

TABLE DES MATIERS

Remerciements	ii
Table des matières	iii
Liste des figures	vii
Liste de carte	viii
Liste des tableaux	ix
Lexiques	x
Liste des annexes.....	xi
Abréviation	xii
Introduction	1
PARTIE I – SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES	2
I-1- Généralités sur l'eau	2
I-1-1- Définition	2
I-1-2- Quelques propriétés physico-chimiques de l'eau	2
I-1-3- Cycle de l'eau	2
I-1-4- Eaux de consommations	3
A- Eau de surface	4
B- Eaux souterraines	4
I-1-5- Traitement des eaux de consommation	5
A- Etapes de la production d'eau potable.....	5
a- Dégrillage/tamisage	5
b- Clarification	5
c- Filtration	5
d- Désinfection	5
d-1- Ozonation	5
d-2- Chloration	6
I-1-6- Normes de qualité des eaux de consommation	6
a- Qualités microbiologique.....	7
b- Qualités chimiques	7
c- Qualités physique et gustative	7
I-2- Généralités sur la filtration	7
I-2-1- Définition	7
I-2-2- Classification des filtrations	8
A- Mode de passage de fluide	8
B- Dimension des pores	8

a- Filtration clarifiant	8
b- Microfiltration	8
c- Ultrafiltration	8
d- Osmose inverse	9
I-2-3- Objectif de la filtration	9
I-2-4- Type de filtre à sable	9
I-3- Station de traitement d'eau de la JIRAMA PK7 Antsiranana	9
I-3-1- Station de traitement	9
I-3-2- JIRAMA Antsiranana	10
I-3-2-1- Dexo	11
A- Production d'Eau.....	11
B- Distribution d'Eau	12
I-3-2-2- Ouvrage de cette station de traitement	13
1- Captage des Sources	13
2- Traitement	13
3- Distribution	14
I-3-2-3 Traitement existant	14
A- Traitement complet	14
1- Prétraitement des sources	15
2- Flocculation/Décantation	15
3- Filtration à sable lente monocouche	15
4- Désinfection	15
B- Traitement physique simple	15
PARTIE II – MATERIELS ET METHODES	17
II-1- Cadre contextuel de l'étude	17
II-1-2- Zone d'étude	17
A- Localisation	17
B- Historique	17
C- Délimitation administrative	19
D- Situation démographique	19
II-2-Système de filtration à sable existant au JIRAMA PK7Antsiranna	19
II-2-1- Objectif	19
II-2-2- Principe de fonctionnement	20
II-2-3- Condition de fonctionnement	20
II-2-4- Suivi de fonctionnement du filtre	21

II-3- Matériels de base d'une filtration lente à sable	21
II-3-1- Milieu filtrant	21
II-3-1-1- Caractéristiques de ces sables de filtration	22
a- Origine	22
b- Granulométrie	22
c- Pertes	23
d- Hauteur des sables dans le filtre	23
II-3-2- Gravier de support	23
II-3-2-1- Rôle	23
II-3-3- Fonds du filtre	23
II-3-3-1- Rôles des Buselures	24
II-3-4- Système de commande d'un filtre	24
II-4- Méthode de fonctionnement d'un filtre lente à sable	25
II-4-1- Mode opératoire d'un filtre en marche.....	25
II-4-2- Fonctionnement du lavage d'un filtre	27
1- Matériels	28
2- Mode opératoire	28
i- Soufflage à l'air	28
ii- Lavage à l'eau à grand débit	29
iii- Remise en marche de la filtration	30
PARTIE III – RESULTATS, INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS	31
III-1- Résultats	31
III-1-1- Résultats avant traitement	31
A- Analyses physico-chimiques	32
B- Analyses bactériologiques	33
III-1-2- Résultats après traitement	33
A- Analyses bactériologiques... ..	34
III-2- Interprétations	35
III-3- Discussions	36
III-3-1- Sur la filtration à sable	36
III-3-2- Sur la station de traitement PK7 Antsiranana	36
III-3-3- Recommandations.....	37
Conclusion.....	38
Références bibliographiques	39
Références webographiques.....	39



Liste des figures

Figure 1 : Cycle de l'eau	3
Figure 2 : Formation d'eau souterraine	4
Figure 3 : Etapes de traitement d'eau dans une usine de potabilisation	6
Figure 4 : Filtration sur le lit de sable	8
Figure 5 : Station de traitement d'eau de la JIRAMA PK7 ANTSIRANANA	10
Figure 6 : Structure de la DEXO	11
Figure 7 : Structure de la PO	12
Figure 8 : Structure de la DO	13
Figure 9 : Ouvrages JIRAMA PK7	14
Figure 10 : Monument dédié au Marechal Joseph Joffre sur la place Joffre, ANTSIRANANA, Madagascar	18
Figure 11 : Système de filtration	21
Figure 12 : Sable de Mahavavy	21
Figure 13 : Sable bien repartie dans le filtre	22
Figure 14 : Fond du filtre	23
Figure 15 : Buselure	24
Figure 16 : Différentes vannes de lavages	24
Figure 17: Filtre en fonction	25
Figure 18 : Hypochlorite de calcium de la JIRAMA	26
Figure 19 : Filtre colmaté	27
Figure 20 : Soufflage d'air	27
Figure 21 : Lavage à l'eau	29

Liste de Carte

Carte 1 : Région DIANA.....	17
-----------------------------	----

Liste des tableaux

Tableau 1 : Propriétés physico-chimique de l'eau	2
Tableau 2 : Répartition de la superficie de la région DIANA par district et nombre de commune respectives	19
Tableau 3 : Valeur admissibles pour l'eau potable	31
Tableau 4 : Résultats d'analyse d'eau brute.....	32
Tableau 5 : Paramètres bactériologiques.....	33
Tableau 6 : Résultat obtenus après filtration	34
Tableau 7 : Résultats d'analyses des eaux traités	35

Rapport-Gratuit.com

LEXIQUES

- Filtrat : solution contenant le liquide sans les particules solides retenues lors de la filtration.
- Gâteau : solide accumulé sur le filtre support lors de la filtration.
- Matières en suspension : Petites particules solides qui flottent dans l'eau causant les turbidités qui peuvent être éliminés par sédimentation ou filtration. Ou encore tout élément en suspension dans l'eau dont la taille permet la rétention sur un filtre de porosité donnée.
- Colloïdes : sont des micelles (huile dans l'eau) chargées négativement (diamètre de 0,5 μm à 0,5 mm).
- Pathogènes : Tout organismes vivant présents dans l'eau à savoir les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes, provoquant la maladie.
- Colmatage : se dit d'un filtre lorsque les particules finissent par boucher les pores du filtre, conduisant à une baisse importante de débit de filtration.
- Lit filtrant : il assure le processus de traitement de la filtration. Le sable est le filtrant le plus souvent utilisé.
- Coefficient d'uniformité U: rapport de l'ouverture de maille de tamis permet le passage de 60% de particules, à l'ouverture de maille de tamis permettant le passage de 10% des particules.
- Granulométrie : C'est la tracé de la courbe de pourcentage de la masse de chaque fraction granulométrique passant une série de tamis d'essais en fonction de l'ouverture de maille du tamis.
- Tamisage : c'est un filtrage plus fin à travers un tamis destiné à arrêter les déchets plus petits.
- Séchage : opération constituant à éliminer le liquide résiduel contenu dans le solide par circulation d'un gaz, en générale de l'air.
- Filtre clarificateur : leur objectif est de clarifier le liquide dont la teneur initiale en solide est en général inférieure à 0,15%. Les débits traités sont important devant la qualité de solide retenu.
- Stress hydrique : notion utilisée par l'ONU pour désigner une situation où les disponibilités en eau sont inférieure à 1700m³ par an, ce qui peut entrainer des pénuries.

Liste des annexes

Annexe 1 : Loi N° 98 – 029 portant Code de l’Eau article 38.....	I
Annexe 2 : Loi N° 98 – 029 portant Code de l’Eau article 58.....	II
Annexe 3 : Article 08 du décret n°2004-635 du 15/06/04.....	III

Liste des abréviations

% : Pourcent
°C : Degré Celsius
°F: Degré Français
Al₂SO₄ : Sulfate d'alumine
Cl : Chlore
cm : Centimètre
dm : Décimètre
g.L⁻¹ : Gramme par litre
m : Mètre
mg.L⁻¹ : Milligramme par litre
mL : Millilitre
CU : Coefficient d'uniformité
DEXO : Direction d'exploitation Eau
DO : Distribution d'eau
JIRAMA : Jiro sy Rano Malagasy
O.M.S: Organisation Mondial de la Santé
km : Kilomètre
km² : Kilomètre carrée
M.E.S : Matière en suspension
M.O : Matière Organique
N.M : Norme Malgache
N.T.U : Naphato Turbidity Unity
pH : Potentiel Hydrogène
V.M.A : Valeur Maximale Admissible
UICPA : Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée
NPP : Nombre Premier Probable

INTRODUCTION

L'eau est une ressource indispensable à la vie. Pourtant, elle est très inégalement répartie sur notre planète : elle est très abondante dans les régions tempérées (Europe, Amérique du Nord) et dans les régions équatoriales (Brésil, Afrique équatoriale) ; tandis que très rare dans les régions sèches (Afrique du Nord et Moyen-Orient) qui souffrent fréquemment de stress hydrique [1].

En effet, actuellement, 1,1 milliard de personnes n'ont pas toujours accès à l'eau propre et un tiers de la population mondiale est privé d'eau potable à cause de l'insuffisance des équipements de l'assainissement. Dans les pays en voie de développement, 2,5 millions de personnes meurent chaque année d'une eau contaminée par les germes et la pollution [a].

De ce fait, selon le quatrième rapport de l'ONU sur l'eau, le Continent Africain est le continent où l'accès à une eau de qualité est plus limité [b]. Madagascar est le quatrième pays le plus pauvre en Afrique en matière d'accès à l'eau. Actuellement, son taux d'accès en eau potable est de 43%, augmenter ce taux à 67% d'ici 2019 est l'objectif fixé par le Ministère de l'Eau, de l'hygiène et de l'Assainissement avec ses partenaires. A Madagascar, la majorité de la population dispose d'une alimentation par un réseau public et d'autre partie puise l'eau directement à sa source : puits, fleuve ou les réserves pluviale naturelle, où la potabilité de l'eau n'est pas assurée [2].

Comme ces problèmes de non accessibilité à l'eau potable ne peuvent pas être résolu du jour au lendemain, des mesures simple et peu coûteuse à savoir la filtration à sable, peuvent être envisagées à la fois individuellement et collectivement pour mettre de l'eau propre à disposition de million de personnes dans les Pays en voie de développement spécialement en milieu rurale [3]. En outre, elle est une technologie adéquate pour éliminer les micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux [4]. D'où s'intitule la présente étude sur le système de filtration d'eau au sein de l'ouvrage de traitement.

Pour mieux comprendre cette étude, en première partie, nous allons faire à des synthèses bibliographiques sur la généralité de l'eau et la filtration ainsi que la présentation du JIRAMA d'Antsiranana. Puis, dans la deuxième partie nous allons voir les matériaux utilisés ainsi que les méthodes adoptées pour le fonctionnement du système de filtration à la station de traitement JIRAMA d'Antsiranana. Enfin, dans la troisième partie on va présenter les résultats obtenus ainsi que leurs interprétations.

Parti I

SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES

I-1-GENERALITES SUR L'EAU

I-1-1-Définition

L'eau est une substance chimique avec des molécules composées d'un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène de formule moléculaire H_2O . Ce composé est très stable et néanmoins très réactif [c].

