

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>PREMIERE PARTIE : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'EAU POTABLE.....</b>	<b>3</b>
I – 1 DEFINITION.....	3
I – 2 CARACTERISTIQUES.....	3
<i>I – 2 – 1 caractéristiques organoleptiques .....</i>	3
<i>I – 2 – 2 caractéristiques physico-chimiques.....</i>	3
<i>I – 2 – 3 caractéristiques chimiques .....</i>	4
<i>I – 2 – 4 caractéristiques bactériologiques (3) (9) .....</i>	4
<i>I – 2 – 5 Caractéristiques radioactifs.....</i>	4
I – 3 CONSTITUANTS DES EAUX NATURELLES (10).....	4
<i>I – 3 – 1 Les composés minéraux .....</i>	5
<i>I – 3 – 2 Les composés organiques .....</i>	5
I – 4 NORMES DE POTABILITE DE L’EAU .....	5
<i>I – 4 – 1 Définition (1) (3) (4) (20).....</i>	5
<i>I – 4 – 2 Les normes usuelles .....</i>	5
I – 5 NORMES D’INSTALLATION D’APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE A MADAGASCAR .....	9
<i>I – 5 – 1 Puits protégés (14).....</i>	9
<i>I – 5 – 2 Forage protégé (14).....</i>	10
<i>I – 5 – 3 Prise d'eau protégée munie de moyen d'exhaure adéquat (11).....</i>	10
<i>I – 5 – 4 Système d'adduction d'eau (11) .....</i>	11
<b>CHAPITRE II : APERÇUS GENERAUX SUR L’ADDUCTION D’EAU POTABLE.....</b>	<b>12</b>
II – 1 ROLES DE L’EAU (12) .....	12
II – 2 LES RESSOURCES EN EAU DE MADAGASCAR (12).....	12
<i>II – 2 – 1 Les fleuves et les rivières.....</i>	13
<i>II – 2 – 2 les sources .....</i>	13
<b>CHAPITRE III : PROBLEMES D’ADDUCTION D’EAU A MADAGASCAR.....</b>	<b>14</b>
III – 1 PROBLEMES GENERAUX DE L’ADDUCTION D’EAU EN MILIEU RURAL (12).....	14
<i>III – 1 – 1 Problèmes au niveau des ressources (12): .....</i>	14
<i>III – 1 – 2 Problèmes au niveau du captage (12): .....</i>	15
<i>III – 1 – 3 Problèmes au niveau des réseaux (12) .....</i>	15
<i>III – 1 – 4 Problèmes au niveau des bornes fontaines (12): .....</i>	15
III – 2 LES MESURES PROPOSEES (12) .....	15
<i>III – 2 – 1 Au niveau des ressources :.....</i>	15
<i>III – 2 – 2 Au niveau du captage : .....</i>	16
<i>III – 2 – 3 Au niveau des conduites : .....</i>	16
<i>III – 2 – 4 Au niveau des bornes fontaines : .....</i>	16
<b>CHAPITRE IV : PROCEDES DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE DE L’EAU POTABLE .....</b>	<b>17</b>
IV – 1 PHASE DU PRETRAITEMENT (13) .....	17
IV – 2 PHASE DE LA CLARIFICATION (13) .....	17
<i>IV – 2 – 1 Coagulation flocculation .....</i>	17
<i>IV – 2 – 2 Décantation et flocculation.....</i>	19
<i>IV – 2 – 3 La filtration (5) (19).....</i>	20
IV – 3 PHASE DE DESINFECTION (1) (5) (19).....	21
<i>IV – 3 – 1 Désinfection par des produits chimiques .....</i>	21

II – 4 PHASE DE NEUTRALISATION .....	23
<b>DEUXIEME PARTIE : ETUDES EXPERIMENTALES .....</b>	<b>25</b>
<b>CHAPITRE I – CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU PRODUIT ...</b>	<b>26</b>
I – 1 DESCRIPTION DU PRODUIT .....	26
<i>I – 1 – 1 Aspect physique du produit.....</i>	26
<i>I – 1 – 2 Comportements physiques du produit X.....</i>	26
<i>I – 1 – 3 Usage du produit .....</i>	26
I – 2 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DU PRODUIT X .....	27
I – 3 DETERMINATION DES COMPOSES CHIMIQUES DU PRODUIT.....	27
<i>I – 3 – 1 Détermination de la teneur en sulfate du produit.....</i>	27
<i>I – 3 – 2 Détermination de la teneur en fer du produit.....</i>	29
<i>I – 3 – 3 Détermination de la teneur en chlorure du produit .....</i>	31
<i>I – 3 – 4 Détermination de la teneur en aluminium du produit .....</i>	32
<i>I – 3 – 5 Détermination de la teneur en calcium et magnésium du produit .....</i>	32
<i>I – 3 – 6 Résultats récapitulatifs d'analyse du produit X .....</i>	33
<i>Interprétation.....</i>	33
<i>Nombre de mole de chaque constituant du produit X.....</i>	34
<i>Nombre de mole de chaque paramètre du produit X.....</i>	34
I – 4 DECOMPOSITION THERMIQUES DU PRODUIT ET D'AUTRES PRODUITS DE TRAITEMENT DE L'EAU.....	35
<i>I – 4 – 1 Détermination de la teneur en eau de chaque produit séché .....</i>	35
<i>Interprétation.....</i>	38
<i>I – 4 – 2 Déterminations de la masse de chaque produit calciné .....</i>	38
<i>I – 4 – 3 Représentation graphique de la variation de masse de chaque produit calciné en fonction de la température.....</i>	38
<b>CHAPITRE II : ETUDE QUALITATIVE DE L'EAU TRAITEE PAR LE PRODUIT.....</b>	<b>41</b>
II – 1 ETUDE QUALITATIVE DU PRODUIT AVEC L'EAU DE RIZIERE .....	41
II – 2 ETUDE QUALITATIVE DU PRODUIT AVEC L'EAU DE RIVIERE.....	41
II – 3 ETUDE QUALITATIVE DU PRODUIT AVEC L'EAU DE ROBINET.....	42
II – 4 ETUDE QUALITATIVE DU PRODUIT AVEC L'EAU DE PLUIE .....	42
CONCLUSION.....	42
II – 5 ETUDE EXPERIMENTALE DE L'EFFET DE LA VARIATION DE LA TEMPERATURE SUR L'ACTIVITE DU PRODUIT .....	42
<i>II – 5 – 1 Eau à une température de 30° C .....</i>	43
<i>Interprétation.....</i>	43
<i>II – 5 – 2 Eau à une température de 23°C .....</i>	44
<i>Interprétation.....</i>	44
<i>II – 5 – 3 Eau à une température de 20 °C .....</i>	44
<i>Interprétation.....</i>	45
<i>II – 5 – 4 Eau à une température de 15° C .....</i>	45
<i>Interprétation.....</i>	45
<i>II – 5 – 5 Eau à une température de 5°C .....</i>	45
<i>Interprétation.....</i>	46
<i>Remarques.....</i>	46
<b>CHAPITRE III : ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU TRAITEE PAR LE PRODUIT X .....</b>	<b>47</b>
III – 1 TURBIDITE .....	47
<i>III – 1 – 1 Définition .....</i>	47
<i>III – 1 – 2 Principe.....</i>	47

