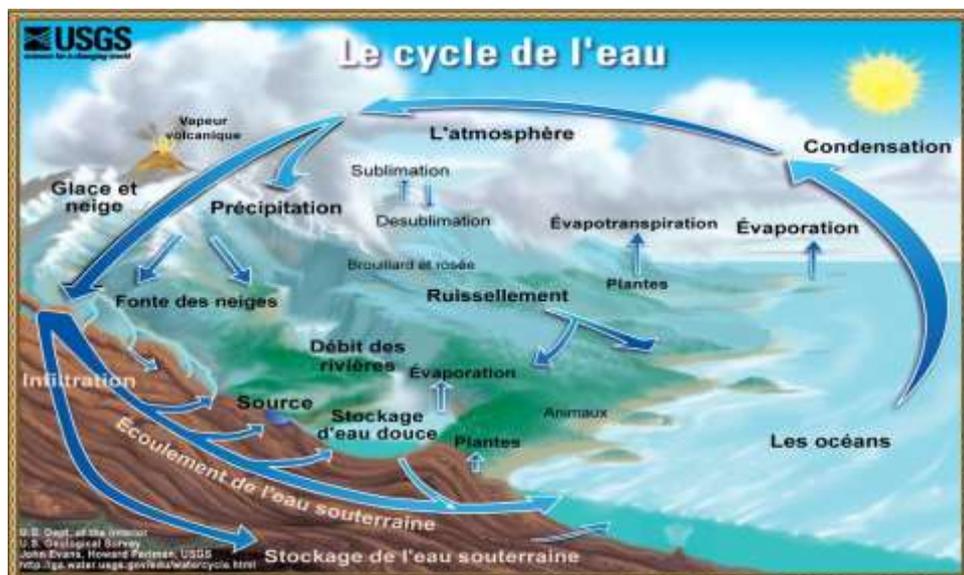


Figure 2 : Cycle de l'eau

CHAPITRE 2 : L'EAU POTABLE ET SES ETAPES DE TRAITEMENT

VI- L'EAU POTABLE

1. Introduction [8]

L'eau potable répond à de très grandes exigences de qualité.

Cependant, les eaux brutes qu'elles soient souterraines ou superficielles ne remplissent pas toujours les critères requis en termes de qualité chimique et microbiologique. C'est la raison pour laquelle l'eau doit être traitée avant d'être consommée. Les faits montrent que malgré le traitement qu'elle subit, l'eau potable du réseau enregistre souvent des dépassements de valeurs de tolérance, surtout en matière de microorganismes

L'eau adaptée pour la consommation humaine doit être propre. Elle doit suivre les normes requises par la loi malagasy et aussi celle de l'OMS. Ainsi, l'eau est dite potable et consommable.

2. Objectifs du traitement de l'eau potable [9]

Le traitement des eaux de consommation se fixe trois objectifs essentiels :

a) Protéger la santé publique

A partir des recommandations émises par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), des réglementations nationales et internationales ont été mises en place afin d'éviter la présence de micro-organismes et de substances chimiques indésirables dans l'eau potable.

L'eau distribuée ne doit faire courir aucun risque aux populations qui la consomment. Elle doit donc être exempte de toute substance toxique et de tout organisme pathogène.

b) Rendre l'eau agréable au consommateur

L'eau ne doit pas présenter de caractéristiques qui la rendent suspecte par la mise en éveil des facultés organoleptiques des consommateurs. Aussi le traitement devra-t-il s'efforcer d'éliminer :

- La turbidité et la couleur
- Les goûts et odeurs
- Les éléments gênants et nuisibles

c) Eviter l'altération des matériaux au contact de l'eau

Les eaux agressives attaquent le calcaire. Les eaux incrustantes provoquent le tartre. Toutes les eaux sont susceptibles de déclencher la corrosion. Il convient donc de protéger les réseaux de distribution et les installations ou privées à l'encontre de ces menaces.

II-PROCEDE DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE

Une fois prélevée, l'eau subit plusieurs étapes de traitements afin de la rendre propre à la consommation

1. Dégrillage et tamisage

L'eau est d'abord filtrée à travers une grille afin d'arrêter les plus gros déchets, puis elle passe dans des tamis à mailles fines retenant des déchets plus petits.

On distingue trois types de dégrillage, en fonction de la taille des détritrus à éliminer :

- 30 à 100 mm prédégrillage,
- 10 à 30 mm dégrillage moyen,
- 3 à 10 mm dégrillage fin
-

2. Clarification

Elle permet de rendre l'eau limpide en la débarrassant des petites matières en suspension qu'elle contient

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites de diamètre compris entre 0,1 et 10 μm , appelées particules colloïdales (hydrophiles ou hydrophobes). Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces particules n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres.

On les élimine alors par des procédés de « *coagulation - floculation* » en ajoutant des réactifs (coagulants).

3. Floculation coagulation et décantation [10], [11]

Un produit chimique (chlorure de fer ou sulfate d'aluminium) est ajouté à l'eau, ce qui provoque le regroupement (agglomération) des particules encore présentes (poussières, particules de terre, etc.). Les particules s'agglomèrent et se déposent au fond du bassin par décantation. Ces flocons, plus lourds que l'eau, se déposent au fond du bassin de décantation et 90% des matières en suspension sont ainsi éliminées.

Floculation : La floculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de flocons par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un flocculant.

Coagulation : La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant, afin de faciliter leur agglomération en flocons décantables ou filtrables. Le coagulant peut être introduit dans un bassin de mélange rapide ou dans un mélangeur statique en ligne qui génère tous deux une violente agitation au point d'injection.

La décantation : La décantation est la méthode de séparation gravitaire la plus fréquente de MES et colloïdes (rassemblés sous forme de floc après l'étape de coagulation/floculation). Il s'agit d'un procédé de séparation solide/liquide basé sur la pesanteur. Cette séparation est induite par réduction de la vitesse horizontale qui doit être inférieure à la vitesse verticale (de chute, de décantation ou ascensionnelle) afin de favoriser la sédimentation des particules dans un piège. Ces particules s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite décantée.

4. La filtration [12]

C'est un procédé physique disposé généralement après la décantation (notamment dans le cas des eaux de surface). La filtration permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes ou qui ont été formées lors de la pré-oxydation. Elle est réalisée sur matériaux classiques (sable) ou sur membranes (cas des eaux souterraines karstiques). La plus répandue est la filtration sur lit de sable (lit filtrant) : une couche de sable retient les particules et laisse passer l'eau filtrée.

Le filtre peut jouer un double rôle suivant les conditions d'exploitation : d'une part, il retient les matières en suspension par filtration et d'autre part, il constitue un support bactérien permettant un traitement biologique, c'est-à-dire une consommation des matières organiques et de l'ammoniac, ou du fer et du manganèse, par les bactéries qui sont développées sur le sable. Le filtre à sable nécessite un nettoyage périodique afin d'éliminer les matières retenues entre les grains qui ralentissent le passage de l'eau. La filtration sur lit de sable, efficace, simple et peu coûteuse, s'est imposée, en raison des énormes volumes d'eau à filtrer.

La filtration sur membranes (microfiltration notamment) est de plus en plus fréquemment utilisée, mais elle reste encore onéreuse. Elle est fondée sur l'utilisation de membranes de faible épaisseur, comportant des pores réguliers de très petites dimensions.

5. Désinfection [13]

C'est la dernière étape : elle élimine tous les micro-organismes qui pourraient être dangereux pour notre santé.