I-1-2- Quelques propriétés physico-chimiques de l'eau

Pour mieux comprendre les propriétés physico chimiques de l'eau, nous allons avant tout voir cela sur ce tableau 1.

Tableau 1: Propriétés physico-chimiques de l'eau [5]

Nom UICPA	Eau
Formule brute	H_2O
Apparence	Liquide incolore, inodore, insipide
Masse molaire $g.mol^{-1}$	18
$pK_a = pK_e$	14
Température de fusion $^{\circ}C$	0
Température d'ébullition $^{\circ}C$	100

L'eau sur terre que dans l'atmosphère se présente sous trois forme : liquide (lacs, océans, rivières...); solide (glace); gazeux (vapeur d'eau). Elle passe d'un état à l'autre en fonction de la température mais la quantité reste toujours la même [c].

I-1-3- Cycle de l'eau

Sous l'effet du soleil, l'eau s'évapore et se condense dans l'atmosphère formant ainsi les nuages .Elle retombe ensuite sous forme de précipitation puis s'écoule et s'infiltré dans les cours d'eau et la nappe avant de s'évaporer à nouveau : c'est le cycle de l'eau.

La vapeur d'eau, invisible, est un composant de l'air. Les nuages sont des accumulations de gouttelettes d'eau dans l'air. Ceci est montré par la figure 1.



Figure 1 : Cycle de l'eau

I-1-4-Eaux de consommations

Le corps humain est composé à 65% d'eau pour un adulte, à 75% chez les nourrissons et à 94% chez les embryons de trois jours. Les cellules, quant à elles, sont composées de 70% à 95% d'eau. Les animaux sont composés en moyenne de 60% d'eau et les végétaux à 75%. Sur terre ; on trouve 97% d'eau de surface salée et les 3% restants constituent les réservoirs d'eau douce de la planète. Ces eaux douces sont les ressources les plus utilisables dues à leur salinité faible à la consommation (la valeur de sel permise est de 500 à 700 mg.l⁻¹). Elles représentent 2,5% de la totalité de l'eau sur terre dont on y rencontre : les eaux souterraines et les eaux de surfaces (lacs, rivières, fleuves) [d]. Madagascar dispose comme eaux courantes de plus de 3000km de fleuves et de rivières situées entre 800 et 140m d'altitude. Son réseau hydrographique est naturellement subdivisé en six grands bassins fluviaux d'importance inégale qui se subdivisent en 256 bassins. Les principaux plans d'eau douce stagnants sont formés essentiellement par les lacs continentaux et les lacs littoraux ; ils occupent une superficie totale d'environ 2000km² sur 0.3% du territoire avec 3429 étendues d'eau libre. Concernant les eaux souterraines, la nappe phréatique à faible profondeur alimente traditionnellement les puits et les sources en eau potables [e].

A- Eaux de surface

Les eaux de surface appelées aussi eaux superficielles constituent les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents qui sont en contact direct avec l'atmosphère : cours d'eau, océans, lacs, eaux de ruissellement.

Origine

Elles sont issues d'une nappe profonde qui en émergeant donne naissance à un ruisseau ou à une rivière et à une eau de ruissellement.

B- Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont retenues dans ce qu'on appelle aquifères c'est à dire une formation géologique où une partie de celle-ci est constituée d'un matériau perméable capable de stocker des quantités importantes d'eau. Elles se trouvent presque partout et leurs qualités sont très bonnes. Le fait qu'elles soient stockées dans des couches situées sous la surface et parfois à des profondeurs très élevées, permet de les protéger contre toutes contaminations et de préserver sa qualité. De plus, elles constituent une ressource naturelle qui peut souvent être trouvée près des consommateurs finaux et ne nécessitent pas de gros investissement en termes d'infrastructures et de traitement, comme qui est souvent le cas lors de la récolte des eaux de surfaces.

Origine

Les eaux souterraines sont à l'origine de l'infiltration des eaux de pluies dans le sol et la fonte des neiges ou par l'eau qui fuit à travers le fond de certains lacs ou rivières. La figure 2 illustre l'eau souterraine.

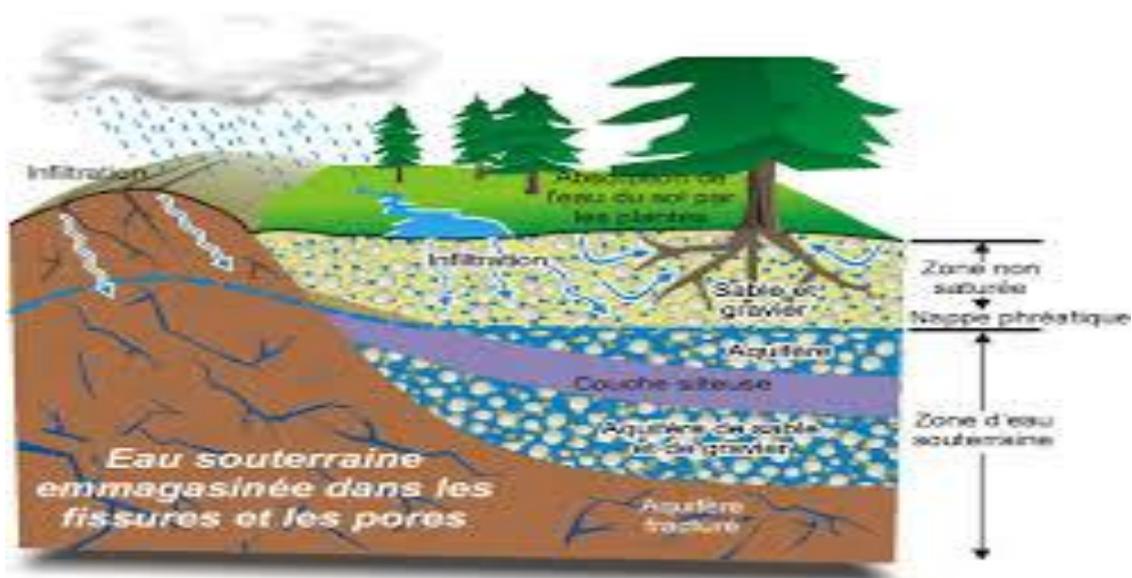


Figure 2 : Formation d'eau souterraine

I-1-5- Traitement des eaux de consommation

Les eaux de surfaces et souterraines sont les ressources les plus recueillies par les hommes pour assurer plusieurs fonctions dans différents domaines comme agriculture et élevage, l'alimentation, l'énergie, la santé et l'hygiène ainsi que le transport. Mais l'accès direct, surtout à la consommation, de ces ressources n'est pas conseillé car toutes eaux entrant en contact avec les milieux naturels sont polluées (fertilisants, pesticides, colorants, rejets industriels...) et peuvent contenir des microorganismes nuisibles à la santé des consommateurs. Pour cela, les faire traiter s'avère être très nécessaire pour les rendre potables et saines. Ce traitement se déroule dans une station d'épuration.

Ainsi, de nombreux paramètres sont à corriger pour rendre l'eau potable suivant les normes de qualité recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), des réglementations internationales et nationales : paramètres physico-chimique (température, pH, turbidité, conductivité, titre alcalimétrique, dureté, indice de minéralisation, teneur en ions nitrite, ammonium, sulfate...); paramètres organoleptiques (coloration, odeur, turbidité, saveur); paramètres chimiques (substances indésirables, toxiques); paramètres microbiologiques (microbes pathogènes); paramètres micropolluants (arsenic, hydrocarbure...) [5].

A- Etapes de la production d'eau potable

Dans une usine de potabilisation, les eaux brutes subissent plusieurs étapes de traitement.

a -Dégrillage et tamisage

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

b-Clarification

La clarification permet de rendre plus claire l'eau du bassin de décantation en éliminant 90% de MES.

c-Filtration

Pour éliminer les 10% restantes de MES, l'eau traverse une filtre, lit de sable fin et /ou un filtre à charbon actif : la filtration sur sable élimine les matières encore visible à l'œil nu, tandis que les filtres à charbon actif retiennent en plus les micropolluants, les composés à l'origine des goûts et des odeurs.

d-Désinfection

La désinfection c'est la dernière étape, elle élimine tous les micro-organismes qui pourraient être dangereux à la santé.

d-1-Ozonation

L'eau est désinfectée par l'ozone, qui a une action bactéricide et antiviral. Ce gaz, mélangé à l'eau, agit aussi sur les MO en les cassant en morceaux. Il améliore également la couleur et la saveur.

d-2-Chloration

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

Une illustration plus détaillée de ces étapes est montrée dans la figure 3.

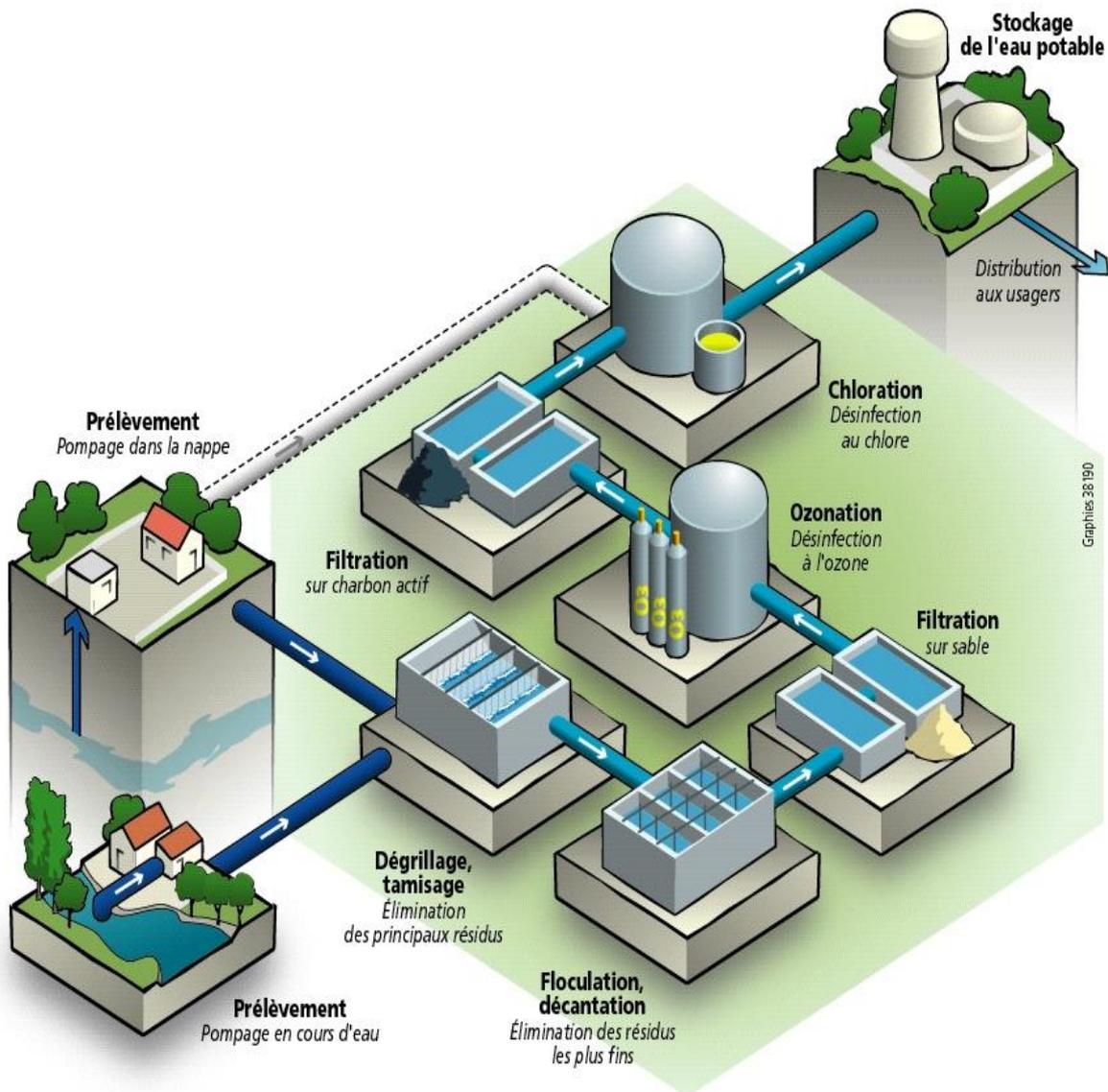


Figure 3 : Etapes de traitements d'eau dans une usine de potabilisation

Les eaux de consommations qui sont principalement des eaux potables se présentent sous deux formes : l'eau de robinet et l'eau minérale. Elles doivent répondre aux critères stricts des normes de qualité fixée par le Ministère de la santé.