<i>III – 1 – 3 Méthodologie .....</i>	47
<i>III – 1 – 4 Expression des résultats.....</i>	47
<b>III – 2 CONDUCTIVITE .....</b>	<b>48</b>
<i>III – 2 – 1 Définition .....</i>	48
<i>III – 2 – 2 Expression des résultats.....</i>	48
<b>III – 3 MESURE DU PH .....</b>	<b>49</b>
<i>III – 3 – 1 Principe.....</i>	49
<i>III – 3 – 2 Matériels utilisés :.....</i>	49
<i>III – 3 – 3 Réactifs utilisés .....</i>	49
<i>III – 3 – 4 Méthodologie .....</i>	49
<i>III – 3 – 5 Expression des résultats : .....</i>	50
<b>III – 4 L’ODEUR.....</b>	<b>50</b>
<b>III – 5 LA SAVEUR .....</b>	<b>50</b>
<b>III – 6 AZOTE AMMONIACAL (<math>NH_4^+</math>). ....</b>	<b>51</b>
<i>III – 6 – 1 Définition .....</i>	51
<i>III – 6 – 2 Matériels et réactifs utilisés .....</i>	51
<i>III – 6 – 3 Méthodologie .....</i>	51
<i>III – 6 – 4 Expression des résultats.....</i>	51
<b>III – 7 MATIERE ORGANIQUE : .....</b>	<b>51</b>
<i>III – 7 – 1 Définition : .....</i>	51
<i>III – 7 – 2 Principe : .....</i>	51
<i>III – 7 – 3 Matériels et réactifs utilisés.....</i>	51
<i>III – 7 – 4 Méthodologie .....</i>	52
<i>III – 7 – 5 Calculs .....</i>	52
<b>III – 8 LE FER.....</b>	<b>52</b>
<i>III – 8 – 1 Définition .....</i>	52
<i>III – 8 – 2 Principe.....</i>	53
<i>III – 8 – 3 Matériels et réactifs utilisés.....</i>	53
<i>III – 8 – 4 Méthodologie .....</i>	53
<i>III – 8 – 5 Résultats.....</i>	53
<b>III – 9 CHLORURE .....</b>	<b>54</b>
<i>III – 9 – 1 Définition .....</i>	54
<i>III – 9 – 2 principe .....</i>	54
<i>III – 9 – 3 Matériels et réactifs .....</i>	54
<i>III – 9 – 4 Méthodologie .....</i>	54
<i>III – 9 – 5 Expression des résultats.....</i>	54
<b>III – 10 SODIUM.....</b>	<b>55</b>
<i>III – 10 – 1 Définition .....</i>	55
<i>III – 10 – 2 Résultats.....</i>	55
<b>III – 11 SULFATES .....</b>	<b>55</b>
<i>III – 11 – 1 Principe.....</i>	55
<i>III – 11 – 2 Réactifs.....</i>	55
<i>III – 11 – 3 Méthodologie .....</i>	55
<i>III – 11 – 4 Expression des résultats.....</i>	56
<b>III – 12 NITRITE.....</b>	<b>56</b>
<i>III – 12 – 1 Principe.....</i>	56
<i>III – 12 – 2 Réactifs.....</i>	56
<i>III – 12 – 3 Mode opératoire.....</i>	56
<i>III – 12 – 4 Expression de résultats .....</i>	56
<b>III – 13 NITRATES.....</b>	<b>57</b>
<i>III – 13 – 1 Principe.....</i>	57
<i>III – 13 – 2 Réactifs.....</i>	57

<i>III – 13 – 3 Mode opératoire.....</i>	57
<i>III – 13 – 4 Expression des résultats.....</i>	57
<i>Interprétation.....</i>	60
<b>CHAPITRE IV : ETUDE BACTERIOLOGIQUE.....</b>	<b>61</b>
IV – I MODE DE PRELEVEMENT .....	61
IV – 2 RESULTATS D'ANALYSE.....	61
IV – 3 INTERPRETATION DES RESULTATS : .....	62
<b>CHAPITRE V : ESSAI SYNTHETIQUE .....</b>	<b>63</b>
RESULTATS DE L'EAU TRAITEE PAR CE PRODUIT .....	63
<b>CONCLUSIONS GENERALES.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>68</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>70</b>

### Liste des tableaux

Tableau 1 : Norme de l'eau potable à Madagascar .....	6
Tableau 2 : Normes Françaises .....	7
Tableau 3 : Normes de l'OMS.....	8
Tableau 4 : Résultats d'analyse chimique du produit X.....	33
Tableau 5 : Perte en masse des produits séchés .....	35
Tableau 6 : Résultats obtenus après calcination .....	38
Tableau 7 : Relation entre conductivité et minéralisation .....	48
Tableau 8 : Réactifs utilisés pour la deuxième méthode de la détermination du pH.....	49
Tableau 9 : Récapitulation des résultats d'analyse de l'eau brute de la rivière de Miarinarivo .....	57
Tableau 10 : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau traitée par le produit X .....	59
Tableau 11 : Résultats d'analyse microbiologique de l'eau brute .....	62
Tableau 12 : Résultats d'analyse microbiologique de l'eau traitée par le prosuit X.....	62
Tableau 13 : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau traitée par le produit systématique ....	63
Tableau 14 : Résultats microbiologiques de l'eau traitée par le produit systématique .....	64
Tableau 15 : Résultats d'analyse bactériologique d'un deuxième échantillon .....	65

### Liste des figures

Figure 1 : Schéma classique de traitement de l'eau potable .....	24
Figure 2 : Perte en masse du sulfate ferrique en fonction du temps .....	36
Figure 3 : Perte en masse du sulfate d'alumine en fonction du temps .....	36
Figure 4 : Perte en masse de l'hypochlorite de calcium en fonction du temps .....	36
Figure 5 : Perte en masse de la couche jaune du produit en fonction du temps .....	37
Figure 6 : Perte en masse de la couche blanche du produit en fonction du temps.....	37
Figure 7 : Couche blanche du produit      Figure 8 : Couche jaune du produit .....	39
Figure 9 : Sulfate ferrique      Figure 10 : Sulfate d'alumine .....	39
Figure 11 : Hypochlorite de calcium .....	39
Figure 12 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 30°C.....	43
Figure 13 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 23°C.....	44
Figure 14 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 20°C.....	44
Figure 15 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 15°C.....	45
Figure 16 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 5°C.....	45

### Liste des photos

Photo 1: Produit X sous emballage      Photo 2 : Produit X sans emballage .....	26
Photo 3 : Teneur en sulfate dans la couche jaune .....	28
Photo 4 : Teneur en sulfate dans la couche blanche .....	29
Photo 5 : Teneur en fer dans la couche jaune .....	30
Photo 6 : Teneur en chlore dans les deux couches à gauche le couche jaune et à droite la couche blanche .....	31
Photo 7 : détermination de la teneur en aluminium dans les deux couches.....	32
Photo 8 : Eau brute de rivière .....	41
Photo 9: Eau de rivière traitée par le produit X .....	42

### ACRONYMES

MO : matières Organiques

V\* : variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle

A : Absence

## **INTRODUCTION**

L'eau est essentielle à la vie et au bien être. C'est pourquoi, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée.

Il est du devoir de tout professionnel de l'eau, d'agir pour disposer d'eau en qualité et quantité suffisante pour les populations.

Pour être consommée, une eau doit être potable, c'est-à-dire ne doit pas présenter des risques sanitaires.

Pour caractériser une telle eau, des paramètres microbiologiques, physico-chimiques, organoleptiques et ceux concernant les substances indésirables et toxiques ont été élaborés par des professionnels de la santé et de l'eau.

Les eaux destinées à l'alimentation humaine sont généralement captées dans la nature : et elles ne répondent pas souvent aux normes de potabilité. En effet, elles peuvent contenir des éléments indésirables en trop grande quantité comme des particules en suspension, des sels dissous ou des germes.