La plupart des microorganismes pathogènes est éliminée de l'eau lors des précédentes phases de traitement. Cependant, la désinfection de l'eau est encore nécessaire afin d'empêcher que l'eau potable soit nocive pour notre santé. La désinfection est un traitement qui permet d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné.

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques: ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayon x.

6. Ozonation O₃

L'eau est désinfectée grâce à l'ozone qui a une action bactéricide et antivirus. Ce gaz, mélangé à l'eau, agit sur les matières organiques en les cassant en morceaux. Il améliore également la couleur et la saveur de l'eau

7. Filtration sur charbons actifs

Les filtres à charbon actif retiennent les micropolluants comme les pesticides et consomment une partie de la matière organique cassée par l'ozone

8. Chloration

On ajoute du chlore à la sortie de l'usine de production et sur différents points du réseau de distribution afin d'éviter le développement de bactéries et maintenir la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations.



DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I- QUELQUES INFORMATIONS SUR ANTSIRABE

1. Situation géographique

La zone d'étude est Antsirabe, elle est située dans la région du Vakinankaratra dans la province d'Antananarivo le capital. Le district d'Antsirabe est limite dans la commune d'Antsirabe. Elle comporte plusieurs arrondissements avec de nombreux fokontany, en totalité, le nombre de fokontany est environ une soixantaine. La plupart de ces fokontany disposent des bornes fontaine qui alimente la population en eau potable.

2. Contextes géologique et hydrogéologique

Du point de vue géologique, Antsirabe est un bassin lacustre dans une région volcanique. La formation dominante pour la région est une série sédimentaire et une formation volcanique. Antsirabe se trouve dans le centre de la région ainsi dans la plaine, qui correspond à la cuvette sédimentaire de la région. C'est une région fertile dans un climat semi-tropical et de sol humide.

Antsirabe dispose de nombreux réseaux hydrographiques, tels les lacs, les rivières, et aussi d'autre cours d'eau. C'est pourquoi le nom : Antsirabe ville d'eau

La rivière et la source gravitaire Marofangady, objets de cette étude, sont localisées dans la commune urbaine d'Antsirabe I.

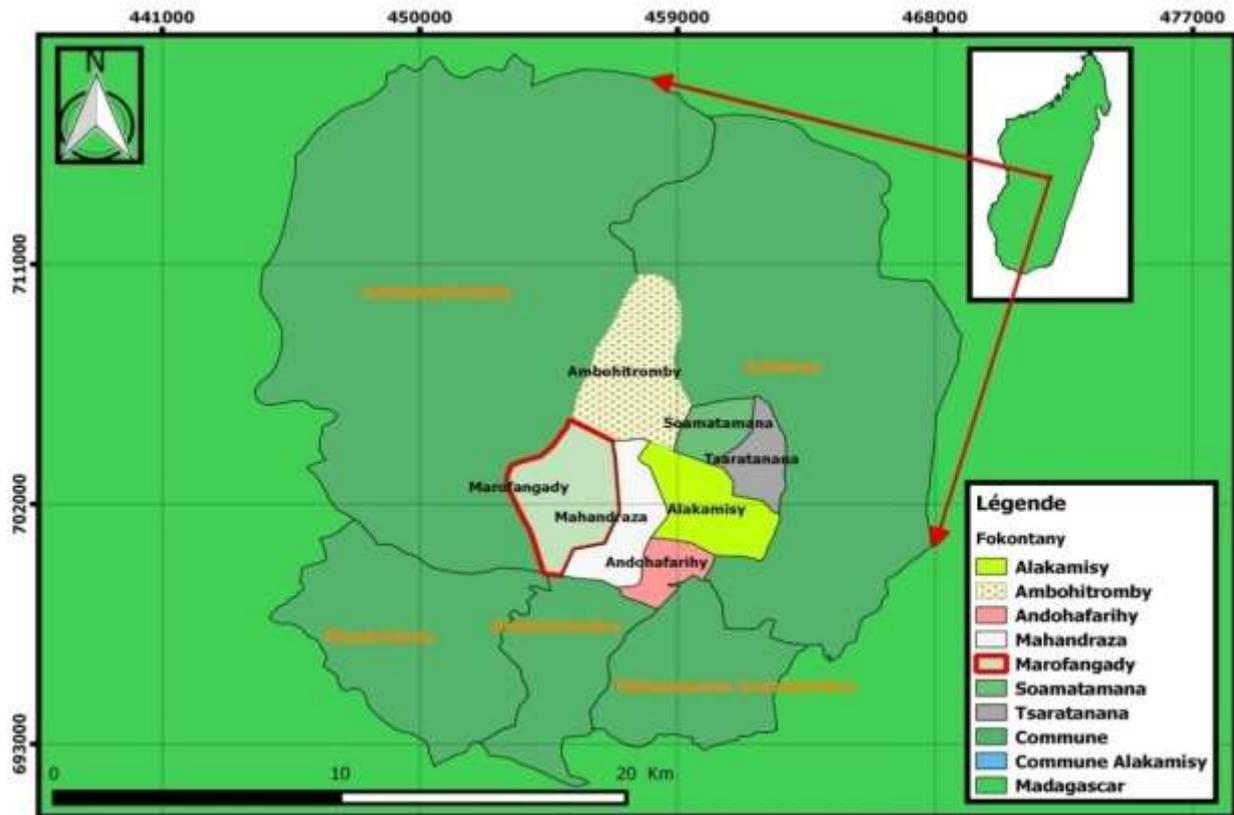


Figure 3 : Carte de localisation de Marofangady

Source : BD FTM. Système de coordonnées : Laborde

II- STATION DE TRAITEMENT DE MAROFANGADY

1. Localisation des ressources en eau de Marofangady

Les ressources en eau de Marofangady se divisent en deux : M1 et M2, elles sont diversifiées grâce à leur différence du point de la cote ou elles se trouvent.

Ces sources sont situées au nord ouest de la ville à peu près environ 17 Km dans le massif de l'ANKARATRA.

M1 se trouve à la cote 1655m avec un débit de 90 à 110 m³/h et M2 composé de trois sources différentes et se trouve environ à la cote 1645 à 1647 m avec un débit de 135 à 160 m³/h. Les sources sont des sources émergentes.



Photo 1 : station de la source de Marofangady

Source : Auteur

2. Ressource en eau M1

La source M1 a été captée en 1958 et celle de M2 ont été captées en 1981

L'ouvrage de captage de M1 comporte un massif filtrant et une chambre de réception de l'eau qui assure l'alimentation vers le réservoir.

3. Ressource en eau M2

La source M2 est captée un bassin bétonné en appui sur le versant des venues de l'eau .Le bassin général recueille l'ensemble des eaux collectés, et ce bassin assure la mise en charge de la conduite d'adduction vers le réservoir .Le réservoir ou sont stokes les eaux traités de ces sources gravitaire se trouve à Ambohitsokina.



Photo 2 : Bassin de collecte de M1 et M2

Source : Auteur

Les ouvrages de captage des sources M2 sont reliés, la source1 est reliée à la source2 par une conduite ainsi que pour la source3 et se renverse en ensemble dans le bassin de collecte. Par contre celle M1 ne se renverse pas dans le bassin ou se trouve la M2 mais une conduite sortant du bassin est relié a la conduite de la source M1 qui sert directement à alimenter le réservoir pour la distribution

4. Traitement actuel

Actuellement, l'eau de la source gravitaire de Marofangady ne subit que la désinfection comme étape de traitement, désinfection car en général la turbidité de la source de Marofangady est faible inférieure à 5NTU. Ce traitement est appelé « traitement simple ».