I-1-6 Normes de qualité des eaux de consommations

Les eaux potables doivent avoir les normes de qualité suivantes

a-Qualité microbiologique

L'eau ne doit contenir ni parasites ni virus ni microbes pathogènes.

b-Qualité chimique

Les substances chimiques dites indésirables ou toxiques font l'objet de normes très sévères.

Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de $g.L^{-1}$). Ces normes sont établies sur la base d'une consommation journalière normale pendant toute la vie.

c -Qualité physique et gustative

L'eau doit être limpide, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur indésirable. Cependant, une eau qui ne satisfait pas pleinement à ces critères ne présente pas forcément de risque pour la santé.

Plusieurs sont les étapes de traitement de ces eaux naturelles, nommées aussi eau brutes, mais c'est l'étape de filtration qui tient un rôle importante par sa capacité d'éliminer les plus petites particules.

I-2 - GENERALITES SUR LA FILTRATION A SABLE

I-2-1- Définition

La filtration à sable est une technologie qui est utilisée dans les installations de traitement des eaux du monde entier depuis le 19^e siècle. C'est un moyen écologique de traitement des effluents relativement simple et peu coûteux. Elle permet de séparer les constituants d'un mélange hétérogène qui possède une phase liquide et une phase solide à travers un milieu poreux. Le liquide ayant subi la filtration est nommé filtrat ou per méat, tandis que les fractions retenues par les sables sont appelées retentas, résidus ou gâteaux. [f]

La figure 4 illustre le fonctionnement d'une filtration à sable.

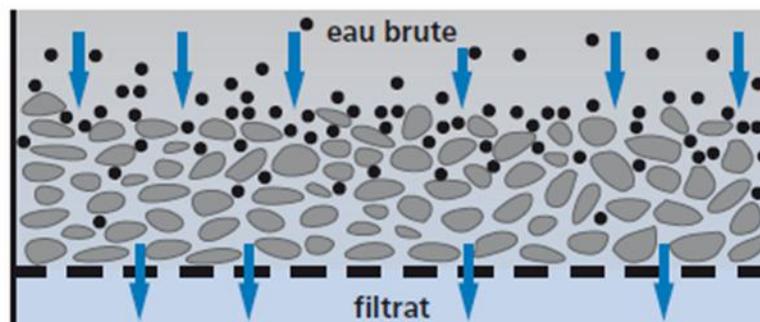


Figure 4 : filtration sur le lit de sable

Au sein d'une station de traitement, la filtration est une étape dans le procédé physicochimique. Elle est précédée de l'étape de floculation et décantation pour que les espèces à retenir entre les sables soient réduites. Donc, la filtration est une étape, utilisant un filtre qui vise à retenir les particules solides (flocs résiduels ou MES) non éliminés par les étapes qui la précède en faisant percoler l'eau à travers une masse filtrante qui est le sable.

La filtration peut aussi désigner le phénomène passif d'épuration naturelle ou de diminution de la turbidité qui se produit quand l'eau pénètre un lit de sable ou de sédiment pour rejoindre la nappe [f].

I-2-2- Classification des filtrations

Les filtrations peuvent être classées selon le mode de passage de fluide et de la dimension des pores [f].

A-Mode de passage de fluide

Il existe deux principales techniques de filtration

a-Filtration frontale

La plus connue, qui consiste à faire passer l'eau à filtrer perpendiculairement à la surface du filtre. Les particules étant retenues par le filtre, cette technique est limitée par l'accumulation des particules à sa surface qui finissent peu à peu par le colmatage.

b- Filtration tangentielle

Contrairement à la filtration frontale, elle consiste à faire passer le fluide tangentiellement à la surface du filtre. Dans ce cas, les particules restent dans le flux de circulation tangentiel, et le colmatage s'effectue ainsi beaucoup moins vite. Cette technique est réservée aux petites particules de taille allant du nanomètre à micromètre.

B- Dimension des pores

On peut aussi nommer l'opération de filtration suivant la taille des pores du filtre. Donc suivant ces dimensions, il y a encore plusieurs type de filtre.

a-Filtration clarifiant

Pour un diamètre des pores compris entre 10 et 450 micromètre.

b-Microfiltration

Pour un diamètre des pores compris entre 10 ou 20 nm et 10 micromètre.

c- Ultrafiltration

Pour une dimension des pores comprise entre 1 ou 2 et 10 ou 20 nm.

d -Osmose inverse

Pour un diamètre des pores compris entre 0,1 et 1nm.

On parle de filtration stérilisante lorsque le diamètre des pores est inférieur à 0,22 micromètre (220nm), permettant la rétention des micropolluants.

Plus le diamètre des grains est faible et le temps de séjour des particules sera long, plus le pouvoir d'arrêt du filtre sera d'autant plus grand. Les filtres à sable doivent être donc régénérer régulièrement pour qu'ils ne se colmatent pas, en inversant le sens de passage de l'eau dans le filtre à l'aide des vannes.

I-2-3- Types de filtration à sable

On trouve trois types de filtration à sable

- Filtration à sable rapide

- Filtration à sable semi rapide

- Filtration à sable lente

Les deux premiers types de filtration à sable nécessitent des pompes et de l'utilisation des produits chimiques. Mais ils diffèrent de la filtration à sable lente qui emploient des processus biologiques pour nettoyer l'eau et ce sont des systèmes non- pressurisés. Elles peuvent traiter l'eau et réduire la présence des microorganismes (bactéries, virus, microbes...) sans avoir besoin des produits chimiques [f].

I-2-4- Objectif de la filtration

Elle a pour but d'améliorer la qualité physico-chimique de l'eau en éliminant les particules plus petites en suspension qu'elle contient.

Les étapes de purification, y compris cette étape de filtration doivent se dérouler dans une station spécifiée dans le traitement des eaux brutes.

I-3- STATION DE TRAITEMENT D'EAU DE LA JIRAMA PK7 ANTSIRANANA

I-3-1- station de traitement

Une station de traitement est un centre d'épuration d'eau qui peut remplir deux missions : d'une part, recycler les eaux usées en éliminant les polluants avant leurs rejet dans le milieu naturel et d'autre part, rendre les eaux naturelles propres et sans danger pour la consommation humaine.

Ainsi, à Madagascar, la JIRAMA ou Jiro sy Rano Malagasy est la toute première compagnie nationale du secteur en taille produisant de l'électricité et de l'eau potable. Elle desserve plus d'une centaine de localité dans toute le pays, mais prenant comme référence la JIRAMA ANTSIRANANA.

I-3-2-JIRAMA ANTSIRANANA

Historique

Avant d'entrer en détails dans notre étude concernant le déroulement de la filtration, nous allons voir l'historique de la JIRAMA PK7 ANTSIRANANA.

La figure 5 nous montre l'entrée de la station de traitement d'eau a ANTSIRANANA.



Figure 5 : Station de traitement d'eau JIRAMA PK7 ANTSIRANANA

En 1925, Diego était un port des colonies. Les colons et les étrangers, qui y sont habités, ont exploité la rivière d'Ambodimanga pour alimenter seulement la ville en partant de l'Hôtel de ville. L'eau après captage, passait par un prétraitement qui est le dégrillage, puis dans un mini décanteur et enfin, directement dans le château d'eau.

Entre 1950-1961, suite à l'augmentation de nombre des habitants, ils ont recherché de nouvelle source, qui fut la rivière de Besokatra située 25 km de la ville. Pendant ce temps, les ouvrages de traitement étaient complets : barrage-conduite d'adduction-décanteur-filtre-bâche-réservoir.

Depuis 1985 à 1989, il y a épuisement des sources. Pour résoudre ce problème, il y a eu un renouvellement sur les ouvrages : nouvelle conduite et nouveau décanteur mais les sources à exploiter sont les mêmes : besoins satisfaisants pour les habitants.

En 1989 à 2017, évolution démographique dans la région : la JIRAMA Diego-Suarez exploitent maintenant ces sources avec les derniers ouvrages conçus.

Structure

La JIRAMA d'Antsiranana est un poste basé dans la Commune rurale Antanamitarana, Fokontany Maromagniry. Elle possède deux branches : d'une part l'ENELEC qui est responsable des alimentations en électricité et d'autre part la partie EAU ou DEXO qui est responsable de la production et distribution d'eau potable (PO et DO), c'est là où s'est déroulée notre étude.

Et comme toutes les entreprises et sociétés, l'ouvrage de traitement d'eau JIRAMA Antsiranana a sa propre structure. La figure 6 le démontre.