Il faudra donc enlever ces éléments indésirables, en soumettant les eaux à divers traitements physico-chimiques.

Dans ce travail, nous étudions un nouveau produit, importé, récemment proposé sur le marché et destiné à traiter les eaux de surface de turbidité plus ou moins élevée, pour les rendre physiquement et bactériologiquement potables, notamment pour les petites collectivités ne disposant pas d'un système d'alimentation en eau potable classique nécessitant de gros investissements.

Le produit consiste en plaquettes pré-dosées, sous emballage de papier aluminium, capable chacune de traiter 200 litres d'eau et de produire, en moins d'une heure, après décantation, une eau remplissant les conditions physico-chimiques et bactériologiques de potabilité.

Ce produit est différent des produits de traitement tels que : "sûr' Eau" ... qui ne font que stériliser une eau déjà physico-chimiquement potable. Il contient à la fois les produits de coagulation flocculation et de stérilisation.

Compte tenu de l'intérêt de cette approche dans le contexte malgache, il nous a paru important de mieux connaître ce produit et de vérifier ses performances et ses conditions d'utilisation.

Dans cette optique, notre mémoire est subdivisé en deux grandes parties :

La première partie porte sur une étude théorique qui concerne les généralités sur les problèmes d'adduction, les traitements et produits de traitement d'eau potable.

La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale de la composition du produit X, et les études physico-chimiques et bactériologiques d'une eau traitée par ce produit.

**PREMIERE PARTIE : ETUDES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

Rapport gratuit.com

## **Chapitre 1 : GENERALITES SUR L'EAU POTABLE**

### ***I – 1 Définition***

Une eau potable est une eau destinée à la consommation humaine, que l'on peut boire sans risque pour la santé, et qui par traitement ou naturellement répond à des normes organoleptique, physico-chimique, bactériologique et biologique fixées par un décret (2) (18). Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de manières polluantes, mais que la concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé des consommateurs.

### ***I – 2 Caractéristiques***

Toute eau destinée à l'alimentation humaine est une eau qui n'est pas susceptible de porter des dangers à la santé de ceux qui la consomment, agréable à consommer et présentant les caractéristiques suivantes :

#### **I – 2 – 1 caractéristiques organoleptiques**

L'eau potable doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable. Précisions, qu'une eau qui ne satisfait pas pleinement ces critères ne présente pas forcément de risque pour la santé.

#### **I – 2 – 2 caractéristiques physico-chimiques**

Ce sont les caractéristiques que l'eau acquiert tout au long de son parcours naturel. Ce sont des éléments naturels emmagasinés au contact prolongé avec le sol. Les limites de concentration pour la potabilité sont fixées plus en fonction des considérations de l'ordre de goût et de l'agrément qu'en fonction des critères sanitaires (16)

Dans ce groupe, il y a :

- La température qui est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à l'origine de l'eau, pour l'eau destinée à la consommation humaine la température doit être comprise entre 12 ° C et 25 ° C.
- La conductivité électrique qui doit être inférieure à 2000 µS/cm à 20 ° C.
- Le potentiel d'Hydrogène (pH) qui doit être compris entre 6,5 et 9,5 (14).

### I – 2 – 3 caractéristiques chimiques

L'eau potable contient en quantité souhaitable un certain nombre d'éléments minéraux dits éléments normaux de l'eau, tels que le sodium, le potassium, le calcium, le magnésium, le chlore sulfate, l'oxygène dissous.

La dureté dont leurs teneurs moyennes admissibles en milligramme par litre est définie suivant les normes appliquées.

Pour la teneur en éléments chimiques dits indésirables qui peuvent créer soit un désagrément pour le consommateur : goût (matières organiques, phénols, fer...), odeur (matières organiques, phénols...), couleur (fer, manganèse etc.), soit des effets gênants pour la santé (nitrates, nitrite, fluor) (14), leurs teneurs maximum admissibles sont fixés par les normes aussi.

Concernant les substances toxiques, elles sont souvent issues d'une pollution industrielle du captage ou d'une dégradation des réseaux de distribution ; elles sont dangereuses pour la santé en cas de consommation régulière. Pour l'eau potable la teneur maximum en substance toxique acceptable est signalée dans les normes, elles sont présentées souvent sous forme de trace.

Ces substances sont essentiellement composées par les métaux lourds (plomb, Nickel, Mercure, Cyanure, Cadmium, Arsenic etc....) (15).

### I – 2 – 4 caractéristiques bactériologiques (3) (9)

L'eau livrée à la consommation humaine (eau potable) est une eau exempte de germes pathogènes, de virus et de germes indicateurs de pollution fécale à savoir : les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux, les coliformes thermo-resistants (E.Coli) et le Clostridium Sulfito-reducteur.

### 1 – 2 – 5 Caractéristiques radioactifs

Les risques générés par la consommation de l'eau sont surtout des risques d'irradiation interne résultant de l'ingestion des radionucléides. Actuellement, il est admis que toute exposition aux rayonnements ionisants a un risque d'effet nocif à la santé humaine, d'où les normes qui fixent la concentration maximal acceptable en élément radioactif dans l'eau (16). Elles fixent un seuil au dessous duquel des examens radiologiques plus complexes ne sont pas encore nécessaires. Le seuil admissible en Radium – 226 et Radium – 228 combiné n'excède pas 1 Bq / l (14).

### I – 3 Constituants des eaux naturelles (10)

L'eau est constituée par des ions minéraux et organiques.

### **1 – 3 – 1 Les composés minéraux**

Les composés minéraux présents dans les eaux naturelles, trouvent essentiellement leur origine dans les échanges qui se produisent entre l'eau et le sol, entre l'eau et l'atmosphère. Ils résultent aussi du métabolisme des éléments constitutifs de la biomasse aquatique.

Les composés minéraux présents dans les eaux sont : les gaz dissous ( $O_2$ ,  $N_2$  et  $CO_2$ ) et les électrolytes fondamentaux ( $H_2CO_3$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $OH^-$ , et  $H^+$ ) et les électrolytes caractéristiques ( $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cl^-$ , etc.).

### **I – 3 – 2 Les composés organiques**

Les matières organiques naturellement présentes dans les eaux comme d'ailleurs dans les sols, sont formées par un mélange complexe de produits végétaux ou animaux à des stades de décomposition variés. Elles comprennent également des produits de synthèses par voies chimiques ou biochimiques, élaborés à partir des éléments. Elles comprennent enfin des micro-organismes (bactéries, virus, etc.) et leurs produits de décompositions.

## **1 – 4 Normes de potabilité de l'eau**

### **1 – 4 – 1 Définition (1) (3) (4) (20)**

Les normes de potabilité des eaux sont élaborées à partir des travaux médicaux, établissant les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certains nombre de substances nocives et susceptibles d'être présente dans l'eau destinée à la consommation humaine.

A Madagascar, les normes de potabilité de l'eau sont définies par la loi promulgués le 20 Janvier 1999 suivant la loi n° 98 – 029. En général, les différents paramètres auxquels doivent satisfaire l'eau destinée à l'alimentation peuvent être classés en cinq grandes catégories :

Paramètres physico-chimiques,

Paramètres indésirables

Paramètres toxiques,

Paramètres microbiologiques

Paramètres concernant les rayonnements radioactifs

### **1 – 4 – 2 Les normes usuelles**

En général, la norme de potabilité utilisée comme référence par plusieurs pays est la norme établie par l'OMS. Cependant, certaines teneurs des éléments dans cette recommandation ne correspondent pas aux situations géographique et géologique de certains pays, ce qui entraîne une difficulté au

niveau de l'interprétation, des résultats d'analyses. En effet, à part la norme de l'OMS, chaque nation doit établir ses propres recommandations pour la qualité des eaux destinée à la consommation humaine.