En cas d'insuffisance de l'eau produite par les deux points de captage M1 et M2 de la source gravitaire, la JIRAMA utilise l'eau brute de la rivière comme eau d'appoint. Le mode de traitement appliqué ne change pas dans ce cas quelque soit la turbidité de l'eau brute de la rivière. On applique toujours le traitement simple limité à la désinfection avec l'hypochlorite de calcium.



Photo 3 : bac de traitement d'hypochlorite de sodium

Source : Auteur

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

I- MATERIELS ET METHODES POUR LES ESSAIS DE TRAITEMENTS (JAR-TEST)

1. Eau à traiter

L'eau à traiter dans cette étude est l'eau brute de la rivière de Marofangady. Nous avons pris trois échantillons.

Les deux premiers échantillons ont une turbidité inférieure à 5 NTU : le traitement simple consistant à la désinfection avec l'hypochlorite de calcium est acceptable.

Le troisième échantillon a une turbidité élevée de 428 NTU : il faut alors appliquer un traitement complet comportant l'étape de coagulation-floculation à partir de la méthode JAR TEST

2. Préparation de coagulants

Matériels :

- balance
- verrerie de laboratoire : béchers
- agitateur

Réactifs :

- Le sulfate d'alumine
- eau distillée

Méthode : Nous avons préparé une solution mère de 10g/L. Pour cela, nous avons pesé 10 g de sulfate d'alumine que nous avons dilué dans de l'eau distillée nous avons ramené le volume à 1 litre avec de l'eau distillée.

3. Détermination de la demande en chlore

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

a) 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.

b) Matériels nécessaires et réactifs utilisés

Matériels :

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

Réactifs :

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

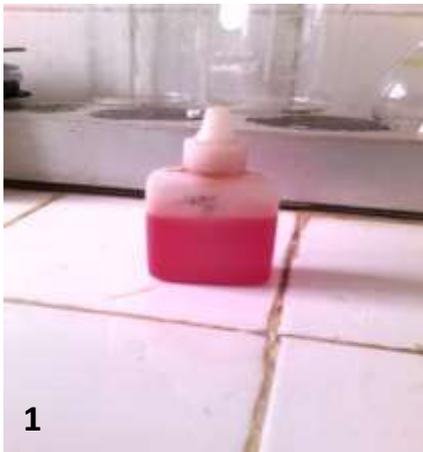


Photo 4 : 1- Réactif ortholidine ; 2-Plaquette comparateur de chlore

c) Mode opératoire

- Dans une série de 6 récipients d'un volume donné. Introduire V ml d'eau à désinfecter.

- Ajouter dans chacun d'eux à l'aide d'une pipette des quantités croissantes d'hypochlorite de calcium 1g/l.
- 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 6 Béchers.

On applique la formule suivante pour calculer le taux de traitement :

$$V_i = \frac{d V}{1000}$$

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

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

4. Essais de traitement : JAR-TEST

Méthode : Jar Test (d'essais coagulation-floculation) avec le sulfate d'alumine.

a) Principe

Pour assurer la clarification d'une eau il faut déterminer la nature et les doses de réactifs utilisé à partir des essais de coagulation-floculation appelé Jar Test. Consiste apprécier la taille et la quantité des floccs ainsi que la turbidité minimale après introduction de quantité croissante de coagulant dans des bécchers.

b) Matériels nécessaires et réactifs utilisés

- Un flocculateur à vitesse réglable entre 0 et 150 tr/mn
- 6 bécchers de 1000 ml
- Un siphon
- Un chrono ou une montre
- Epruvette graduée
- Pipette
- Turbidimètre



Photo 5 : Flocculateur et béciers

Source : Auteur

c) Mode d'opérateur

- Prélever l'eau brute à traiter dans un seau de 10 l. Noter son aspect.
- Remplir les béciers jusqu'au trait 1000ml avec de l'eau brute agitée.
- Placer les bécier sur le flocculateur et abaisser les hélices dans l'eau
- Brancher le flocculateur.
- A l'aide d'une pipette, introduire dans chaque bécier des quantités croissantes de réactifs selon le taux de traitement choisi
- La floculation se divise en 2 : 2 mn de vitesse rapide a 100 tr/mn, puis une agitation lente à 40 tr/mn pendant 20mn
- Après laisser décanter 10 à 15mn
- Siphonner la moitié de la hauteur d'eau de chacun des béciers.
- Contrôler la turbidité sur les eaux siphonnées
- Mesurer la turbidité, le pH, le teneur en fer et éventuellement les matières organiques

On applique la formule suivante pour calculer le taux de traitement :

$$Q t = c d$$

Q : quantité des eaux à traiter (l)

t : taux de traitement (mg/l)

c : concentration de solution à versé (mg/l)

d : débit de la pompe doseuse (ml)

II- MATÉRIELS ET MÉTHODES POUR LES ANALYSES DES EAUX

1. Analyses physico- chimique des eaux (analyse standard)

En général, l'analyse standard permet de savoir le degré de la qualité de l'eau en cherchant la valeur de quelques paramètres essentiels et de prévoir déjà le traitement qu'on devra appliquer.

On distingue :

- Paramètres physiques
- Paramètres chimiques

a. Analyses physiques

- Le pH (potentiel d'hydrogène)

Le pH (sans unité) d'une eau permet de mettre en évidence les espèces chimiques présentes dans un échantillon. On parle alors de pH acide, de pH neutre ou de pH basique

Matériel : appareil électronique appelé « pH-mètre ».



Photo 6 : pH mètre ; Source : Auteur

Mode d'opérateur :

- Rince l'électrode du pH mètre avec l'eau distillée
- La plonger dans l'eau à analyser.
- Commencer à mesurer en appuyant sur le bouton « READ » de l'appareil.
- Attendre le signal et relever la valeur affichée sur l'écran.

- **Conductivité, température et minéralisation**

-Conductivité : La conductivité électrique dépend essentiellement de la minéralisation totale de l'eau. Une eau sera alors d'autant moins résistante au passage d'un courant électrique qu'elle contiendra des sels minéraux

-Température : La température joue un rôle important sur l'état physique de l'eau, plus précisément, sur la solubilité des sels et surtout des gaz, et à la détermination du pH. La structure de la molécule d'eau change à chaque variation de la température. C'est le phénomène d'agitation thermique.

-Minéralisation : L'indice de minéralisation donne la quantité des minéraux présents dans l'eau. Les matières minérales sont généralement des sels de calcium, de magnésium, de sodium et de potassium sous formes de carbonates, sulfates, chlorures et nitrates. Pourtant, cet indice n'arrive pas à identifier chacun de ces minéraux; il peut juste les dénombrer.



Photo 7 : conductimètre ; Source : Auteur

Mode d'opérateur :

- Rincer l'électrode du conductimètre avec l'eau distillée
 - La plonger dans l'eau à analyser.
 - Faire la mesure de la conductivité, température, minéralisation en appuyant sur les boutons correspondants. Les valeurs s'affichent sur l'écran
- **Turbidité** (son unité Nephelometric Turbidity Unit NTU)

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. La mesure de la turbidité est très utile pour le contrôle d'un traitement mais ne donne pas d'indications sur les particules en suspension qui l'occasionnent. La mesure se fait par comparaison de la lumière diffusée et de la lumière transmise dans l'échantillon d'eau et par les solutions étalons.