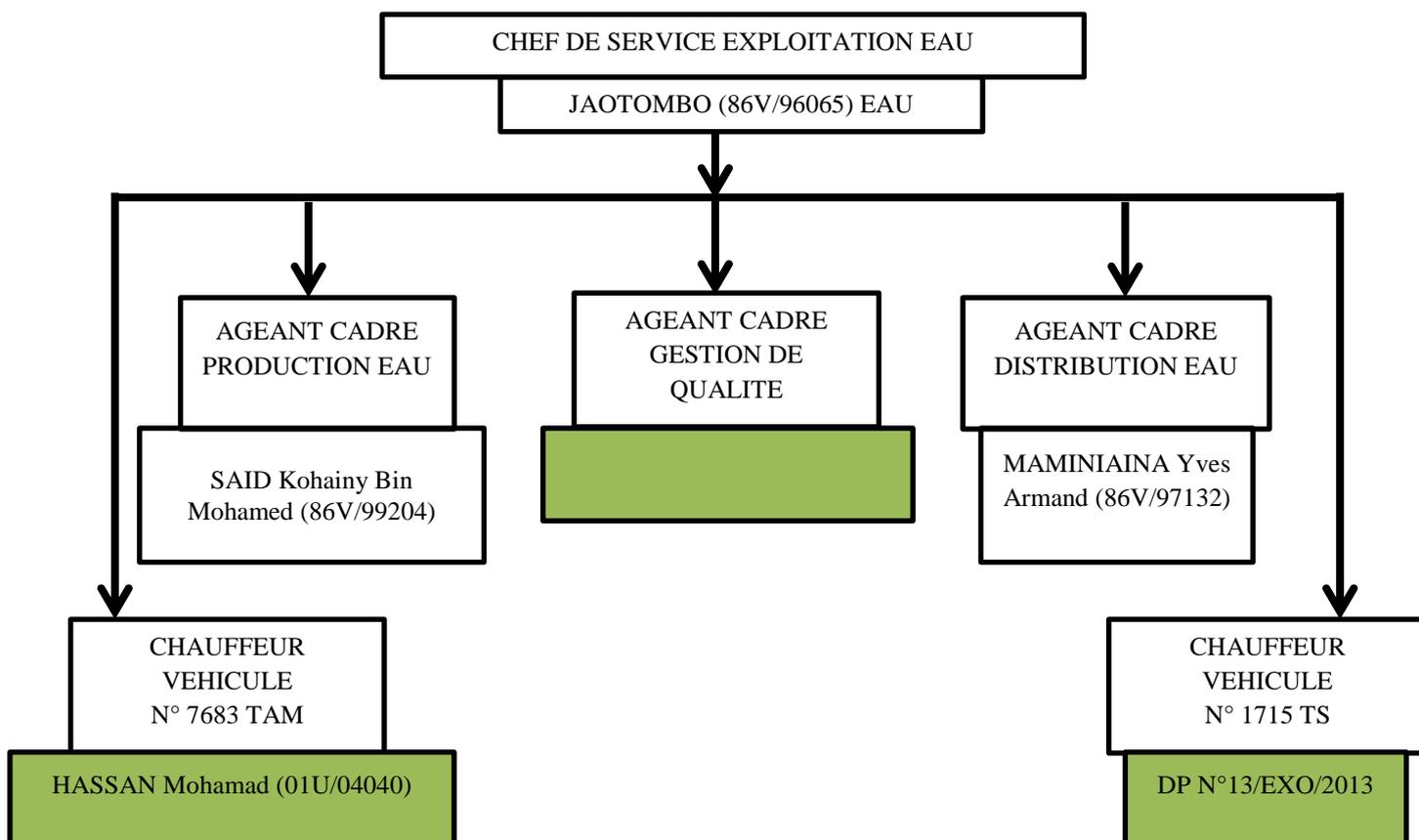


Figure 6 : Structure de la Dexo

I-3-2-1- La DEXO

A- La Production Eau

Concernant la production d'eau, l'ouvrage JIRAMA Pk7 alimente les habitants de cette région en eau potable issus des procédés de traitement d'eau tel que : physico-chimique et bactériologique provenant de deux sources notamment, les rivières d'Ambodimanga et les rivières de Besokatra

L'usine de traitement est donc responsable de l'exploitation et du traitement de ces sources d'eaux jusqu'à ce qu'elles arrivent aux réservoirs.

Sa structure est illustrée par la figure 7.

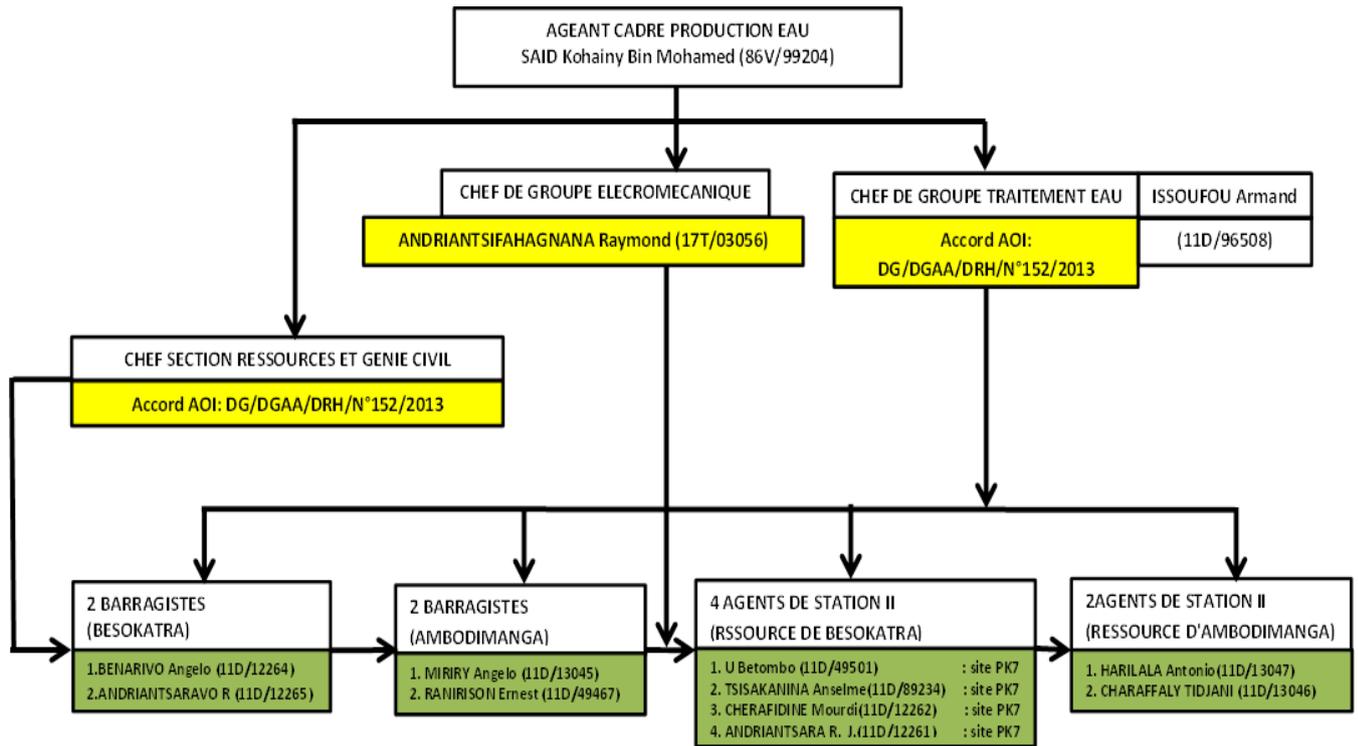


Figure 7 : Structure de la production Eau

B- La Distribution Eau

Arrivée aux réservoirs c'est la distribution qui assure le partage d'eaux aux clients.

La distribution joue donc le rôle de Gestionnaire de réseau de distribution, de branchement, de client, de maintenance, de l'installation, de contrôle et analyse de l'eau dans le réservoir (pour voir s'il y a des problèmes ou pas au niveau des conduites).

La figure 8 montre les différentes structures de la partie distribution en eau de la JIRAMA ANTSIRANANA.

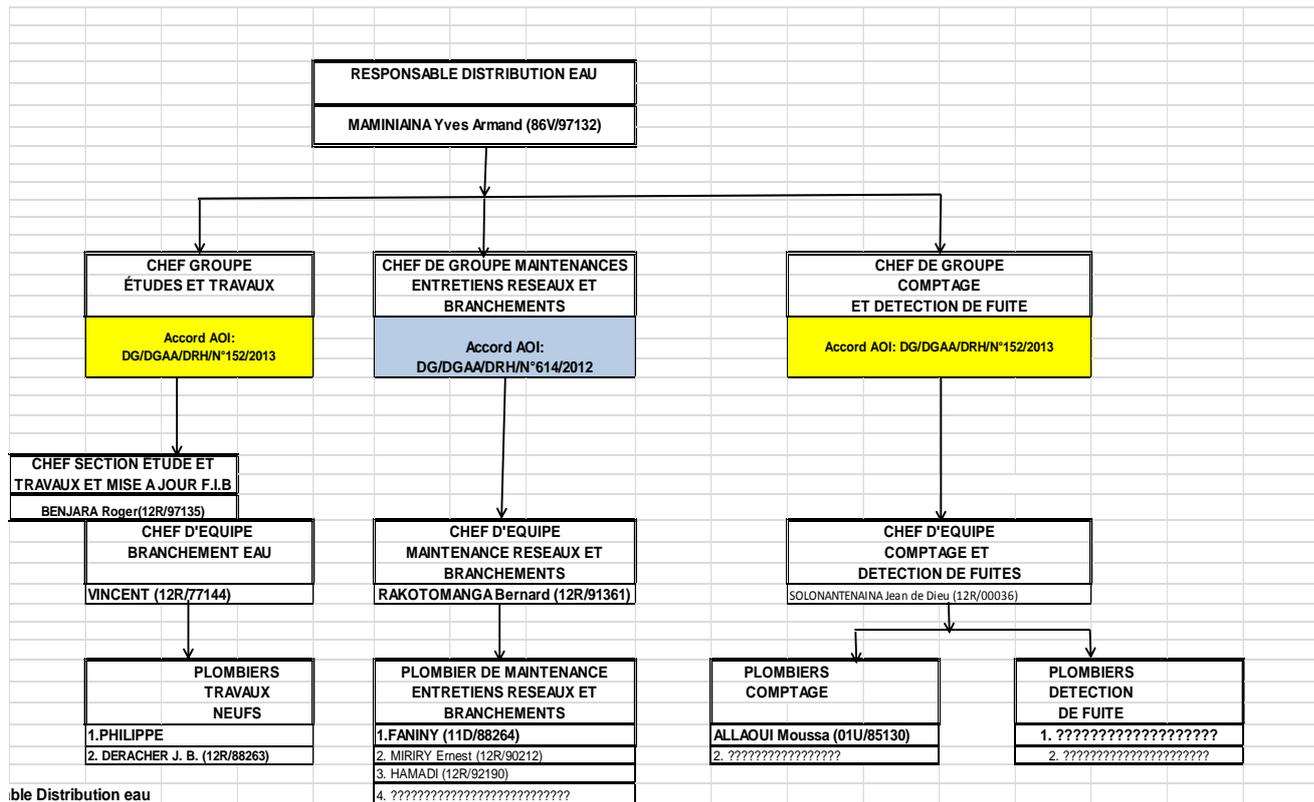


Figure 8 : Structure de la distribution Eau

I-3-2-2- Ouvrages de cette station de traitement

Pour la JIRAMA PK7, les ouvrages dans sa station comprennent :

1- Captage des sources

Le captage se fait à l'aide de l'emplacement d'un barrage aux sources.

2- Traitement

Dans la partie traitement il y a plusieurs sortes d'ouvrages qui sont :

Tout d'abord, le décanteur qui est divisé en trois parties : la zone de contact, la zone de floculation et la zone de décantation. Ensuite le filtre. Puis la bache de désinfection qui est le lieu de déversement des produits pour désinfecter l'eau. Et enfin, les réservoirs qui servent à stocker les eaux potables.

3- Distribution

La partie distribution est surtout constituée des conduites de distributions. La figure 9 montre les différents ouvrages de traitement des eaux existant au station d'Antsiranana.

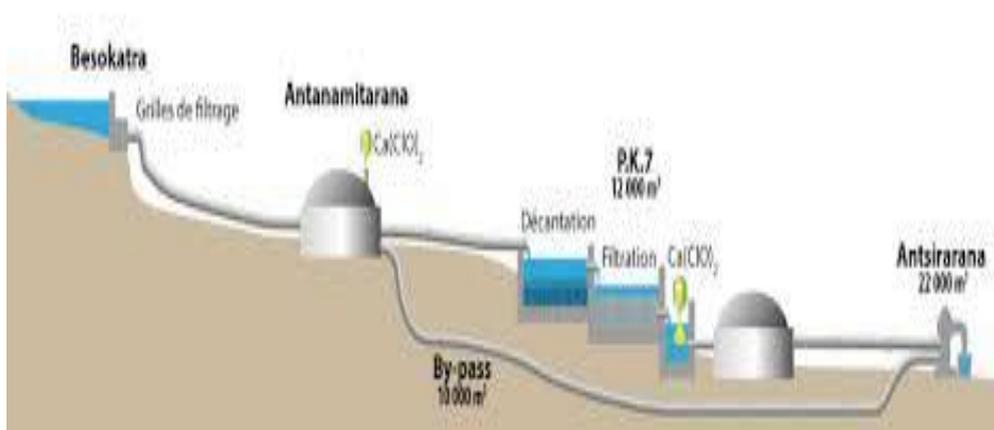


Figure 9 : Ouvrages JIRAMA PK7

I-3-2-3-Traitement existant

D'abord, dans un centre de traitement d'eau, le traitement a pour fin de transformer l'eau brute ou eau usée en eau potable aux normes en vigueur en éliminant les polluants. Il s'agit donc de faire passer l'eau à traiter par les différents procédés de traitement : physico-chimique et bactériologique, qui ont chacun leur capacité de pouvoir éliminer les polluants présents dans l'eau à traiter.