Les tableaux ci-après présentent les normes de potabilité Malgache, Française et celles de l'OMS.

**Tableau 1 : Norme de l'eau potable à Madagascar**

PARAMETRES	VALEUR	UNITE	PARAMETRES	VALEUR	UNITE
<b>Paramètres Organoleptiques</b>					
couleur	Incolore		Turbidité	5	NTU
odeur	Incolore		Saveur	doit être acceptable	Taux de dilution
<b>Paramètres Physico-chimiques</b>					
Température	12 à 25	°C	pH	6,5 à 8,5	-
Chlorures	250	mg/l	Sulfates	250	mg/l
Magnésium	50	mg/l	Sodium	-	mg/l
Potassium	-	mg/l	Aluminium	0,2	mg/l
Calcium	200	mg/l	Conductivité	2000	m/S/l
Dureté	300	mg/l	O <sub>2</sub> dissous	75	mg/l
<b>Substances indésirables</b>					
Nitrates	50	mg/l	Nitriles	0,1	mg/l
Ammonium	0,5	mg/l	Azote Kjeldahl	pas de valeur	mg/l (N)
M O	2	mg/l (O <sub>2</sub> )	Phénols	0	mg/l (phénol)
Pesticides			Manganèse	0,05	mg/l
Bore	-	mg/l	Zinc	5	mg/l
Fer	1	mg/l	Fluorure	1,5	mg/l
Cuivre	2	mg/l	Argent	0,01	mg/l
Phosphore	pas de valeur	mg/l	Chlore libre	2	mg/l
<b>Substances toxiques</b>					
Arsenic	0,05	mg/l	Cadmium	0,01	mg/l
Cyanure	0	mg/l	Chrome	0	mg/l
Mercure	0	mg/l	Nickel	0,05	mg/l
Plomb	0,05	mg/l	Antimoine	0	mg/l
Sélénium	0,01	mg/l	Polychloro-biphenyl	0	mg/l
<b>Paramètres microbiologiques</b>					
Coliformes totaux	0	N/100 ml	Coliformes thermotolérants	0	N/100 ml
Stereptocoques fécaux	0	N/100 ml	E-coli	0	N/100 ml
			Clostridium Sulfito réducteurs	0	N/100 ml
<b>Radioactivité</b>					
Radium-226 et Radium-228	1	Becquerel/l			

**Tableau 2 : Normes Françaises**

PARAMETRE	VALEUR	UNITE	PARAMETRE	VALEUR	UNITE
<b>Paramètres organoleptiques</b>					
Couleur	1,5	PT-CO	turbidité	5	NTU
Odeur	Doit être acceptable	Taux de dilution	saveur	Doit être acceptable	Taux de dilution
<b>Paramètres physico-chimiques</b>					
Température	25	° C	pH	6,5 à 9	-
chlorures	200	mg/l	Sulfates	250	mg/l
Magnésium	50	mg/l	Sodium	150	mg/l
Potassium	12	mg/l	Aluminium	0,2	mg/l
Résidu sec (180°C)	1500	mg/l	Conductivité	2500	µS/cm
<b>Substances indésirables</b>					
Nitrates	50	mg/l	Nitrites	0,5	mg/l
Ammonium	0,5	mg/l	Azote Kjeldahl	1	mg/l (N)
ox.KMnO <sub>4</sub> (acide)	10	mg/l (O <sub>2</sub> )	Carbone organique total	-	mg/l
Hydrocarbures	10	µg/l	Phénols	0,5	µg/l
Bore	0,3	mg/l	Agents de surface	200	µg/l (lauryl sulfate)
Fer	200	µg/l	Manganèse	50	µg/l
Cuivre	1	mg/l	Zinc	5	mg/l
Phosphore	5	mg/l	Fluorure	1500	µg/l
Baryum	0,7	mg/l	argent	10	µg/l
<b>Substances toxiques</b>					
Arsenic	50	µg/l	Cadmium	5	
Cyanure	50	µg/l	Chrome	50	
Mercure	1	µg/l	Nikel	50	
Plombe	50	µg/l	Antimoine	10	
Sélénium	10	µg/l	Pesticides et apparentés	Aldrin/dield=0,03 atrazine=2 hexachlorobenzène=1 isoproturon=9 lindane=2 simazine=2	µg/l
Hydrocarbures poly aromatiques	0,2	µg/l			
<b>Paramètres microbiologiques</b>					
Coliformes totaux	0	N/100 ml	Coliformes thermotolérants	0	N/100 ml
Entérocoques	0	N/100 ml	E. Coli	0	N/100 ml
Streptocoques fécaux	0	N/100 ml	Clostridium sulfitoréducteurs	0	N/100 ml
<b>Radioactivité</b>					
tritium	-	Becquerel/l	Dose totale indicative	-	mSv/an
<b>Paramètres concernant les eaux adoucies livrées à la consommation humaine</b>					
TH	15	°F	TCA	2,5	°F

**Tableau 3 : Normes de l'OMS**

PARAMETRES	VALEUR	UNITE	PARAMETRES	VALEUR	UNITE
<b>Paramètres organoleptiques</b>					
Couleur	15	PT-CO	Turbidité	5	NTU
Odeur	Doit être acceptable	Taux de dilution	Saveur	Doit être acceptable	Taux de dilution
<b>Paramètres physico-chimiques</b>					
température	Doit être acceptable	°C	pH	préférablement	-
Chlorures	250	mg/l	Sulfate	250	mg/l
Magnésium	Pas de valeur	mg/l	Sodium	200	mg/l
Potassium	Pas de valeur	mg/l	Aluminium	0,2	mg/l
Résidu sec (180°C)	1000	mg/l	conductivité	2500	mg/l
<b>Substances indésirables</b>					
Nitrate	50	mg/l	Nitrites	3	mg/l
Ammonium	1,5	mg/l	Azote Kjeldahl	Pas de valeur	mg/l
ox.KMnO <sub>4</sub> (acide)	Pas de valeur	mg/l (O <sub>2</sub> )	Carbone organique total	-	mg/l
Hydrocarbures	Pas de valeur	mg/l	Phénols	Pas de valeur	mg/l
Bore	0,3	mg/l	Agents de surface	Pas de valeur	mg/l
Fer	Pas de valeur	mg/l	Manganèse	0,5	mg/l
Cuivre	2	mg/l	Zinc	Pas de valeur	mg/l
Phosphore	Pas de valeur	mg/l	Fluorure	1,5	mg/l
Baryum	0,7	mg/l	Argent	-	mg/l
<b>Substances toxiques</b>					
Arsenic	10	µg/l	Cadmium	3	µg/l
Cyanure	70	µg/l	Chrome	50	µg/l
Mercure	1	µg/l	Nickel	20	µg/l
Plomb	10	µg/l	Antimoine	5	µg/l
Sélénium	10	µg/l	Pesticides et apparentés	Hexachlorobenzène=1 Isoproturon=9 lindane=2	µg/l
HPA	-	µg/l	Benzo(a)pyrène	0,7	µg/l
Acrylamide	-	µg/l	Benzène	-	µg/l
Epichlorhydrine	-	µg/l	Tétrachlorure de carbone	2	µg/l
1,2-dichloroéthane	30	µg/l	Trichloroéthylène	70	µg/l
tétrachloroéthylène	40	µg/l	Chlorure de vinyle	5	µg/l
<b>Désinfectants et sous-produits de désinfection</b>					
Bromates	25	µg/l	chloroforme	200	µg/l
Bromodichlorométhane	60	µg/l	Dibromochlorométhane	100	µg/l
Bromoforme	100	µg/l	Total THM	100	µg/l
Chlore	5	µg/l	Chlorites	200	µg/l
dichloroacétate	50	µg/l	Trichloroacétate	100	µg/l
<b>Paramètre microbiologiques</b>					
Coliformes totaux	0	N/100ml	Coliformes thermotolérants	0	N/100ml