Photo 8 : Turbidimètre ; Source : Auteur

Mode d'opérateur :

- Verser l'eau à analyser dans la cuve démontable de la machine
- Agiter bien l'ensemble pour avoir de la bonne valeur.
- Commence à mesurer.
- Relever la valeur de la turbidité affichée sur l'écran après stabilité

b. Analyses chimiques

La mesure se fait en général avant et après l'essai du traitement pour bien s'assurer l'efficacité du traitement et du respect de la norme de potabilité.

Pour nos analyses les paramètres chimiques à mesurer sont :

- les matières organiques
 - nitrate
 - chlorure
 - TH/THca
 - Ammoniaque
 - nitrite
 - le fer total
 - sulfate
 - TA/TAC
- ❖ Taux des matières organiques :

But

Le dosage de la quantité de matières organiques permet d'estimer le degré de contamination de l'eau et les éventuelles pollutions.

Principe

Le dosage de la quantité de matières organiques en suspension dans l'eau par manganimétrie consiste à déterminer l'oxydabilité des matières organique au KMnO_4 ou la quantité d' O_2 qu'elles enlèvent au permanganate (MnO_4).

Réactifs

- Solution saturée de bicarbonate de sodium
- Solution de permanganate de potassium (KMnO_4) de normalité N/80
- Acide sulfurique 1/2
- Sel de Mohr [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4) \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$] 5g/l

Matériels utilisés

- Bécher
- Plaque chauffante
- Pipette
- Agitateur magnétique avec barreau aimanté
- Burette

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 5 ml de solution saturée de NaHCO_3 (ou hydrogénocarbonate de sodium) puis porter à ébullition ;

- Ajouter 10 ml de permanganate potassium (KMnO_4) de normalité N/8 et porter à ébullition pendant 10 min ;
 - Laisser refroidir, ajouter par la suite 5 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) $\frac{1}{2}$ et 10 ml de sel de Mohr de concentration 5g/l -1 (La solution se décolore) ;
 - Titrage avec du permanganate potassium (KMnO_4) jusqu'à ce que la solution prenne une teinte rose persistante ;
- Soit V_1 le volume de KMnO_4 versé lors de ce dosage ;
- Recommencer les mêmes dosages avec de l'eau distillée et noter V_0 le volume versé pour le titrage du blanc;

Le volume de KMnO_4 versé jusqu'au changement de couleur donne le taux de matières organiques dans l'eau. D'où l'oxydabilité des matières organiques au permanganate, exprimée en mg/l d'oxygène, est égale à $V_1 - V_0$.

Pour la potabilité, la norme est : 2mg/l.

❖ Dureté totale ou Titre Hydrotimétrique (TH) :

But

Le titre hydrotimétrique est un indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due à la présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dans l'eau. La dureté s'exprime en mg/l de CaCO_3 ou en °F.

Principe

L'hydrotimétrie est la mesure de la teneur d'une eau en sels calciques et magnésiens. Le dosage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} se fait par complexométrie avec le sel disodique d'acide EthylèneDiamineTétraAcétique (EDTA) en milieu basique.

Les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sont amenés à former des complexes par le sel disodique de l'EDTA ; la disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique de la dureté : le noir d'ériochrome T (NET). Cette méthode permet de mesurer la somme des ions calcium et magnésium.

Réactifs

- Solution de l'EDTA N/50
- Tampon TH
- Solution de Noir Eriochrome T dans l'alcool éthylique à 0,4% = NET

Matériels utilisés

- Bécher
- Agitateur magnétique avec barreau aimanté
- Burette
- Pipette

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 ml de tampon TH, quelques gouttes de NET 0,4% alcoolique (TH) ;
- Titrer avec de l'EDTA de normalité N/50 jusqu'au virage de la solution du rouge vineux au bleu-vert ;
- Vérifier qu'une goutte de complexon ne produise plus de tache bleue-verte.

❖ Dureté calcique (THCa) :

But

La mesure du degré calcique permet de connaître la teneur en ions Ca^{2+} présents dans l'échantillon d'eau à analyser.

Principe

Les ions Ca^{2+} sont amenés à former des complexes par le sel disodique de l'EDTA ; le virage d'un indicateur spécifique : le réactif de Patton et Reeder ; marque la disparition des dernières traces d'éléments libres à doser. Cette méthode permet de mesurer la teneur en ions calcium présents dans l'échantillon d'eau étudiée.

Réactifs

- Solution de l'EDTA N/50
- Solution de soude (NaOH) 3 N
- Réactif de Patton et Reeder

Matériels utilisés

- Bécher
- Burette
- Agitateur magnétique avec barreau aimanté
- Pipette

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 ml de NaOH et quelques cristaux de Patton et Reeder ;

- Doser avec de l'EDTA de normalité N/50 jusqu'au virage de la solution du rouge vineux au bleu ;
- Vérifier qu'une goutte de complexon ne produise plus de tache bleue-verte.

❖ Titre Alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet (TAC) :

But

Les titres alcalimétriques (TA et TAC) permettent de connaître les concentrations en ions HCO_3^- et CO_3^{2-} contenus dans l'eau.

Principe

La détermination de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué (H_2SO_4) en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine ou hélianthine).

Réactifs

- Acide sulfurique (H_2SO_4) de normalité N/50
- Solution de phénolphtaléine à 1%
- Solution d'hélianthine à 1%

Matériels utilisés

- Bécher
- Agitateur magnétique avec barreau aimanté
- Burette

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans le bécher ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine 0,1% (rose en milieu basique) ;
- Titre avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4) de normalité N/50 en agitant constamment jusqu'à ce qu'il y ait décoloration de la solution rose pour obtenir la valeur de TA ;
- Noter V1 le volume de H_2SO_4 versé

Après la détermination du TA, continuer le dosage du TAC avec le même échantillon selon le procédé qui suit ;

- Ajouter 2 à 3 gouttes d'hélianthine 1% (jaune) ;
- Effectuer le titrage avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4) de normalité 8 en agitant constamment jusqu'au virage du jaune au jaune orangé ;
- Noter V2 le volume total de H_2SO_4 versé jusqu'à l'obtention de la teinte jaune orangé.

❖ Taux du fer total :

But

Le dosage du fer total dissous est primordial dans la détermination de la corrosion pouvant se produire dans le réseau de distribution.

Principe

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

Réactifs

- Dithionite de sodium
- Diméthylglyoxine 0,5%
- Ammoniaque 10%

Matériels utilisés

- Compateur standard HYDROCURE
- Cuvettes graduées A/B RAKOTOARIVELO Tojonirina
- Plaquettes étalons 0,06 à 1 mg/l et 0,3 à 5 mg/l
- Bécher de 100 ml
- Pipette

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter une jauge de dithionite de sodium et agiter jusqu'à dissolution du réactif ;
- Ajouter 2 ml de diméthylglyoxine 0,5%, agiter ;
- Ajouter 2 ml d'ammoniaque à 10%, agiter ;
- Remplir l'une des cuvettes avec l'eau colorée et placer dans le compateur HYDROCURE du côté repère « réactif » ;
- Mettre de l'échantillon brute (ou dilué) dans l'autre cuvette qui sert comme blanc ;
- Comparer la couleur de la solution obtenue avec celles des plaquettes étalons 0,06 à 1 mg/l ou 0,3 à 5 mg/l
- Lire la teneur en fer correspondante en mg/l

❖ Taux chlorures (Cl⁻) :

But

Les chlorures, très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl₂) reflètent souvent la concentration en sels dissous dans l'eau.