-Filières physico-chimiques : Ils utilisent des moyens physiques comme le décanteur, filtre et/ou des produits chimiques notamment des coagulants/floculant (chlorure ferrique ; sulfate d'aluminium,) pour éliminer les MES ;

-Filières bactériologiques : Ils ont pour objectifs d'éliminer des microorganismes par introduction des produits chlores (pastille de chlore, eau de Javel).

Les équipements d'une station d'épuration varient en fonction des étapes de traitement à appliquer selon les variations de l'eau à traiter. Dans notre cas, dépendant du climat, deux types de traitement se pratiquent au sein de la JIRAMA Antsiranana à savoir le traitement complet et le traitement simple [7].

A- Traitement complet

Pendant la saison de pluie qui se situe surtout de Décembre jusqu'au mois d'avril avec l'augmentation du niveau d'eau où elle est fortement polluée : on fait appel au traitement

complet. C'est aussi pendant cette période qu'on procède plus à l'analyse d'eau brute et des eaux qui sont traitées méticuleusement.

Dans ce cas, l'eau est traitée par les filières physicochimiques et bactériologiques dont les étapes sont les suivantes.

1- Prétraitement des sources

Le prétraitement des sources est un simple dégrillage et tamisage pour éliminer les déchets volumineux de l'eau à traiter.

2- Flocculation et décantation

Après le prétraitement, l'eau est additionnée à un produit chimique tel que $Al_2(SO_4)_3$ qui provoque l'agrégation des particules de grandes tailles et des MO : c'est la flocculation ; les floccs issus de cette étape de sédimentent et se déposent au fond du bassin : c'est la décantation.

3-Filtration lente à sable monocouche

L'eau surnageant ainsi clarifiée et débarrassée de nombreuses composantes indésirables est ensuite filtrée pour être séparée des particules solides restantes.

4- Désinfection

Les eaux filtrées sont additionnées à un produit chlore qui est l'hypochlorite de calcium pour éliminer les bactéries pathogènes non retenues par le filtre.

Ouvrages de ce type traitement : Décanteur + Filtre + Bâche (désinfection) + Réservoir.

B- Traitement physique simple

Ce traitement se fait lors de la période d'étiage (niveau moyen le plus bas d'un cours d'eau) pendant lesquelles les eaux brutes sont moins chargées des polluants, c'est à dire ,se présentent en bonne qualité physico-chimiques. Donc, le traitement physico- chimique est négligeable pour ce type de traitement.

Les étapes de ce traitement simple ne comportent donc que : le prétraitement, la filtration et la désinfection.

Ouvrages de ce type de traitement : Filtre + Bâche (désinfection) + Réservoir

Pour toutes les entreprises JIRAMA à Madagascar, les eaux qui sont issues de leurs différents traitements sont envoyées par échantillon au laboratoire de l'institut Pasteur à Antananarivo

pour être certifiées afin de convaincre les consommateurs que leur production suive les normes de potabilités de l'eau.

Pour ces deux types de traitement : complet et physique simple, existant dans la station d'Antsiranana, on remarque que l'étape de filtration à sable est toujours présente. Afin de comprendre l'importance de sa présence, entamons à la deuxième partie où nous allons voir quel type de filtration utilise la JIRAMA Diego Suarez, et quels sont les matériels utilisés ainsi que les méthodes adoptées pour le fonctionnement de ce type de filtration pour purifier les à traiter.

Partie II

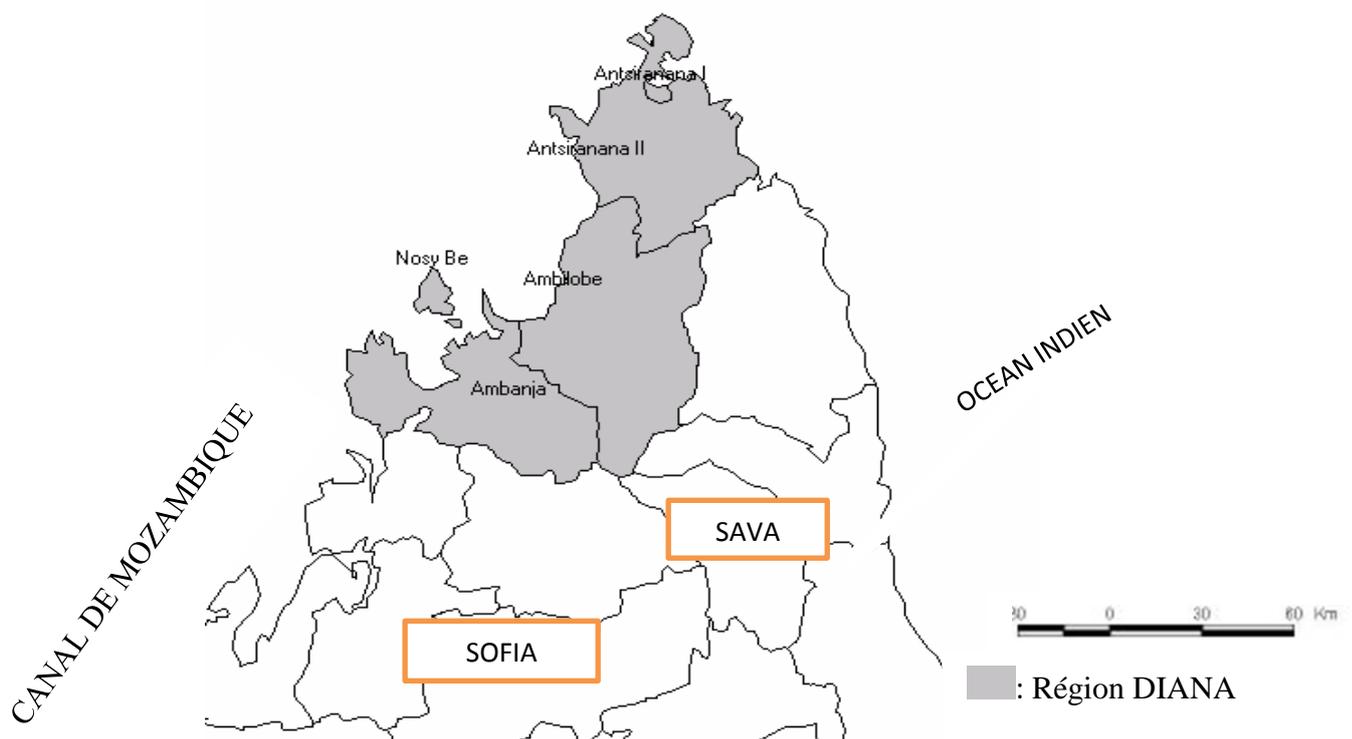
MATERIELS ET METHODES

II-1-CADRE CONTEXTUEL DE L'ETUDE

II-1-1- Zone d'étude [8]

A- Localisation

Pour entamé notre étude, il est nécessaire de localiser la région où s'est dérouler ce dernier. Avant cela, cette carte 1 va définir plus en détails la région DIANA par rapport à la carte de la grande ile.



Carte 1 : Région DIANA

Antsiranana, qui est appelé aussi Diego-Suarez ou Antsiranana, est la plus grande ville du nord de Madagascar et le troisième port de la Grande ile. Elle est la capitale de la province de Diego-suarez. Avec la récente mise en place des vingt-deux régions en 2004, elle est devenue la capitale de la région Diana. Ses habitants s'appellent Les Antsiranaï. Son aire urbaine est estimée à 257 163 en 2014.

B- Historiques

Il est important d'avoir quelque notion d'histoire de la région dont on a pu faire notre étude pour plus de compréhension à ce sujet. La figure 10 montrant un des monuments qui caractérise le Nord de MADAGASCAR.



Figure 10 : Monument dédié au Maréchal Joseph Joffre sur la Place Joffre, Antsiranana, Madagascar

Au VII^e siècle ce fut l'apparition des premiers vestiges de présence humaine dans la Montagne des Français. Puis au XVI^e siècle on a découvert de la baie par des explorateurs portugais (Diogo dias et Fernan soares).Après cela au XVII^e siècle ,l'apparition de la république imaginaire de « Libertalia ».

17 décembre 1885 : ce fut l'élaboration d'une signature d'un traité accordant à la France le droit d'occuper le territoire de Diego-Suarez et d'y faire « des installations à sa convenance ».

Les troupes françaises s'installent d'abord à Cap Diego, puis, pour des raisons de commodité et d'ouverture sur l'arrière-pays, à Antsirane.

Et En 1900, Diego-Suarez est déclaré « point d'appui de la flotte ». Sous la direction du général Joffre, la ville va rapidement se développer (construction du bassin de radoub, de l'hôpital, du quartier militaire, de l'arsenal)

28 août 1895 : prise par les Français du fort d'Ambohimarina (dans la Montagne des Français) occupé par les troupes de la reine Ranaivalona III

28 janvier 1896 : décret rattachant la colonie au gouvernement général de Madagascar.

5 mai au 7 mai 1942 : opération Iron Clad, les Britanniques s'emparent de Diego-Suarez aux mains des troupes vichystes craignant que ces dernières n'appuient les forces japonaises, alliées de l'Allemagne.

1946 : les troupes britanniques rétrocèdent la ville à la France.

26 juin 1960 : l'île devient indépendante, ce jour deviendra la fête nationale.

3 juin 1974 : départ de la Légion étrangère, puis de la Marine nationale le 26 juin 1975.

C- Délimitation administratives

La ville se situe au niveau de cap d'Ambre (Tanjon'i Bobaomby) dans le Nord de Madagascar avec

- Au Nord et au Nord Est : Océan Indien
- À l'Ouest : canal de Mozambique
- À l'Est : Région SAVA
- Au Sud : Région SOFIA

D- Situation démographique

Le tableau 2 récapitule la situation démographique de la région DIANA.

Tableau 2 : Répartition de la superficie de la Région DIANA par District et nombre de communes respectives

District	Superficie (km ²)	part (%)	Nombre	
			Commune	Fokontany
ANTSIRANANA I	41	0,2	1	25
ANTSIRANANA II	7012	33,48	21	139
AMBILOBE	8139	38,86	15	161
AMBANJA	5433	25,94	23	177
NOSY-BE	317	1,51	1	32
Région	20942	100	61	533

II-2- Systèmes de filtration à sable au sein de l'ouvrage JIRAMA Antsiranana

Au sein de l'ouvrage de la JIRAMA PK7, le type de filtration qu'ils utilisent est la filtration lente à sable monocouche. Ce type de filtration est une méthode d'épuration biologique qui consiste à faire passer l'eau à traiter à travers un lit filtrant à une vitesse de 7 mètres par heure. Le matériau filtrant est le sable.