Entérocoques	-	N/100ml	E. coli	0	N/100ml
Streptocoques fécaux	Pas de valeur	N/100ml	Clostridium sulfito-réducteurs	Pas de valeur	N/20ml
Organismes pathogènes	Pas de valeur	variable			
Radioactivité					
Tritium	-	Becquerel /l	Dose totale indicative	-	mSv/an

## I – 5 Normes d'installation d'approvisionnement en eau potable à Madagascar

En matière d'approvisionnement en eau potable, les ouvrages acceptés comme pouvant fournir une eau dont la potabilité est garantie sont celles respectant :

- Les normes de protection contre toutes les pollutions
- Les spécifications techniques de construction garantissant la pérennité des débits et la durabilité de l'ouvrage.
- Les conditions de fonctionnement pouvant satisfaire un service assurant la qualité et la quantité requises selon les normes fixées. (13)

Ces installations peuvent être :

### I – 5 – 1 Puits protégés (14)

Il comprend :

- Un aménagement de surface avec :
- -margelle : de 0,70m de hauteur, en buse de béton de 1,10m de diamètre extérieur, dosé à 350, armé avec du fer rond 6 et 8
- -aire d'assainissement : pente 2% vers extérieur avec chape de 0,01m d'épaisseur, de 2mètres de rayon.
- Couvercle en béton de forme circulaire scellée avec de mortier sur la margelle, présentant un trou d'homme pour permettre de puisage par récipient et d'une ouverture pour l'installation éventuelle d'une pompe à main de 0,50m, dosée à 350, armée avec du fer rond 6 et 8.
- Un cuvelage en buse de 100m de hauteur, de diamètre inférieur de 1m, de diamètre extérieur de 1,20m, en béton armé dosé à 350 avec fer 6 et 8 dans la partie non aquifère.
- Un captage, en buse barbacane de 1m de hauteur, de diamètre intérieur 1,00m de diamètre extérieur 1,20m en béton armé dosé à 350 avec fer 6 et 8 dans la partie non aquifère, avec gravier filtre composé de grains siliceux de préférence, de granulométrie variant de 15mm à 25mm, sur toute la hauteur aquifère. Le diamètre de la barbacane sera de 20mm environ.

- Une dalle de fond barbacane en béton armé dosé à 350 reposant sur un gravier filtre de même caractéristique que celui mis autour du captage.
- Une clôture autour du puits pour empêcher les animaux de venir au bord de la margelle à exécuter dans le cadre de la participation communautaire.

La méthodologie de réalisation adoptée est le système de havage continu, c'est-à-dire descente de la buse et tripode.

Les dimensions des buses sont : 1m de longueur, 1m de diamètre intérieur, 1,20m de diamètre extérieur, elles seront coulées sur place par utilisation de moule à buse.

### **I – 5 – 2 Forage protégé (14).**

Le forage est un ouvrage vertical de captage et de prélèvement d'eau, de forme cylindrique et de petit diamètre.

Le forage comprend :

- une aire de protection à la surface du sol pente 2% vers l'extérieur avec chape de 0,01m d'épaisseur, de 2m de rayon.
- un tubage d'exploitation de la surface du sol ou toit de la nappe.
- une crêpine dans la formation à capter qui est en tuyau PVC ou en tube inoxydable lanterné il y a plusieurs méthodes de formation applicables aussi bien pour la réalisation de sondages de reconnaissance que de forages d'exploitation, on peut citer entre autres : le forage au rotary, le forage à tarière et le forage au marteau fond de trou.

Les tubes d'exploitation sont en général en acier ordinaire.

Les crêpines sont en acier inox ou en plastique. La forme des ouvertures est très variable (tous circulaires, fentes, nervures repoussées,...). Leur principale caractéristique est le pourcentage de vide (5 à 50%). La vitesse de l'eau à travers la crêpine ne doit pas dépasser 30 mm/s. la tête de puits doit être réalisée avec soin car elle conditionne l'étanchéité du captage. C'est un élément important pour éviter les pollutions accidentelles par les eaux superficielles.

Classiquement la tête de puits est incluse dans un petit ouvrage de génie civil, ce dernier doit être conçu dans un souci d'optimisation de l'exploitation, on veillera notamment à ce qu'il soit équipé d'un dispositif anti-intrusion et soit correctement appareillé de manière à pouvoir facilement enlever la pompe et la colonne de captage. Enfin, elle doit être parfaitement ventilée de manière à éviter la condensation qui pourrait être source de pollution

### **I – 5 – 3 Prise d'eau protégée munie de moyen d'exhaure adéquat (11)**

La prise d'eau est un ouvrage de captage de forme variable selon le type de points d'eau : prise directe, buses enfoncées, barrages,...

La prise d'eau comprend :

- la prise
- le tuyau de drainage
- le puits collecteur

Comme pour les cas des puits et forages, il faut toujours s'assurer de la protection du captage contre toute source de pollution. Le débit est déterminé par un essai de pompage. On réalise l'ouvrage par l'activité classique de travaux de captages.

#### I – 5 – 4 Système d'adduction d'eau (11)

Le système d'adduction d'eau est l'ensemble d'installation pour amener l'eau jusqu'à l'agglomération à partir d'une prise d'eau ou captage. On distingue un système gravitaire et le système par refoulement.

Le système est conçu par un calcul hydraulique classique faisant intervenir des paramètres importants comme : le débit, la surface des ouvrages, le diamètre des canalisations, la topographie du terrain, la pression dans la qualité des matériaux utilisés, le besoin par tête d'habitant.

**Système gravitaire :** source gravitaire, captage, ouvrage de traitement, conduite d'aménée, réservoir, conduite d'adduction, conduite de distribution, branchement et bornes fontaines.

**Système à refoulement :** en plus des installations prévues dans un système gravitaire le système comporte une station de pompage.

## **Chapitre II : APERÇUS GENERAUX SUR L'ADDUCTION D'EAU POTABLE**

### ***II – 1 Rôles de l'eau (12)***

L'eau est un élément nécessaire à la vie, elle est considérée comme un des besoins fondamentaux et indispensables pour l'homme. Sans l'eau, il n'y aura pas de développement.