Principe

En présence de dichromate de potassium (K₂Cr₂O₇), l'addition d'un petit excès d'ion argent entraîne la formation de chromate d'argent (AgCrO₄) qui est un précipité de couleur brun-rouge. 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 de nitrate d'argent (AgNO₃) de normalité N/10 ou N/50
- Solution de K₂CrO₄ 10%

Matériels utilisés

- Bécher
- Agitateur magnétique avec barreau aimanté
- Burette

Mode opératoire

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 3 à 5 gouttes de K₂Cr₂O₇;
- Titrer avec une solution de nitrate d'argent (AgNO₃) jusqu'au virage du jaune au rouge brique ;
- Noter V le volume d'AgNO₃ versé en ml.

❖ Taux Ammonium (NH₄⁺) :

But

Il s'agit d'évaluer la quantité d'ions ammonium présente dans l'eau. L'ammoniaque traduit le plus souvent la dégradation des matières organiques présentes dans l'eau, il peut aussi être issu des matières végétales, animales et/ou humaines, des rejets industriels tels que l'engrais.

Principe

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate, qui agit comme catalyseur, les ions ammonium traités par une solution d'hypochlorite de calcium et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs

- Acide chlorhydrique à 10%
- Eau distillée
- Phénol 10%,
- Nitroprussiate de sodium 0,5%
- Solution oxydante (4/5 tricitrate de sodium +1/5 eau de Javel)

Matériels utilisés

- Bécher
- Spectrophotomètre

Mode opératoire

- Toute la verrerie doit d'abord être lavée avec de l'acide chlorhydrique à 5%, puis rincée avec de l'eau distillée ;
- Dans une prise de 50 ml, ajouter 2 ml de phénol 10%, 2 ml de nitroprussiate de sodium 0,5% et 5 ml de solution oxydante (4/5 tricitrate de sodium +1/5 eau de Javel)
- Agiter énergiquement et laisser reposer 1h ;
- Faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda=640$ nm.

❖ Le taux en nitrite (NO_2^-) :

Principe

Le taux en nitrite mesure la quantité d'ions nitrites (NO_2^-) contenus dans l'eau. Pour la faune aquatique, le nitrite est toxique à forte dose. De plus, il peut provoquer une maladie infantile (méthémoglobinémie).

Matériels utilisés

- Bécher
- Spectrophotomètre

Mode opératoire :

- On prélève 10 ml d'eau à analyser
- On y verse de la « poudre de nitrite »

- On attend 15 min de repos
- Après on verse l'échantillon dosé dans une cuve démontable appartenant même à l'appareil de mesure
- Et on commence la mesure, en attendant l'affichage de la valeur sur l'écran.

❖ Le taux du nitrate :

Principe :

La teneur en ions nitrates exprime la quantité en ions nitrates (NO_3^-) existants dans l'eau. Les nitrates proviennent généralement des effluents industriels, municipaux et du lessivage des terres agricoles.

Matériels utilisés

- Bécher
- Spectrophotomètre

Mode opératoire :

- On prélève 10 ml d'eau à analyser
- On y verse de la «poudre de nitrate »
- On attend 15 min de repos
- Après on verse l'échantillon dosé dans une cuve démontable appartenant même à l'appareil de mesure
- Et la mesure commence, la valeur s'affiche sur l'écran

❖ Taux de sulfates :

But

La mesure de la concentration des ions Sulfates dans l'eau permet d'évaluer la présence de Soufre, elle est généralement liée à la présence de gypse dans l'eau.

Principe

La néphélométrie est une méthode de dosage des éléments en suspension dans un liquide par comparaison, au spectrophotomètre (ou au d'un fluorimètre), d'un rayonnement incident avec le rayonnement transmis.

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum et les précipitations stabilisées ainsi obtenues sont mesurées au spectrophotomètre.

Réactifs

- Acide chlorhydrique (HCl) 10%
- Chlorure de baryum (BaCl₂) stabilisé

Matériels utilisés

- Bécher
- Spectrophotomètre

Mode opératoire

- Prélever 20 ml d'eau à analyser
- Ajouter 0,5 ml d'acide chlorhydrique (HCl) 10% puis 2,5 ml de chlorure de baryum (BaCl₂) stabilisé
- Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes
- Faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda=650$ nm.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE 1 : RESULTATS ET ANALYSES DE LA DETERMINATION DE LA DEMANDE EN CHLORE

I- DETERMINATION DE LA DEMANDE EN CHLORE

L'objectif de la détermination de la demande en chlore a pour but de chercher la dose optimale d'hypochlorite de calcium de valeur supérieure au Break Point (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). Le chlore actif correspond à la quantité de chlore pouvant réagir contre les bactéries dans les hypochlorites

Tableau 1 : tableau récapitulatif de la demande en chlore des 1^{ère} échantillons

| Bécher N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|-----|------|-------|
| d (g/l) | 0,25 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 0,875 |
| V _i (ml) | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| Chlore résiduel Cl ₂ (mg/l) après 30 mn de contact | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| taux | 1 | 1,6 | 2 | 2,4 | 3 | 3,5 |

➤ Interprétation

Pour ces 6 essais du traitement on trouve que le taux de désinfection de l'hypochlorite de calcium sur rivière de Marofangady est égal à 3 mg/l en cas de faible turbidité

Tableau 2 : tableau récapitulatif de la demande en chlore des 2^{ème} échantillons

| Bécher N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|-----|------|-------|
| d (g/l) | 0,25 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 0,875 |
| V _i (ml) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Chlore résiduel Cl ₂ (mg/l) après 30 mn de contact | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| taux | 1 | 1,6 | 2 | 2,4 | 3 | 3,5 |

➤ Interprétation

Ce dernier tableau, montre que l a même résultats que le premier échantillons



Photo 9 : désinfection de la source Marofangady

II- RESULTATS DES ESSAIS DE TRAITEMENTS EN COAGULATION-FLOCCULATION

Nous avons fait 12 essais de traitement en appliquant le processus de coagulation-floculation par le sulfate d'alumine à l'eau brute de Marofangady

1. Première série d'essais de traitement :

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des résultats des premiers essais de coagulation

| Bécher | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 |
|--|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|
| Volume d'eau traité (mg/l) | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Volume de sulfate d'alumine versé (ml) | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 |
| Taux du traitement (mg/l) | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| Aspect des floccs | Très peu de floccs | Beaucoup de floccs moyens | Beaucoup de petits floccs | Peu de gros floccs | Peu de floccs moyens | Beaucoup de petits floccs |
| Turbidité (NTU) | 79,5 | 12,6 | 11,0 | 8,0 | 6,57 | 4,76 |

➤ Interprétation

Pour ces 6 essais du traitement on trouve que le taux de traitement 35mg/l est acceptable la turbidité est égale à 4,76 NTU. Cette valeur est dans les normes mais on a passé à une deuxième vague d'essai pour confirmer (inférieure à 5 NTU). Nous allons faire une deuxième vague d'essais pour confirmer.