II-2-1- Objectif

La filtration a pour objectif de diminuer le plus faible possible de la turbidité c'est-à-dire inférieur à 1NTU où l'eau sera la plus claire possible, cette faible turbidité d'eau à traiter permet d'avoir un bon rendement hydraulique ce qui va maintenir fonctionnellement le réseau de distribution, et permettre une bonne souplesse d'exploitation ainsi on pourra atteindre la capacité de production sans difficulté [6].

II-2-2- Principe de fonctionnement

Les eaux brutes clarifiées et débarrassées des composants indésirables, obtenues après son addition à un produit chimique $Al_2(SO_4)_3$ lors de l'étape de floculation-décantation, se font passer successivement à faible débit par gravitaire de haut en bas à travers les trois matériaux montés en séries du filtre : sable-graviers-buselures. La formation d'une membrane biologique obtenue par les enzymes sécrétées par des algues et des microorganismes assurent une meilleure efficacité à la filtration de l'eau jusqu'à arrêt des colloïdes et de la majeure partie des germes microbiens.

Comme les MES à éliminer restent à la surface superficielle, entre les grains du matériau filtrant, au fur et à mesure, ils se rassemblent en flocs et provoquent ensuite le colmatage du filtre conduisant à la perte des charges des sables qui conduit à l'arrêt de fonctionnement du système de filtration. Cela nécessite donc le lavage du filtre : ce type de système de filtration est normalement lavé à l'air et à l'eau successivement.

II-2-3-Condition de fonctionnement

Le fonctionnement d'un filtre dépend de nombreux paramètres tels que [6] :

- Vitesse de filtration : d'après les expériences qui ont été faites, la vitesse adéquate de filtration doit être comprise entre 5 à $7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ et la durée de lavage ne doit pas dépasser de $9,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. En effet, une vitesse plus élevée diminuera le contact entre l'eau et les grains c'est-à-dire que les matières indésirables sont plus ou moins retenues. C'est pour cela qu'il faut par la suite procéder à la désinfection ou stérilisation pour avoir de l'eau potable. Par contre, une vitesse plus faible permet d'avoir une bonne qualité d'eau mais ceci nécessite beaucoup de temps pour avoir le débit de l'eau.
- Granulométrie du sable : pour un bon fonctionnement d'un filtre, la granulométrie des sables doit être respectée : $0,8$ à $1,2 \text{ mm}$.
- Perte de charge des sables au niveau du filtre : elles dépendent du degré de colmatage du filtre.
- Pertes de sable : elles ne doivent pas dépasser de 2% par an à cause de son coût élevé et leur renouvellement dans le filtre qui ne se fait qu'une fois par an.
- Rendement hydraulique du filtre : le volume d'eau versé dans le filtre doit être en fonction de sa capacité pour avoir un bon rendement hydraulique.

II-2-4- Suivi de fonctionnement du filtre

Pour obtenir la qualité et quantité de production d'une filtration, le contrôle de performance du filtre est très important tel que : l'observation ou l'analyse de la turbidité de l'eau de chaque compartiment en service le matin et l'après-midi ; la Vérification de la hauteur des matériaux chaque semaine; la Vérification de la surface du sable chaque jour avant la mise en service et aussi l'indice de colmatage du matériau [19].

II-3- Matériels de base d'une filtration lente sur sable

La conception du filtre de la JIRAMA PK7 est un type de filtre ouvert à béton armé contenant une couche d'eau surnageant d'eau brute, un lit filtrant avec des grains et un système de commande de filtre. Cette figure 11 montre en générale ce que l'on trouve dans une Système de filtration.

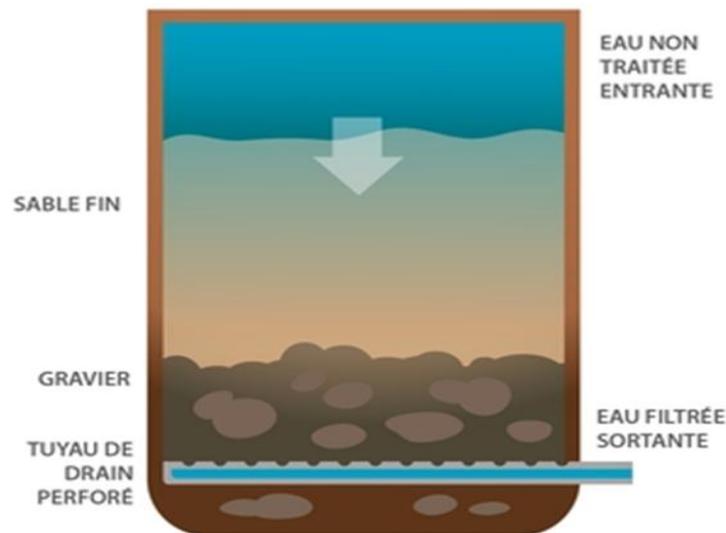


Figure 11: Système de filtration

II-3-1-Milieu filtrant

Le sable est plus fréquemment utilisé étant donné qu'il ne coûte pas très cher, en outre, il est inerte et durable et donne d'excellent résultat.

Pour la JIRAMA, leur lit filtrant est un sable monocouche, homogène.

II-3-1-1- Caractérisation de ces sables de filtration

a- Origine

Pour filtrer l'eau, on peut utiliser deux types de sables, soit un sable de mers soit un sable de rivière.

Pour l'entreprise JIRAMA, leurs sables proviennent de la rivière Mahavavy d'AMBILOBE. On a opté ce choix car ces sables possèdent les caractéristiques de sables qui sont importantes

pour un système de filtration : perte d'eau et perte d'acide. Voyons dans la figure 12 ce type de sable.



Figure 12: Sables de Mahavavy

Mais avant l'utilisation de ces sables au système de filtration, des étapes successives sont à suivre pour leur entretien :

Sables de rivières--- tamisage successif (pour éliminer les poussières des sables) ---lavage à l'eau---rinçage en hypochlorite de calcium (pour éliminer les élément indésirables des sables)- --séchage---tamisage(pour obtenir les granulométries respectives des sables)---sable de filtration [6].

b- Granulométrie

Les grains de sables peuvent être ronds ou anguleux. Pour une bonne filtration, les grains anguleux sont plus adéquats car il y a moins de pertes de charges à travers le lit filtrant. Par contre si le sable est rond il ne peut pas retenir suffisamment les particules.

Pour la JIRAMA PK7, la dernière étape de l'entretien des sables : le tamisage, permet d'obtenir les granulométries respectives pour leur filtration à sable qui est de 0,8 à 1,2mm et leur coefficient d'uniformité ne doit pas dépasser de 1,6.

c- Pertes

A part la granulométrie, la perte d'eau et la perte d'acide des sables de filtration constituent aussi des caractéristiques très importantes car les sables ne doivent pas être très mouillés et ne doivent pas non plus contenir d'acides pour ne pas affecter les matériaux et l'eau à traiter du filtre.

d- Hauteur du sable dans le filtre

Dans le filtre ouvert, les sables doivent être de même niveau sur les quatre endroits du filtre et son hauteur varie de 0,8 à 1,2m. Sachant que le remplacement des sables dans le filtre se fait une fois par an. La figure 13 nous montre la répartition des sables dans le filtre.



Figure 13 : sables bien repartis dans le filtre

II-3-2- Le gravier de support

Les graviers de support se placent au-dessous du milieu filtrant. Leur granulométrie est supérieure à la dimension du sable, plus de 6,4 fois c'est-à-dire 4 à 8mm avec une épaisseur de 0.30m dans le filtre.

II-3-2-1-Rôles

Le gravier de support a avant tout pour rôle de retenir le sable du milieu filtrant puis d'améliorer la répartition de l'eau de lavage dans le filtre et aussi de protéger les buselures contre les sables.

II-3-3 - Fond du filtre

Le fond du filtre est un plancher perforé muni des buselures bien repartis en fonction de la perforation des dalles (50 par mètre carré.) .Elle sépare le milieu filtrant de l'eau à filtrer. Cette figure 14 illustre le plancher muni des buselures .



Figure 14 : Fonds du filtre

II-3-3-1-Rôles des buselures

Les buselures servent à collecter et à évacuer les eaux filtrées de façon uniforme, et de distribuer uniformément aussi l'eau et l'air destinés au lavage du filtre par circulation à contre-courant à travers les matériaux filtrants. La figure 15 montre ce qu'est un buselure.



Figure 15: Buselure

Il est à préciser que, les matériaux de filtrations doivent présenter les qualités suivantes :
Ils doivent être insolubles dans l'eau puis non friables et surtout, ils ne devraient évacuer aucune substance susceptible d'altérer les qualités de l'eau.

II-3-4- Système de commande du filtre

Pour la JIRAMA PK7, le système de filtration est commandé par quatre sortes de vannes qui se distinguent les unes des autres par leurs couleurs :

- Vannes rouge : évacuation d'eau de lavage et d'air

- Vanne bleu : évacuation des eaux filtrées
- Vanne jaune : vidange des caniveaux
- Vanne gris : évacuation des eaux au fond du filtre

La figure 16 présente les différentes vannes qui sont nécessaires surtout au moment du lavage du filtre



Figure 16 : Les différentes vannes de lavages

II-4- Méthode de fonctionnement d'une filtration à sable lente

II-4-1- Mode opératoire d'un filtre en marche

Avant de procéder à la filtration, il faut vérifier que à part la vanne de sortie d'eaux filtrées (bleue), toutes les autres vannes sont fermées telles que :

- vanne d'eau de lavage et d'air (rouge)
- vanne de vidange des caniveaux (jaune)
- vanne de vidange au fond du filtre (gris)

L'eau résultant du floculation-décantation sort par une vannette gravitaire. Elle tombe et se remplit d'abord dans les caniveaux car si l'eau à filtrer retombe directement sur le lit de sable, non seulement il n'y a pas de phénomène de filtration mais elle risque d'endommager tous les ouvrages du système de filtration (par exemple le creusement du filtre entraînant le phénomène Renard).

Comme l'eau à filtrer ne cesse de s'écouler à travers la vannette, passe toujours dans les caniveaux puis elle déborde de ces derniers et se déverse sur le lit du sable.

Sous l'effet de la lumière du soleil, des algues poussent et absorbent les nutriments contenus dans l'eau brute tels que les nitrates, le dioxyde de carbone, les phosphates, en les transformant en parois cellulaires et en Oxygène. Ces parois se dissolvent au fur et à mesure de sa formation dans l'eau pour agir sur les impuretés organiques. Parvenu à maturité, il se forme à la surface du sable un mince film visqueux qui est en grande partie d'origine organique ; appelé « membrane filtrant ». Ce film, par ces divers composés qui sont les algues filamenteuses ; protozoaires ; rotifères ; bactéries et autre formes vie animaux ou végétales, piègent, digèrent, désagrègent puis retiennent les MO et les MES ainsi que les bactéries contenues dans les eaux brutes .Après cela, la couleur est partiellement éliminée. Et c'est par la suite que l'eau pénètre à faible débit sur le lit filtrant et s'infiltré à une vitesse de $7m.h^{-1}$. Et lors de cette infiltration, les MES ou les floes résiduels, qui ont encore résisté jusqu'ici, sont éliminés par le phénomène physique de tamisage et d'adsorption par les grains de sable. Ils sont retenus dans les espaces inter-granulaires sur la plus grande partie de la hauteur du couche de sable [10]. La figure 17 montre le filtre en fonctionnement.