Ainsi, grâce à ces particularités de l'eau, elle a donc pour rôle :

- ❖ D'améliorer les conditions de vie de la population : cette amélioration consiste à différencier la vie de la population avant et après la mise en place d'un système d'alimentation en eau potable. En tant qu'amélioration, les conditions de vie de la population deviennent de plus en plus évoluer vers les bonnes conditions.
- ❖ D'augmenter la capacité de leur production : la présence suffisante de l'eau à l'agriculture permet aux agriculteurs d'avoir plus de rendement.
- ❖ D'améliorer l'état nutritionnel de petit élevage, cette amélioration conduit aussi à un surplus de rendement et on arrive à protéger le bétail contre les maladies.
- ❖ De mettre en place les conditions de santé et d'hygiène assurant la réduction de la mortalité due aux maladies hydriques, permettant à la population d'être dans des bonnes conditions physiques et favorisant ainsi un accroissement de sa productivité économique.
- ❖ De fixer les paysans : la présence d'un système d'alimentation en eau potable d'un village ou généralement en monde rural limite le cadre de la sédentarisation contre le nomadisme ou exode rural.
- ❖ Minimiser la différence entre milieu urbain et rural : la différence entre ces deux milieux permet aux gens du monde rural à laisser les activités de la campagne pour aller en ville afin d'augmenter le secteur tertiaire. Ainsi, l'adduction d'eau potable en milieu rural est donc un des facteurs de fixation des paysans à ses activités et aussi un des facteurs pour minimiser la différence, du point de vu développement.
- ❖ De réaliser à bon port l'essence de la mondialisation : actuellement, tous les pays courrent vers le développement c'est-à-dire vers la mondialisation.

### ***II – 2 les ressources en eau de Madagascar (12)***

Madagascar est considérée comme un sanctuaire de la nature avec ses nombreuses et impressionnantes espèces endémiques. Mais en son milieu naturel elles ont besoin d'élément vital autre que leurs nourritures : c'est l'eau.

Madagascar possède différentes ressources :

## II – 2 – 1 Les fleuves et les rivières

Le relief bien marqué de Madagascar est divisé naturellement par son réseau hydrographique en cinq ensembles de bassins versants :

- Les versants de la montagne d'Ambre.
- Les versants de Tsaratanana.
- Les versants Est tributaire de l'Océan Indien.
- Les versants Ouest et le Nord Ouest, dont les eaux se déversent dans le canal de Mozambique.
- Le versant Sud.

Nombreux à Madagascar ; ils sont résultats de l'accumulation des eaux de ruissellements ou l'eau des différentes sources dans un endroit à importante imperméabilisation. On rencontre toujours des lacs dans des endroits en forme des cuvettes imperméables.

Généralement, les lacs sont utilisés pour la pisciculture et aussi un endroit pour la lessive des gens du village voisin, mais actuellement comme le cas des gens du village de Merikanjaka, ils sont servis du lac, du point de recherche d'eau. Le lac est alors un des ressources pour les villages qui n'ont plus à l'accès d'un système d'alimentation.

## II – 2 – 2 les sources

Elles sont résultats de l'apparition des ressources en eau souterraines. Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de précipitation ; les sources sont utilisées pour alimenter les ménages tant que le système d'alimentation n'est pas encore conçu. Il existe différents types de sources classées selon leur pérennité:

- Source pérenne
- Source saisonnière
- Source intermittente : source à débit discontinu même en régime non influencé.
- Source périodique : source à débit interrompu mais qui varie selon une périodicité régulière etc.

## Chapitre III : PROBLEMES D'ADDITION D'EAU A MADAGASCAR

### ***III – 1 Problèmes généraux de l'adduction d'eau en milieu rural (12)***

Sur le plan eau, Madagascar possède de ressource favorable. Mais en raison de la qualité douteuse, de l'utilisation rationnelle de l'eau par la masse rurale est limitée, ce qui réduit leurs efforts de production tant sur l'agriculture, l'élevage que sur l'amélioration de leur niveau de vie.

Les maladies hydriques sont responsables des cas de morbidité dans le territoire malgache. Les conditions de santé sont les plus précaires. Or, nous le savons que 80% de la population sont des ruraux et l'économie nationale en dépend beaucoup.

Ainsi, la position du problème est donc basée en général sur ces deux constatations, mais du point de vu technique, il y a encore plusieurs : problèmes au niveau des ressources, du captage, du réseau, et des bornes fontaines.

#### **III – 1 – 1 Problèmes au niveau des ressources (12):**

Madagascar rencontre des problèmes au niveau des ressources grâce aux facteurs polluants aussi naturels qu'artificiels.

- Les puits :
- Ce point d'eau est dit artificiel car ce sont les habitants qui les construisent. Le débit et la qualité de l'eau de ces puits ne sont plus assurés.
- Les fleuves et les rivières :
- Ils constituent la principale source d'approvisionnement car ils sont très nombreux mais la qualité est aussi douteuse.
- Les sources :
- En général, les sources sont presque pure mais il y a aussi des cas que les sources, grâce à son originalité, hydrologie du terrain et aspects chimiques des constituants du sol ainsi que les pollutions venant de la surface du sol, qui ne sont pas potables.
- Il ne faut pas donc confier à toutes sortes de sources qu'après avoir les analysées.
- Les marées :

Les marées sont des points d'eau à usages multiples (habitants et bestiaux), la qualité de l'eau laisse à désirer.

### **III – 1 – 2 Problèmes au niveau du captage (12):**

En considérant que c'est au niveau du captage que l'alimentation en eau d'un village ou d'une ville prend naissance ; des graves problèmes peuvent y affecter. Ils sont déterminés par la manque du système d'aménagement, la manque de protection du captage qui peut entraîner le déficit du débit et aussi l'attaque de toutes sorte de pollutions. Dans ce cas le problème au niveau du captage affecte directement l'alimentation du village considéré.

### **III – 1 – 3 Problèmes au niveau des réseaux (12)**

Dans le cas où il existerait déjà, au sein d'un village, un système d'adduction d'eau ; par exemple un système d'alimentation par gravité, les problèmes apparaissent au niveau des réseaux car la plupart des réseaux construits ne connaissent pas d'entretien et que ces réseaux ne sont pas bien protégés contre toutes sortes de dégradations et aussi d'érosions affectant le long des réseaux ; ainsi, ils arrivent quelques fois des ruptures impliquant la non fonctionnement du réseau.

Le manque d'entretien entraîne aussi la corrosion au niveau des tuyauteries.

### **III – 1 – 4 Problèmes au niveau des bornes fontaines (12):**

On rencontre souvent les problèmes au niveau de l'exploitation du système d'adduction. Les bénéficiaires exploitent le maximum possible, cela est expliqué par l'inconscience des bénéficiaires et engendre la non pérennité des ouvrages installés.

Au niveau des bornes fontaines, c'est aussi les conflits entre les bénéficiaires qui conduisent jusqu'à la destruction des ouvrages.

Face à ces problèmes, les responsables du système d'alimentation tel que le maître de l'ouvrage et les entreprises titulaires ainsi que les bénéficiaires doivent chercher des solutions pour pérenniser les ouvrages.

## ***III – 2 Les mesures proposées (12)***

### **III – 2 – 1 Au niveau des ressources :**

Nous avons vu que les principaux problèmes au niveau des ressources c'est la pollution et le déficit du débit. Ainsi les mesures proposées sont :

Organiser un programme de reboisement au niveau du bassin versant pour protéger le sol contre l'érosion et pour assurer la bonne infiltration en ce lieu.

Sensibiliser les gens à la propreté de l'environnement, ce qui conduit au bon assainissement du village et ses environs.

### **III – 2 – 2 Au niveau du captage :**

La seule et unique solution pour les problèmes au niveau du captage c'est la mise en place d'un périmètre de protection des ouvrages de captage (P.P.O.C)

### **III – 2 – 3 Au niveau des conduites :**

La protection des conduites se fait au moment de la conception, plus exactement en phase étude sur terrain avant la mise en œuvre technique : la pose des conduites devrait suivre les normes, sur une profondeur de 0,80m, et à des endroits sécurisés.

Les conduites ne devraient pas traverser les terres cultivées.