2. Deuxième série d'essais de traitement

Tableau 4 : Tableau récapitulatif de l'essai du traitement n°2

| Becher | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Volume d'eau traité (mg/l) | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Volume de sulfate d'alumine versé (ml) | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 3,3 | 3,5 |
| Taux du traitement (mg/l) | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 | 35 |
| Aspect des floccs | Beaucoup de floccs | Beaucoup de floccs | Beaucoup de floccs | Beaucoup de floccs | Beaucoup de floccs | Beaucoup de floccs |
| Turbidité (NTU) | 4,65 | 4,53 | 4,49 | 4,40 | 4,09 | 3,3 |

➤ Interprétation

Ce dernier tableau, montre que le taux de sulfate d'alumine de valeur 35mg/l, pour la meilleure turbidité : 3,3 NTU avec beaucoup de floccs. On obtient alors une bonne turbidité qui suit la norme

III- RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX BRUTES ET TRAITÉES

1. Résultats d'analyse des eaux brutes

Le tableau suivant montre les résultats d'analyse des paramètres pour l'eau brute de la rivière de Marofangady.

Tableau n°5 :

Tableau 5 : Paramètres physico-chimiques de l'eau brute

| Paramètres | Valeur pour l'eau brute | Norme de la potabilité |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Propriétés physiques | | |
| pH | 7,17 | 6,5 – 9,0 |
| Température (°C) | 23,2 | <25 |
| Minéralisation (mg/l) | 77 | - |
| Conductivité (µS/cm) | 92,2 | <3000 |
| Turbidité (NTU) | 428 | <5 |
| Propriétés chimiques | | |
| M.O | 2,9 | 2 (milieu Alcalin) |
| Fer total | 001 | 0,5 |
| Chlorure | 9,23 | 250 |
| TH | 5,3 | 500 |
| THCa | 0,8 | |
| TA | 0 | |
| TAC | 3,7 | |
| Ammonium | 0,06 | 0,5 |
| Nitrite | 0,02632 | 0,1 |
| Nitrate | 3,90726 | 50 |
| Sulfate | 31,5 | 250 |

D'après ce tableau, la turbidité de l'eau brute est élevée 428 NTU. Cela confirme qu'il y a une réduction de la transparence de l'eau brute de la rivière. L'eau brute de Marofangady ne devrait pas donc être ajoutée directement à l'eau source gravitaire sans être traitée.

2. Résultats d'analyse de l'eau traitée

Le tableau suivant montre les résultats d'analyse des paramètres de l'eau traitée par le taux de sulfate d'alumine égal à 35mg/l au cours de l'étude expérimentale :

Tableau 6 : Paramètres physico-chimiques de l'eau traitée

| Paramètres | Valeur pour l'eau Traitée | Norme de la potabilité |
|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| Propriétés physiques | | |
| pH | 6,47 | 6,5 – 9,0 |
| Température (°C) | | <25 |
| Minéralisation (mg/l) | 68 | - |
| Conductivité (µS/cm) | 73,2 | <3000 |
| Turbidité (NTU) | 3,3 | <5 |
| Propriétés chimiques | | |
| M.O | 0,8 | 2 (milieu Alcalin) |
| Fer total | 001 | 0,5 |
| Chlorure | 8,52 | 250 |
| TH | 4,8 | 500 |
| THca | 1,2 | |
| TA | 0 | |
| TAC | 2 | |
| Ammonium | 0,01 | 0,5 |
| Nitrite | 0,01974 | 0,1 |
| Nitrate | 3,87182 | 50 |
| Sulfate | 13 | 250 |

➤ Interprétation de résultat :

Après traitement par coagulation-floculation avec le sulfate d'alumine, la turbidité est nettement réduite. Sa valeur est 3,3 NTU : elle respecte la norme de potabilité qui est 5 NTU. L'utilisation du « sulfate d'alumine » est donc nécessaire pour le traitement de la rivière Marofangady.

CHAPITRE 2 : PROPOSITION DE L'EXPLOITATION DE LA RIVIERE DE MAROFANGADY POUR RENFORCE L'EAU DE SOURCE

Suivant le code de l'eau, les ressources en eau doivent être protégées et tenir compte de son environnement c'est-à-dire l'Etat nous invite à tenir compte l'importance particulière de la gestion de l'eau. Dans ce chapitre, une discussion sera avancée à propos des problèmes rencontrés sur le site et les entretiens courants. Elle permettra de ressortir des recommandations dans le but d'améliorer la technique du traitement d'eau potable à la JIRAMA Antsirabe. En outre, l'évaluation des résultats obtenus au cours de cette étude et les données de la JIRAMA permettent de proposer des solutions pour une meilleure efficacité du traitement face à l'insuffisance d'eau potable qui d'exploiter la rivière de Marofangady.

I- ETAT DE LIEU ACTUEL : évaluation des problèmes

La descente sur terrain m'a permis d'avoir les diverses remarques citées ci-après et dont le but est d'apporter de nouvelles visions pour les responsables concernés.

On rencontre plusieurs contrefaits (problèmes) concernant la rivière et ses environnements, sur le site de production de l'eau. Mais en général, ils peuvent se classer en quatre types :

- Problèmes de sécurité
- Problèmes sur la production
- Problèmes face à l'environnement

1. Problèmes liés à la sécurité

Les problèmes liés à la sécurité concernent principalement à la sécurité du personnel, du site et les matériels tournants.

Pour y faire, le personnel garde suit une règle : il doit rentrer à l'intérieur de la poste de garde après avoir fermé toutes les portes, au plus tard à 18 h 00 ; et il ne doit pas y sortir avant 06 h 00 sauf en cas d'urgence : arrêt de fonctionnement de la pompe doseuse, ajout des produits, et arrêt d'urgence. Au cas contraire, la JIRAMA se tient irresponsable de ce qui peut arriver.

La station de pompage reste encore sans clôture et sans sécurisation spéciale. Le garde poste joue à la fois le rôle de sécurité et le responsable du bon fonctionnement de la production.

La station de pompage se tient à la portée du public : aucune délimitation exacte. Il peut se produire alors certains actes de banditisme et vandalisme même de vol

2. Problèmes liés à la production

- Pour le captage, le problème repose sur l'environnement et ses alentours :

Comme la rivière est accessible au public ; les habitants aux alentours y lavent leur linge et font tous ses besoins, d'où la qualité des sources se dégrade de plus en plus grâce aux divers polluants.

II- Problèmes liés à l'environnement

- Changement climatique

A cause de la dégradation de l'environnement et du changement climatique dans la région, une variation subite des caractéristiques physiques et chimiques ainsi bactériologiques est observée dans la rivière.

III- PROPOSITIONS DE SOLUTIONS

1. Part de la société JIRAMA :

a. Besoins en renforcement des capacités

- Afin de cerner les compétences à acquérir ou à améliorer pour assurer que la capacité d'exécution de la performance au travail soit suffisante, le renforcement de capacité de tous les personnels concernés (surtout agents de station) est indispensable en faisant, un contrôle systématique et périodique pour éviter la monotonie (routine) sur leur travail surtout pendant la période critique (maladie épidémique : peste, choléra, rougeole ; saison cyclonique...).