Figure 17 : Filtre en fonction

Après leur infiltration, arrivé au fond du filtre, l'eau est captée par les buselures qui la déposent au fin fond du filtre qui est le milieu vide. Seul la moitié du vide est remplie de ces eaux filtrées .Puis, elles sont acheminées par une conduite au bache de désinfection pour procéder à l'étape bactériologique.

-Procédé bactériologique

Pour l'ouvrage PK7, le produit chloré utilisé à la désinfection pour éliminer les bactéries pathogènes qui ont échappé à la filtration est l'hypochlorite de calcium. Toutefois, la figure

18 illustre un modèle de mélange d'hypochlorites au sein du station de traitement d'eau à la JIRAMA Antsiranana.



Figure 18 : hypochlorite de calcium du JIRAMA PK7

II-4-2- Fonctionnement du lavage d'un filtre

L'eau monte de temps en temps dans le filtre même au moment de l'ouverture du robinet-vanne de départ d'eau filtrée, c'est le phénomène normal de colmatage du lit filtrant.

Un filtre est dit colmaté si l'eau à filtrer commence à déborder au trop plein. Dès que ce signe se produit, procéder tout de suite au lavage du filtre est la solution.

La figure 19 montre un filtre colmaté où l'eau à filtrer commence à monter au trop plein.



Figure 19 : Filtre colmaté

A Antsiranana, le lavage du filtre est pratiqué une fois par jour et cela nécessite de l'air à haute pression, et d'eau de lavage qui n'est autre que l'eau désinfectée par l'hypochlorite de calcium.

Pour ce type de lavage, l'air et l'eau se font successivement.

1- Matériels

Pour le lavage du filtre, les matériels nécessaires sont : une échelle pour descendre dans le filtre ; un balais brosse pour nettoyer les parois du filtre ; un électropompe d'eau de lavage et un suppresseur ou compresseur d'air.

2- Mode opératoire

Avant de procéder au lavage, le fonctionnement du filtre doit être arrêté.

- On ferme la vannette sortie d'eau à filtrer et le robinet-vanne de sortie d'eau filtrée (bleue) puis, on ouvre le robinet-vanne de vidange pour évacuer les eaux des caniveaux (jaune). A l'aide d'une échelle, on descend dans le bassin de filtration et on nettoie toutes les parois intérieures des caniveaux et des filtre avec une brosse nylon.
- Avant le soufflage à l'air, il faut rabaisser le niveau d'eau dans le filtre de 30 à 40 cm depuis son ouverture pour éviter la perte de sable pendant leur broiement avec l'air à l'aide de l'ouverture du robinet-vanne de sortie d'eau au fond du filtre (grise). Ensuite, on démarre le suppresseur d'air pendant 4 minutes et on ouvre le robinet-vanne d'air comprimé.

i- Soufflage à l'air

Amené par une conduite au fond du filtre, l'air souffle à haute pression la couche filtrante. Cette insufflation d'air broyé, mélange l'eau et le sable du filtre pendant 6 minutes : cela permet le détachement des boues colmatées sur le lit filtrant (l'eau dans le filtre devient trouble). Après 6 minutes, on ferme le suppresseur d'air. La figure 20 nous montre ce qui se passe au niveau du filtre pendant le soufflage à l'air.



Figure 20 : Soufflage à l'air

ii- Lavage à l'eau à grand débit du sable

Après 6 minutes d'insufflation d'air au fond du lit de sable, on démarre l'électropompe d'eau de lavage et on ouvre aussi le robinet-vanne d'eau de lavage : on passe maintenant au lavage à l'eau de ce dernier. Pour la JIRAMA Antsiranana, son eau de lavage est l'eau désinfectée par le Cl. Elle arrive aussi au fond du filtre à l'aide d'une conduite. Cette eau, en remontant du fond du filtre va rincer jusqu'à évacuation complète des impuretés détachés des matériaux pendant l'insufflation d'air conduisant à l'obtention d'eau claire dans le filtre. Après obtention d'eau claire dans le filtre, on arrête de démarrer et d'ouvrir l'électropompe d'eau de lavage ainsi que le robinet vanne d'entrée d'eau de lavage.

Ce lavage à l'eau dure environ 30 minutes. La figure 21 nous montre le lavage à l'eau du filtre.



Figure 21: Lavage à l'eau

iii- Remise en marche de l'ouvrage de filtration

Le lavage du filtre étant terminé lors de l'obtention d'eau claire dans le filtre. On passe alors à la remise en marche du système de filtration.

Avant tout, on ferme tous les robinets-vanne (de vidange des caniveaux, d'eau de lavage et air, de vidange au fond du filtre) à part le robinet-vanne de sortie d'eau filtrée,

Puis, on ouvre la vannette sortie d'eau à filtrée.

Et enfin c'est le déroulement du système de filtration.

Le remplacement du sable n'est qu'une dernière solution si le lit filtrant se colmate rapidement après avoir effectué un lavage énergétique et une chloration.

Quel que soit le type de méthode de lavage appliqué, la quantité d'eau de lavage en fonction normal ne doit pas dépasser de 4% de la production. Si l'exploitation en consomme une quantité trop élevée au lavage, il faut vérifier le fonctionnement de la décantation ; la turbidité de l'eau à filtré ; la vitesse de filtration et l'état des lit filtrant (granulométrie, homogénéité, buselures...).

Après avoir vu les matériels utilisés et les méthodes adoptées pour procéder à la filtration lente à sable, nous allons montrer les résultats obtenues de cette dernière dans la troisième et dernière partie du devoir.

Partie III

RESULTATS, INTERPRETATIONS ET
DISCUSSIONS

III-1- RESULTATS

D'abord, les eaux sortant des différentes étapes de traitement de l'eau issus des procédés physico-chimiques et bactériologiques sont qualifiées comme eaux potables car elles sont débarrassées des matières indésirables (Zn, Cu), des micropolluants (arsenic, cyanure, chrome, Nickel, Hydrocarbure...), des bactéries pathogènes. Le tableau 3 présente les valeurs de normes de potabilités d'eau Malgache [11].

Tableau 3 : Valeur admissibles pour l'eau potable

PARAMETRES	V.M.A(N.M)
PARAMETRES PHYSICO- CHIMIQUES	
pH	6,5 -9,0
Turbidité en NTU	<5
Conductivité en usm /cm	3000
Température en °C	25
Aspect	Limpide
Odeur	Absence
Couleur	Incolore
PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES	
Entérocoque intestinaux	1
Bactéries coliformes	1

III-1-1-Résultats avant traitement

Avant de procéder à ces différentes étapes de traitement, il est très important de savoir en premier lieu, en effectuant une analyse d'échantillon de ces eaux brutes, les polluants que contiennent les sources pour mieux connaître tel est le types de traitement efficace pour elles et aussi pour mieux trouver des solutions correctrices. Concernant les rivières que PK7 utilisent comme sources d'alimentation, les polluants observés sont : types organiques (déchets végétaux et déjection des animaux au bord de la rivière), types géologiques (quantités des terres versées dans la rivière par l'érosion), types chimiques (pesticides utilisés par les agriculteurs. Le tableau 4 présente les résultats d'analyse des eaux brutes qui ne sont pas encore traitées.

Tableau 4 : Résultats d'analyse d'eau brute avant traitement

Paramètres	Unités	Résultats
pH	-	6,6
Conductivités	$\mu\text{s}/\text{cm}$	200
Turbidités	NTU	6,2
Aspect	-	Légèrement troubles
Fer (Fe^{2+} et Fe^{3+})	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	5,3
Manganèse (Mn^{2+})	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,5
Nitrite (NO_2^-)	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,12
Nitrate (NO_3^-)	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	22
Odeur	-	Absences

D'après cette étude on peut constater que le pH de l'eau brute est de 6,6 ce qui indique précisément que l'eau est acide. En plus, le taux de Fer qui y est présent est beaucoup plus élevé que celui des normes de potabilités de l'eau en générale.

A- Analyses physico-chimiques

Les paramètres à analyser dans la station JIRAMA Antsiranana sont : la température, la turbidité, la conductivité, le pH, les substances toxiques (arsenics, cyanures,...), les teneurs en ions comme chlorure, sulfate, manganèse..

La température est un paramètre de confort pour les usagers. Son rôle consiste également à corriger les paramètres dont les valeurs sont liées à la température.

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence de MES dans l'eau (débris organiques, microorganismes...).

La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sel dissous dans l'eau.

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ion H^+ dans l'eau. Il traduit la balance entre l'acide et la base à une échelle de 0 à 14 et 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

B- Analyses bactériologiques

C'est une étape visant à trouver les micro-organismes pathogènes et à déterminer leur nombre ainsi que leur quantité dans l'eau. Le tableau 5 illustre les paramètres bactériologiques qui y sont présent.

Tableau 5 : Paramètres bactériologiques

Paramètres	Unités	Résultats
Bactéries coliformes	NNP/100mL	3/100 MI
<i>Escherichia coli</i>	NNP/100 mL	1/100 MI
Entérocoque intestinaux	NNP/100 mL	1/100 mL

Sur ce tableau, on constate que l'eau brute de la JIRAMA est infectée par trois types de bactérie : les bactéries coliformes, l'*Escherichia coli* et le Entérocoque intestinaux qui sont tous nocifs pour la santé des consommateurs.

III-1-2 –Résultat après traitement

Il s'agit ici des résultats obtenus après l'étape de filtration lente à sable des eaux brutes afin qu'on puisse les comparer à la norme de potabilité d'eau malgache.

Après l'infiltration des eaux environ 50 à 60 cm de la profondeur du couche du sable, elles sont débarrassées de presque toutes les MES avec leur nutriments et ne contiennent plus que quelques sels minéraux simples inoffensifs en solution.

En général, toute eau sortant d'une filtration lente sur sable obtienne les caractéristiques montrées par le tableau 6 [12]

Tableau 6: Résultats obtenus après filtration

Paramètres de la qualité de l'eau	Effet d'épuration de la filtration lente sur le sable
Couleur	Réduction de 30 à 100%
Turbidités	Généralement réduit jusqu'à moins 1 NTU (inferieur 0,5 NTU)
M.O	Réduit de 60 à 75 %
Micro-organismes	Eliminer à 98%
Fer et Manganèse	Elimination à grande partie
Fer lourds	Réduction de 30 à 95%
Coliformes fécaux	Réduction de 95% à 100% et souvent 99% à 100%

La taille réduite des grains et la faiblesse des vitesses de ce filtre lent ne sont pas seulement de simple tamis à retenir les particules dont les dimensions excèdent les pores laissés entre les grains, mais ils éliminent aussi les particules colloïdes, les substances dissoutes, les bactéries et autres germes, ainsi que les goûts et les odeurs.

A- Analyses bactériologiques

Après la filtration, l'eau devient parfaitement limpide mais contient encore des microorganismes. L'analyse bactériologique est la solution à ces derniers. L'ajout de l'Hypochlorite de Calcium dans l'eau à traiter est la méthode d'élimination des bactéries pour la JIRAMA Antsiranana puis certifier par l'Institut Pasteur pour être comparable aux normes de potabilité demandées. Le tableau 7 illustre les résultats d'analyse des eaux traités [11].

Tableau 7 : Résultats d'analyses des eaux traités

Paramètres	Ech102343	Unité	Critère
Bactéries coliformes	1	NPP :100m L	0
<i>Escherichia coli</i>	1	NPP :100mL	0
Entérocoques intestinaux	1	NPP :100mL	0
Spores der bactéries anaérobies	1	n/100mL	0
Chlore libre	2,0	mg.L ⁻¹	
pH	7,6	-	

D'après ce tableau, l'eau de la JIRAMA correspond à la norme de la valeur de potabilités d'eau brute malgache.