On sensibilise les gens à protéger les réseaux

### **III – 2 – 4 Au niveau des bornes fontaines :**

Pour résoudre en avance les problèmes au niveau des bornes fontaines, on devrait assurer l'éducation des gens bénéficiaires afin de les inciter à protéger les ouvrages et même le système d'alimentation du captage aux bornes fontaines.

## **Chapitre IV : PROCEDES DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU POTABLE**

Le processus de traitement physico-chimique d'une eau destinée à la consommation humaine dépend de sa qualité naturelle, laquelle est fonction de son origine (souterrain ou superficielle) et peut varier dans le temps. Avant tout traitement, une analyse au laboratoire est obligatoire, elle permet de déterminer les contenus de l'eau : matières dissoutes, nombre de bactéries pathogènes, présence de substances toxiques, etc. (5)

La connaissance de ces paramètres permet d'optimiser le traitement à effectuer suivant la qualité de l'eau à traiter, enlevant ce qui est de trop et en ajoutant ce qui manque. Le processus classique du traitement physico-chimique de l'eau potable se déroule en quatre étapes.

### ***IV – 1 Phase du prétraitement (13)***

Cette phase est constituée de deux techniques bien distinctes :

– **Le dégrillage et le tamisage**

Ce sont des procédés physiques réservés aux eaux de surface. Les gros déchets sont retenus par une simple grille, les fins dans des tamis à mailles fines.

– **Le pré oxydation**

C'est un procédé chimique qui utilise le chlore ou l'hypochlorite de sodium, l'ozone, le dioxyde de chlore ou le permanganate de potassium. Il est destiné à permettre l'élimination du fer et du manganèse notamment pour les eaux souterraines ; de la couleur et des algues pour les eaux superficielles qui va faciliter l'étape suivante qui est la phase de la clarification.

### ***IV – 2 Phase de la clarification (13)***

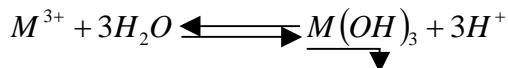
C'est une étape indispensable pour les eaux de surface et les eaux souterraines karstiques. Elle permet d'obtenir une eau limpide par élimination des matières en suspension, elle combine les techniques suivantes :

#### **IV – 2 – 1 Coagulation flocculation**

C'est un procédé physico-chimique qui a pour but de déstabiliser les matières colloïdales (particules qui ne s'agglomèrent pas naturellement). L'eau reçoit un réactif destiné à provoquer l'agglomération de ces particules en suspension en agrégats floconneux, dont l'ensemble forme une masse qu'on appelle le **floc**.

### a) Principe de coagulation flocculation

La charge d'une particule colloïdale ou les matière en suspension engendrées par l'ionisation directe des groupements chimiques présents à la surface (hydroxyde, phosphate, etc.) est déstabilisées par les ions métalliques polyvalents des coagulants et qui forme ensuite une précipitation d'hydroxyde métallique, la réaction de base est écrite suite :



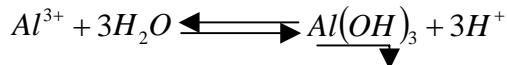
Quand on améliore le processus de coagulation flocculation, plusieurs paramètres interviennent dont le gradient de vitesse, le temps et le potentiel d'hydrogène. Le temps et le gradient des vitesses sont importants pour augmenter la probabilité de choc entre les particules, tandis que le pH est un facteur très important pour l'élimination des matières en suspension de petite taille ou les colloïdes (16).

### b) Coagulants et les floculants usuels

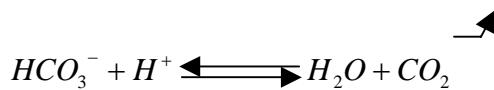
Les coagulants et floculants peuvent être classés en deux grandes familles :

- **Coagulant minéraux :**

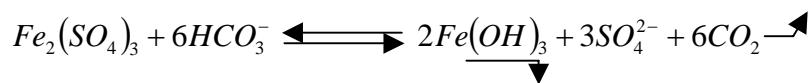
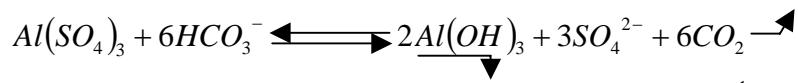
Il s'agit des produits à base de sels d'alumine ou de fer (sulfate d'aluminium, sulfate ferrique ou ferreux, chlorure ferrique, etc.). Lors de l'ajout de ces coagulants dans l'eau, on constate la formation d'un précipité d'hydroxyde d'aluminium ou de fer avec libération d'une certaine acidité.



Et cette acidité peut réagir sur certaines espèces en solution, à savoir les ions bicarbonates.



Parmi les coagulants minéraux le plus utilisés, on va citer entre autre le sulfate d'aluminium, le chlorure ferrique et le sulfate ferrique utilisés souvent lors d'un traitement d'eau potable, le procédé est régi par les réactions suivantes :



### - Coagulants organiques (5)

Il s'agit des molécules organiques de synthèse à caractère cationique, avec une masse molaire moyenne ( $10^4$  à  $10^5$ ). Souvent ce genre de coagulants est utilisé simultanément avec des coagulants minéraux pour le traitement de l'eau industrielle puisque l'utilisation directe est très compliquée. Pourtant leur utilisation présente de nombreux avantages comme la réduction volumique des boues produites lors de la décantation. La mélanine formol, EPI.DMA (épichlorhydrine diméthylamine) et le polychlorure de diallyldimethyl-ammonium sont les coagulants organiques utilisés pour le traitement de l'eau. Concernant les produits utilisés comme floculant, ils se présentent sous deux formes : les floculants minéraux comme la silice activée, la silico-aluminate, le charbon actif, le kaolin, le betonite etc. et les floculants organiques qui sont généralement des polymères naturels extraits des substances animales ou végétales comme les alginates et l'amidon.

## IV – 2 – 2 Décantation et floculation

Ce sont des procédés physiques intervenant après la coagulation floculation, l'eau coagulée et floculée entre dans le décanteur à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences. Les flocs se déposent au fond sous l'effet de la pesanteur et l'eau clarifiée est récupérée en surface.

Ainsi lors du processus de la décantation la vitesse de chute des particules est proportionnelle aux diamètres, à la masse volumique (de la particule et du liquide) et à l'accélération de la pesanteur, elle est inversement proportionnelle à la viscosité dynamique du liquide selon l'équation des stokes (17)

$$V_p = \frac{g(P_p - P_l)d^2}{18\eta}$$

Avec  $g$  : accélération de la pesanteur,  $d$  : diamètre apparent de la particule  $\eta$  : viscosité dynamique de l'eau  $P_p$  : masse volumique de la particule  $P_l$  : masse volumique du liquide.

### Mode de décantation (17)

#### – Décantation statique:

Les particules sont considérées comme indépendantes et tombent à leur propre vitesse.

L'écoulement doit être laminaire sans turbulence, ni courant. Le principe est que les particules atteignent le fond du décanteur avant de sortir.

#### – Décantation lamellaire :

On a déposé des lamelles à l'horizontale pour avoir des décanteurs de faible surface admettant de plus forts débits.

– **Décantation à contact de boues** : aussi appelée en compression de boue : la décantation floculation est améliorée si la concentration en particules augmente. On met donc en contact l'eau floculée avec des boues déjà formées.

#### – Décantation à floc lesté :

Le lestage du floc pare micro sable permet d'augmenter la densité des particules et par conséquent la sédimentation des particules (donc augmentation de  $V_p$ )

A l'inverse de la décantation, la flottation consiste à favoriser la clarification par entraînement des particules en surface, grâce à la génération de bulles d'air, qui s'accrochent aux matières en suspension et aux flocs. Les flottants sont récupérés en surface par bras racleur.