- La société doit surveiller l'application des règlements intérieurs. Par exemple : le personnel-garde doit rejoindre son poste après avoir fermé toutes les portes, au

plus tard à 18 h 00 ; et il ne doit pas y sortir avant 06 h 00 sauf en cas d'urgence : arrêt de fonctionnement de la pompe doseuse, ajout des produits, et arrêt d'urgence.

b. Amélioration de la sécurité du site

- Pour une meilleure sécurité et une meilleure surveillance du bon fonctionnement des matériels tournants de la station de pompage, nous proposons d'attribuer ces activités à deux agents différents, car le cumul de toutes les tâches correspondantes est une source d'insécurité globale et de mal gestion de travail sur le site.
- Renforcement de la protection du site c'est-à-dire mise en place des infrastructures appropriées comme aux autres usines (Clôture blindé, sirène, caméra de surveillance, panneau d'indication et signalisation, accès en cas d'urgence,...).

c. Assainissement sur le site

- La société devra disposer de laboratoire d'analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau à la station de production à Marofangady, pour bien assurer le contrôle de la qualité et de servir en cas d'urgence(saison du changement de la propriété de la rivière).
- Garder toujours la propreté et la salubrité des installations (salle de machine et du traitement) en balayant et lavant tout à l'intérieur au moins deux fois par jour parce que les boues et débris dans la salle de stockage peuvent se mélanger avec les hypochlorites surtout le sel marin dans les sacs.
- Pour assurer le bon fonctionnement de tous les appareils et machines, aussi pour garder la qualité et la quantité de l'eau produite, des entretiens et maintenances s'avèrent nécessaires. La maintenance des matériels tournants doit être effectuée suivant un planning préétabli, ce qui rend rare le dépannage et le remplacement des matériels à la station de pompage. Dans le cas général, la JIRAMA possède des matériels de rechange en cas d'urgence, et tous les matériels sont assurés en cas d'incident (explosion, inondation...).

- Construire de nouveau bac à réactifs pour éviter la rupture d'adduction des produits car si on fait laver l'un, l'autre peut accessible encore et vice versa. Faire un lavage périodique de ce bac pour éviter l'accumulation d'impuretés de NaClO et de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ utilisés, et de boues transportées par le vent ou les agents, au moins 2 ou 3 fois par semaine.

d. Amélioration du mode de traitement

- Suite aux résultats obtenus au cours de notre étude expérimentale, la société devra utiliser en permanent comme produit additif avec l'hypochlorite de calcium, le « sulfate d'alumine » pour le traitement l'eau d'appoint de la rivière Marofangady en appliquant le processus de coagulation-floculation (traitement de clarification) et le traitement simple (désinfection).

2. Part de la collectivité :

- La collectivité aussi devra construire des lavoirs avec des canaux d'évacuation des eaux usées ainsi que son lieu de déversement, pour pouvoir maîtriser les déversements des divers polluants(détergents,...) provenant des activités humaines surtout domestiques, dans la rivière.

- La collectivité devra mettre des bacs à ordures pour récupérer les déchets ménagers tels que les plastiques, et pour maintenir la propreté du milieu.

- L'Etat doit mettre en place aussi la police des eaux pour contrôler le contrefait et lever baliser les délits en donnant aussi des punitions pour ceux qui ne suivent pas les règles.

CONCLUSION GENERALE

En conclusion, si tous les êtres humains n'ont pas accès à l'eau potable et que tant de personnes en souffrent et en meurent, c'est parce que tous les pays n'ont pas les mêmes infrastructures, et le même niveau de développement. Dans le monde, l'eau est mal répartie et la faire parvenir jusqu'aux endroits demandés est très difficile dans certains pays.

La source Marofangady est considérée parmi la source en eau potable de la ville d'Antsirabe et c'est la société Jiroso Rano Malagasy qui s'en charge de son traitement mais son avenir reste critique face aux changements climatiques.

La présente étude nous a permis de constater vivement et avec justification que la qualité de la rivière est bonne. L'étude aussi nous a permis de conclure que l'analyse et essai de traitement l'eau brute de la rivière de Marofangady surtout sa turbidité doit être contrôlée de temps en temps avant son utilisation comme l'eau d'appoint de la source gravitaire. En cas de faible turbidité, le traitement simple, limité à la désinfection, est valable. Mais en cas de turbidité élevée, le traitement complet est indispensable : le prétraitement, la coagulation-floculation avec le sulfate d'alumine, la décantation, la filtration et enfin la désinfection. L'étude aussi nous a permis de conclure que traitement au préalable de l'eau brute de la rivière de Marofangady peut favoriser l'accès de l'eau potable de la population d'Antsirabe.

Au cours de cette étude alors, nous avons proposé des solutions de système d'exploitation de la rivière de Marofangady pour renforcer l'eau de source d'eau potable à Antsirabe. La qualité de l'eau produite pourrait être améliorée par le mode de traitement comportant : le prétraitement, la coagulation-floculation, la décantation, la filtration et enfin la désinfection. Une adoption d'une nouvelle gestion faciliterait la surveillance de la qualité de l'eau au niveau des ouvrages au sein du site

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

[1] : **aquaportail**. DEFINITION EAUX NATURELLES [Base de données en ligne].Format World Wide Web disponiblesur:<https://www.aquaportail.com/definition-9354-eaux-naturelles.html>

[2] : 1, **Licence STE : Biochimie**.*L'eau.Cours*,

[3] : **L'ORE - Observatoire Régional de l'Environnement**. L'eau en Poltou-Charentes. *Qu'est ce qu'une eau potable ? octobre 2020*

[4] : **COURSTRAITEMENTBAOUIA**, septembre 2020

[5] : *Pollution de l'eau. durable, L'encyclopédie du développement*. [Base de données en ligne]. Format World Wide Web disponible sur: https://www.encyclo-ecolo.com/Pollution_de_l'eau

[6] : **l'eau dans tous ses etats**.*Le cycle de l'eau*. s.l. : Texte extrait de "vive l'eau", Ministère de l'Ecologie

[7] : *ocsi-cours_pteS1*, octobre 2020

[8] : *procedes reconnus destinés au traitement de l'eau potable*,

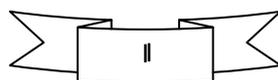
[9] : *traitement de l'eau destinée à la consommation*,

[10] : **JARID, Houda et AMZIL, Karam** .*OPTIMISATION DE LA FILTRATION SUR SABLE POUR LE TRAITEMENT DES EAUX POTABLES À LA COMPAGNIE MINIÈRE GUEMASSA (CMG)*.

[11] : **Dr. BESSEDIK, Madani**.*Traitement de l'eau II*. mabessedik@yahoo.fr

[12] : **Eau du Maroc**. Les étapes de traitement d'eau potable. *Les différentes étapes d'une filière classique de traitement d'eau potable*. [Base de données en ligne]. Format World Wide Web disponible sur:www.eadumaroc.com/2017/06/les-etapes-de-traitement-deaupotable.html?m=1

[13] : *les traitements des eaux*,



ANNEXES

- Annexe 1 : La norme de potabilité malagasy

| PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES | NORME |
|----------------------------|----------|
| Odeur | Absence |
| Couleur | Incolore |
| Saveur désagréable | Absence |

| PARAMETRES PHYSIQUES | UNITE | NORME |
|----------------------|-------|-----------|
| Température | °C | <25 |
| Turbidité | NTU | <5 |
| Conductivité | µS/cm | <3000 |
| pH | | 6,5 – 9,0 |

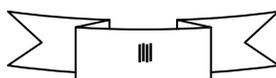
| PARAMETRES CHIMIQUES | UNITE | NORME | |
|----------------------|-------|--------|------------|
| | | MINIMA | MAXIMA |
| | | | ADMISSIBLE |

ELEMENTS NORMAUX

| | | | |
|---------------------------------|---------------------------|----|-----|
| Calcium | mg/l | | 200 |
| Magnésium | mg/l | | 50 |
| Chlorure | mg/l | | 250 |
| Sulfate | mg/l | | 250 |
| Oxygène dissous % de saturation | % | 75 | |
| Dureté TH | mg/l en CaCO ₃ | | 500 |