III-2-Interprétation

D'après ces résultats illustrés par les tableaux, on peut dire que la filtration est une étape qui joue un rôle très important au traitement de l'eau : l'eau qui ressort de ce système de filtration à sable est débarrassée des particules solides plus grosses que les porosités du filtre. Mais ces paramètres de qualités ne peuvent être atteints que grâce à la suivie du fonctionnement régulier de tous les ouvrages de traitement d'eau de la station de traitement.

Comparer aux valeurs des normes de potabilité d'eau Malagasy résultant des procédés physico-chimiques et bactériologiques, on constate que les eaux filtrées sur sable obtiennent déjà presque toutes les valeurs de normes de potabilités surtout sur le procédés physico-chimiques (turbidité, couleur, odeur, aspect). Par contre, les valeurs des normes du procédés bactériologiques ne sont pas atteintes car les microorganismes pathogènes ont la plupart les tailles plus fines alors que les massifs filtrant ne retiennent que les particules supérieures à leur porosité.

Bref, même si l'eau filtrée est limpide, procéder à l'étape bactériologique après la filtration est la meilleure solution pour obtenir une eau potable.

III-3-Discusion

III-3-1-Sur la filtration à sable

L'avantage de la filtration à sable vise à réaliser ou à compléter, à travers un lit filtrant, la réduction de MES, des coliformes, des virus, des parasites ainsi que la turbidité. Sans elle, plusieurs filières de traitement ne pourraient obtenir de crédit pour l'enlèvement des virus et des kystes de protozoaires.

Ainsi, le seul inconvénient est la perte de charge des sables due aux MES retenues entre les grains de sable mais aussi due au changement de forme du sable : arrondie causé par leur frottement avec l'eau à filtrer, l'eau de lavage et aussi l'air. Ce phénomène de colmatage réduit ainsi la durée de fonctionnement des filtres et nécessite des nettoyages à intervalles de temps trop fréquents qui peuvent perturber l'équilibre biologique de la couche filtrante et augmenter le risque potentiel du progrès rapides microorganismes. Par conséquent, il est à souligner que la filtration à sable lente n'est pas une panacée à tous les problèmes de traitement de l'eau et qu'elle a certaines limitations.

La station de traitement PK7 possède deux ouvrages de filtration dont l'un ancien et l'autre nouveau. Pour l'ancien ouvrage de filtration, l'air et l'eau de lavage sont amenés par une même conduite, ce qui est le cas contraire du nouvel ouvrage. Cette mauvaise installation provoque un mauvais entretien sur le système de filtration et les objectifs ne peuvent être atteints surtout en saison de pluie où les eaux sont fortement polluées.

III-3-2-Sur la station de traitement d'eau JIRAMA Antsiranana

La JIRAMA Antsiranana a pour objectif de satisfaire les habitants de cette région avec qui elle a fait un contrat en les alimentant en eau potable et en énergie continuellement 24 heure sur 24. Par contre, dans la branche DEXO, la partie distribution n'arrive pas à satisfaire sa clientèle car si les besoins des habitants de la région sont estimés à 740 mètre cube par heure, alors qu'elle ne produit que 120 mètre cube par heure. Cela est dû à différentes causes.

Tout d'abord la mauvaise qualité des ouvrages ;

Puis, manque des moyens techniques c'est-à-dire qu'un agent de stationnement ou autre au niveau de la JIRAMA peut avoir plusieurs responsabilités qui sont importantes les unes aux autres;

Cependant, la source où l'entreprise puise l'eau pour ensuite la traiter se dégrade de plus en plus ;

D'autre part les actes de vandalisme que subissent les ouvrages comme les canaux de conduites publiques qui mènent l'eau jusqu'à la station de traitement ne cessent de causer tant de problèmes à l'entreprise.

III-3-3-Recommandations

Pour pallier le problème de colmatage du filtre, il existe plusieurs solutions à savoir :

-l'amélioration de la turbidité des eaux brutes avant les filtres par un prétraitement. Ce dernier peut être fait par décantation ou par filtration rapide ou les deux en série pour ramener la turbidité à 10°F afin de laisser à la filtration lente un rôle presque exclusivement biologique.

- la mise en place d'un système de decolmatage, par secousse où à air comprimé s'avère utile.

On peut également noter que le colmatage du filtre, entraînant la formation d'un gâteau sur les sables est un élément importante de la filtration car ce gâteau devient lui-même un élément de filtration. Donc, la maîtrise du colmatage et decolmatage du filtre est d'autant plus importante.

Pour la station de traitement en général, ils ont déjà construit une nouvelle station de traitement d'eau pour bien répondre aux besoins d'eau en quantité et en qualité de la population où elle desserve. Mais ce but ne pourra être aussi atteint que sans sensibiliser les habitants de ne pas polluer les sources et ne pas détruire les ouvrages comme les canaux de conduites. Et pour empêcher l'infiltration des eaux polluantes dans les sources, un projet de reboisement doit être mené sur le site, surtout autour du captage.

CONCLUSION

Pour conclure, l'indice de développement d'un pays est lié à la consommation d'eau. Pourtant, l'accessibilité en eau dans le monde est confronté à des grands obstacles comme le phénomène de la désinfection avec la dégradation de l'environnement notamment le changement climatique et aussi les problèmes de la pollution entraînés par les fertilisants, les colorants, et surtout les rejets industriels. De ce fait, ce sont la majorité de la population en milieu rural en voie de développement qui est surtout victime de ces eaux impropres et vit en état de maladie hydrique chronique. La solution aux impuretés de ces eaux est de les acheminer dans une station spécialisée à leurs traitements : physico-chimiques et bactériologiques ou faire des préventions domestiques simples comme les filtrations d'eaux dans un lit granulaire pour être débarrassé des MO, des particules indésirables et des micro-organismes. Ainsi, les eaux ressortant de cette filtration à sable suivent presque toutes les valeurs normales de potabilité sur les procédés physico-chimiques : turbidité inférieure à 1NTU, couleur limpide, ... Et sur les procédés bactériologiques : micro-organisme éliminé en grande partie 98%.

En effet, la filtration sur sable peut donc remédier à ses problèmes de non accessibilité à l'eau propre par son pouvoir de ramener la turbidité d'effluent proche de 1NTU et aussi de permettre l'obtention des abattements additionnels de coliformes. Les 2% restant des bactéries ne sont pas tous pathogènes mais pour assurer qu'une eau est vraiment potable, il faut la faire traiter par les étapes successives de filière physico-chimique et bactériologique dans une station d'épuration.

Par conséquent, l'eau, ressource naturelle autour de laquelle se maintient et se développe la vie doit faire l'objet d'une surveillance attentive et d'un contrôle rigoureux.

Annexe 1 : Loi N° 98 – 029 portant Code de l'Eau article 38

Toute eau livrée à la consommation humaine doit être potable.

Une eau potable est définie comme une eau destinée à la consommation humaine qui, par traitement ou naturellement, répond à des normes organoleptiques, physico-chimiques, bactériologiques et biologiques fixées par décret.

Annexe 2 : Loi N° 98 – 029 portant Code de l'Eau article 58.

Titre III de la surveillance et de la police des eaux contestation-dispositions pénales et sanctions

Section I de la surveillance de la qualité de l'eau

ARTICLE 58 : La surveillance de la qualité de l'eau est effectuée systématiquement par l'administration compétente. Tout exploitant est tenu de surveiller en permanence la qualité des eaux au moyen de vérifications régulières qu'il doit mettre à la disposition de l'administration compétente, et, il doit l'informer de toute variation des seuils limites imposés ou de tout incident susceptible d'avoir des conséquences pour la santé publique.

Des textes réglementaires préciseront les modalités d'application du présent article.

Annexe 3 : Article 08 du décret n°2004-635 du 15/06/04

A la demande de la personne publique ou privée qui assure la distribution d'eau, il peut être dérogé aux exigences des articles 6 et 7 alinéa 3 dans les circonstances ci-après :

1°) pour tenir compte de la nature et de la structure des terrains ou de l'aire dont est tributaire la ressource considérée ;

2°) en cas de circonstances météorologiques exceptionnelles ;

3°) en cas de circonstances accidentelles graves, et lorsque l'approvisionnement en eau destinée à la consommation humaine ne peut être assuré d'aucune façon ;

4°) lorsqu'il ne peut être fait appel qu'à une ressource en eau superficielle dont la qualité ne respecte pas les limites de qualité des eaux brutes à déterminer par les services du Ministère de la santé et qu'il ne peut être envisagé un traitement approprié pour obtenir une eau de la qualité définie à l'article 6.

Dans les situations définies aux 1°) et 2°) ci-dessus, les dérogations ne peuvent en aucun cas porter sur les paramètres concernant les substances toxiques ou sur les paramètres microbiologiques ni entraîner un risque pour la santé publique. Les dérogations prévues au 2°) sont accordées pour une durée limitée.

Dans les situations définies aux 3°) et 4°), les dérogations sont accordées pour une période de temps limité et ne doivent présenter aucun risque inacceptable pour la santé publique.

Les dérogations sont accordées par arrêté conjoint du Ministre chargé de l'eau et le Ministre de la Santé. L'avis préalable du Conseil municipal sur l'hygiène, selon le cas et du service technique est requis dans les situations prévues aux 1°) et 4°).

L'arrêté fixe les valeurs maximales des paramètres sur lesquelles porte la dérogation.

RAMISIARIVO Myralda Julie Tel : +261 32 46 513 53 Email : myralda@yahoo.fr Adresse : C.U Ankatso I Porte 207	RANDRIAMANANJARA Haingo Volaso Tel : +261 32 02 407 06 Email : haingovolaso@gmail.com Adresse : BA283Ter Andrefambohitra Ampitatafika
---	--

Nombre de page : 40

Titre de Mémoire : « Système de traitement d'eau au sein de l'ouvrage de traitement du JIRAMA Pk7 ANTSIRANANA »

Encadrant : Docteur ANDRIAMBININTSOA RANAIVOSON Tojonirina, Maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo

RESUME

La filtration sur sable est un moyen de purification d'eau qui peut se faire en une seule opération et sans utilisation de produits chimiques. Ainsi, grâce à ces caractères simple et pratique, ce type de filtration constitue le seul procédé efficace pour assurer l'amélioration physique, chimique et bactériologique de l'eau. En effet, parmi les différents types de filtration, la JIRAMA Antsiranana a choisi d'utiliser la filtration lente sur sable dans leurs ouvrages de traitement d'eau. Par conséquent, l'objectif de cette étude est de démontrer les principes de déroulement de traitement d'eau grâce à la filtration sur sable. Ainsi, l'amélioration de la qualité des eaux brutes s'effectue en majeure partie à la surface de couche de sable.

Mots clés : eau, potable, traitement, sable, filtration

ABSTRACT

Sand filtration is a means of water purification that can be done in one operation and without the use of chemicals. Thus, thanks to these simple and practical characters, this type of filtration is the only effective method to ensure the physical, chemical and bacteriological improvement of water. Indeed, among the different types of filtration, JIRAMA Antsiranana chose to use slow sand filtration in their water treatment works. Therefore, the purpose of this study is to demonstrate the principles of water treatment flow through sand filtration. Thus, the improvement of the quality of the raw water is mainly carried out on the surface of the sand layer.

.Key words: Water, drinking, treatment, sand, filtration