ELEMENTS INDESIRABLES

| | | | |
|---------------------|------|--|--------------------|
| Matières organiques | mg/l | | 2 (milieu Alcalin) |
| | | | 5 (milieu Acide) |
| Ammonium | mg/l | | 0,5 |



| | | | |
|-------------|------|--|------|
| Nitrite | mg/l | | 0,1 |
| Azote total | mg/l | | 2 |
| Manganèse | 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 FECALES :

COLIFORMES TOTAUX.....0 / 100ml

STREPTOCOQUES FECAUX.....0 / 100ml

COLIFORMES THERMO-TOLERANTS (E.COLI)..... 0 / 100ml

CLOSTRIDIUM SULFATO- REDUCTEUR.....<2 / 20ml

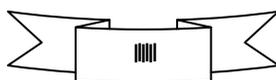
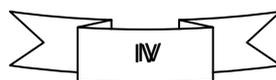
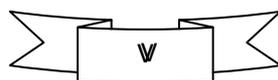


TABLE DE MATIERES

| | |
|--|-----|
| REMERCIEMENTS | i |
| SOMMAIRE | ii |
| LISTE DES ABREVIATIONS | iii |
| LISTE DES UNITES..... | iv |
| LISTE DES PHOTOS..... | v |
| LISTE DES FIGURES..... | v |
| LISTE DES TABLEAUX | v |
| INTRODUCTION | 1 |
| PREMIERE PARTIE : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES | 1 |
| CHAPITRE 1 : LES EAUX NATURELLES | 2 |
| I- DEFINITION [1]..... | 2 |
| II- COMPOSITION ET STRUCTURE DE LA MOLECULE D'EAU | 2 |
| 1. Composition | 2 |
| 2. Structure de la molécule d'eau | 2 |
| III- SOURCES D'EAUX BRUTES | 4 |
| 1. Eaux de surface..... | 4 |
| 2. Eaux de mer | 5 |
| 3. Eaux de pluie | 5 |
| 4. Eaux souterraines | 5 |
| IV- POLLUTION [5]..... | 6 |
| V- CYCLE D'EAU [6] [7] | 7 |
| CHAPITRE 2 : L'EAU POTABLE ET SES ETAPES DE TRAITEMENT | 8 |
| VI- L'EAU POTABLE..... | 8 |
| 1. Introduction [8] | 8 |
| 2. Objectifs du traitement de l'eau potable [9]..... | 8 |
| 1. Dégrillage et tamisage | 9 |
| 2. Clarification..... | 9 |
| 3. Floculation coagulation et décantation [10], [11]..... | 10 |
| 4. La filtration | 11 |
| 5. Désinfection..... | 11 |
| 6. Ozonation O ₃ | 12 |
| 7. Filtration sur charbons actifs..... | 12 |



| | |
|--|----|
| 8. Chloration | 12 |
| DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE..... | 1 |
| CHAPITRE1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE..... | 13 |
| I- QUELQUES INFORMATIONS SUR ANTSIRABE..... | 13 |
| 1. Situation géographique | 13 |
| 2. Contextes géologique et hydrogéologique | 13 |
| II- STATION DE TRAITEMENT DE MAROFANGADY..... | 14 |
| 1. Localisation des ressources en eau de Marofangady..... | 14 |
| 2. Ressource en eau M1 | 15 |
| 3. Ressource en eau M2 | 15 |
| 4. Traitement actuel | 16 |
| CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES..... | 17 |
| I- MATERIELS ET METHODES POUR LES ESSAIS DE TRAITEMENTS (JAR-TEST)..... | 17 |
| 1. Eau à traiter | 17 |
| 2. Préparation de coagulants | 17 |
| 3. Détermination de la demande en chlore | 17 |
| 4. Essais de traitement : JAR-TEST..... | 19 |
| II- MATERIELS ET METHODES POUR LES ANALYSES DES EAUX | 21 |
| 1. Analyses physico- chimique des eaux | 21 |
| TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS | 1 |
| CHAPITRE 1 : RESULTATS ET ANALYSES DE LA DETERMINATION DE LA DEMANDE EN CHLORE .. | 33 |
| I- DETERMINATION DE LA DEMANDE EN CHLORE..... | 33 |
| II- RESULTATS DES ESSAIS DE TRAITEMENTS EN COAGUATION- FLOCCUATION..... | 35 |
| 1. Première série d'essais de traitement : | 35 |
| III- RESULTATS DES ANALYSES DES EAUX BRUTES ET TRAITEES | 36 |
| 1. Résultats d'analyse des eaux brutes | 36 |
| 2. Résultats d'analyse de l'eau traitée | 37 |
| Le tableau suivant montre les résultats d'analyse des paramètres de l'eau traitée par le taux de sulfate d'alumine égal à 35mg/l au cours de l'étude expérimentale :..... | 37 |
| CHAPITRE 2 : PROPOSITION DE L'EXPLOITATION DE LA RIVIERE DE MAROFANGADY POUR RENFORCE L'EAU DE SOURCE..... | 39 |
| I- ETAT DE LIEU ACTUEL : évaluation des problèmes | 39 |
| 1. Problèmes liés à la sécurité | 39 |
| 2. Problèmes liés à la production | 40 |



| | |
|--|----|
| II- Problèmes liés à l'environnement..... | 40 |
| III- PROPOSITIONS DE SOLUTIONS..... | 40 |
| 1. Part de la société JIRAMA :..... | 40 |
| 2. Part de la collectivité : | 42 |
| CONCLUSION GENERALE | 43 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES..... | I |
| ANNEXES..... | II |
| ▪ Annexe 1 : La norme de potabilité malagasy | II |
| TABLE DE MATIERES | IV |

Auteur : RAKOTOARIVELO Tojonirina

Email : tojonirinakrakoto@gmail.com

Numéro téléphone : 0349948116



Titre du mémoire : « **ESSAI DE TRAITEMENT L'EAU BRUTE DE LA RIVIERE DE MAROFANGADY** »

Nombre de pages : 43

Nombre de figures : 12

Nombre de tableaux : 6

Nombre des annexes : 1

RESUME :

Face à l'extension de la population, la société JIRAMA Antsirabe doit augmenter la quantité et assurer la qualité de l'eau potable produite. D'après notre étude, la rivière de Marofangady pourrait-être utilisée comme l'eau d'appoint pour renforcer l'eau de source de Marofangady. Le traitement simple est insuffisant en cas de forte turbidité de la rivière, il faut faire un traitement complet comportant : le prétraitement, la coagulation-floculation avec le sulfate d'alumine, la décantation, la filtration et enfin la désinfection. En outre, il faut toujours sensibiliser les gens à l'importance et à la conservation de la qualité de l'eau.

Mots-clés: Coagulation– Eau potable -Floculation -JIRAMA- Marofangady

ABSTRACT:

Faced with the expansion of the population, JIRAMA Antsirabe must increase the quantity and ensure the quality of the drinking water produced. According to our study, Marofangady river could be used as make-up water to strengthen Marofangady. Simple treatment is insufficient in case of strong turbidity of the river, it is necessary to make a complete treatment including: pretreatment, coagulation-floculation with alumina sulphate, decantation, filtration and finally deinstallation. In addition, peoples shoud always be made aware of the importance and conservation of water quality.

TITLE: MAROFANGADY RIVER RAW WATER TREATMENT TRIAL

Keys words: Coagulation -Drinking water- Flocculation -JIRAMA -Marofangady

ADRESSE DE L'AUTEUR: Lot 0114 G 55 Antsimontsena Antsirabe 110 –MADAGASCAR

ENCADREUR : Dr RATSIMBA Marie Hanitriniaina