#### **IV – 2 – 3 La filtration (5) (19).**

La filtration est un procédé essentiellement physique qui consiste à faire passer l'eau à travers un filtre, ce dernier retient les matières en suspension qui n'a pas été piégées lors des étapes précédentes ou qui ont été formées lors du pré oxydation. Actuellement, il existe deux types de filtre en traitement de l'eau destinée à la consommation

##### **1. la filtration sur lit de sable (17) (19) :**

La filtration sur sable est une méthode fréquemment utilisée et très robuste pour enlever les solides en suspension sur l'eau. Le filtre se compose de plusieurs couches de sable de taille et de densité différentes. Quand l'eau traverse le filtre, la matière en suspension précipite dans les couches de sable et l'eau qui contient moins de matière en suspension s'écoule hors du filtre. Quand les filtres sont chargés en particule, on inverse la direction du flux afin de la régénérer, alors une deuxième filtration et en général nécessaire.

La granulométrie du sable est un facteur déterminant pour l'efficacité de ce filtre. Elle est caractérisée par la dimension moyenne des grains et la dispersion des dimensions autour de cette moyenne.

Le filtre à sable purifie l'eau de trois manières différentes :

- ❖ filtration pendant laquelle les particules sont séparées de l'eau à traiter
- ❖ absorption chimique pendant laquelle les contaminants collent à la surface du sable et viennent grossir la taille de ce dernier.
- ❖ Assimilation par des micro-organismes aérobiques qui se nourrissent des polluants de l'eau.

##### **2. la filtration sur membrane (8) (19)**

La filtration sur membrane est de plus en plus fréquemment utilisée surtout lors du traitement des eaux souterraines karstiques.

Le principe consiste à utiliser une fine surface filtrante garnie de pores réguliers de très petite dimension. Les membranes sont constituées de polymères organiques ou de fines poudres minérales agglomérées (alumine, zirconium, carbone)

Contrairement aux filtres à sables qui fonctionnent par tamisage vertical, les filtres à membranes sont des cylindres dans lesquels l'eau est sous pression et part à travers des pores de très petite dimension. Les membranes sont classées par taille d'orifices, on distingue trois techniques de filtre :

– **la microfiltration (17)**

la microfiltration est une technique de séparation sur membrane dans laquelle les particules ou autres matières en suspension dont la dimension particulaire est comprise entre 0,1 et 1,5 microns sont séparées du liquide. Elle permet d'éliminer les matières en suspension, les bactéries ou les autres impuretés. La taille nominale des pores d'une membrane microfiltration est de 0,2 microns.

– **L'ultrafiltration (17)**

L'ultrafiltration est une technique de séparation sur membrane dans laquelle les particules ou autres matières en suspension dont la dimension particulaire est comprise entre 0,005 et 0,1 microns sont séparées du liquide. Elle permet d'éliminer les sels, les protéines et les autres impuretés.

Les membranes d'ultrafiltration ont une taille nominale de pore de 0,0025 à 0,1 microns.

– **La nano filtration (17)**

La nano filtration est une technique de séparation sur membrane dans laquelle les particules ou autres matières en suspension dont la dimension particulaire est comprise approximativement entre 0,0001 et 0,005 microns sont séparées du liquide. Elle permet d'éliminer les virus, les pesticides et les herbicides.

#### ***IV – 3 Phase de désinfection (1) (5) (19).***

La désinfection consiste à éliminer les microorganismes pathogènes (bactéries, virus) qui sont présents dans l'eau. C'est une étape commune à tous les traitements et sans doute la plus importante. Certes, les eaux souterraines sont souvent naturellement dépourvues de germes pathogènes, mais, par infiltration une contamination accidentelle est toujours possible dans les nappes des sous-sols calcaires. La désinfection de l'eau s'effectue soit en utilisant un produit chimique soit en utilisant le rayonnement ultra violet.

#### **IV – 3 – 1 Désinfection par des produits chimiques**

Elle présente un avantage de la rémanence du traitement, c'est-à-dire que l'eau ainsi traitée garde dans le temps des propriétés désinfectantes et permet donc, dans une certaine mesure, d'absorber une contamination ultérieure et de désinfecter les matériaux avec lesquels elle est en contact. Les désinfectants les plus souvent utilisés sont le chlore, le bioxyde de chlore et l'ozone.

✓ **Désinfection par le chlore**

C'est le procédé le plus utilisé, car il est peu coûteux et la technique est très simple : sur un forage de faible débit en zone rurale, une bouteille de chlore gazeux et un organe de dosage peu sophistiqué suffisent. La chloration est plus efficace si l'eau est traitée d'avance au moyen de processus de coagulation et de filtration (4)

Dans l'eau, le chlore ou plus exactement l'une des formes du chlore HClO est stérilisante et peut pénétrer la membrane cellulaire pour inhiber les fonctions enzymatiques de la bactérie.

Pour une eau à température de 15° C et à pH 7,5 ; une dose de chlore de 0,3mg/l, maintenue pendant dix à vingt minutes suffit à assurer la destruction des bactéries (5). L'efficacité du chlore dépend toutefois de la température de l'eau et du pH. Dans les eaux chaudes et pour les pH élevés, la proportion de HClO baisse très vite ; les matières oxydables par le chlore comme les matières organiques et surtout l'ammoniaque absorbent du chlore et rendent donc une partie de la dose introduite inutilisable pour la désinfection, et il faut alors mettre une quantité supplémentaire de chlore.

✓ **Désinfection par le dioxyde de chlore (ClO<sub>2</sub>)**

Le dioxyde de chlore est un oxydant élevé, il peut être produit soit à partir de chlorite de sodium soit à partir de l'acide chlorhydrique. Il réagit très lentement avec l'eau suivant la réaction (5) (19).



Le dioxyde de chlore peut conduire soit à une réaction d'oxydation (excès de ClO<sub>2</sub>), soit à une réaction de chloration (faible excès de ClO<sub>2</sub>)

✓ **Désinfection par l'ozone**

L'ozone peut être obtenu industriellement par décharge électrique dans l'air très sec. C'est un oxydant très puissant. Il se présente sous forme de gaz instable.



La principale différence entre l'ozonation et la désinfection par le chlore est l'efficacité de la première dans l'élimination des virus, des études ont montré que l'élimination des virus était garantie par la présence dans l'eau d'au moins 0,4mg/l d'ozone pendant 4minutes.

Une étape de désinfection à l'ozone dans une filière de traitement d'eau s'avère donc être une des meilleures barrières contre les risques de contamination. L'utilisation de l'ozone est, par contre, plus complexe et plus onéreuse que celle du chlore ou du bioxyde de chlore (5).

✓ **Désinfection par l'ultraviolet**

Il s'agit d'un procédé de potabilisation purement physique, associé à une filtration, détruisant les micro-organismes susceptibles de provoquer des maladies ou d'affecter un processus de fabrication.

Ce traitement s'effectue par l'effet germicide des rayons UV- C comprises entre 200 et 280 nm supprimant entre autres les microbes, les bactéries, les virus et les champignons tout en respectant l'environnement.

Lorsqu'un micro-organisme est exposé à un rayonnement UV- C, le noyau de la cellule est atteint et la duplication de l'ADN est stoppée. En effet, les rayonnements UV- C, le noyau de la cellule est atteint et la duplication de l'ADN est stoppée. En effet, les rayonnements UV ont un effet sur l'ADN, l'acide nucléique et les enzymes (5).

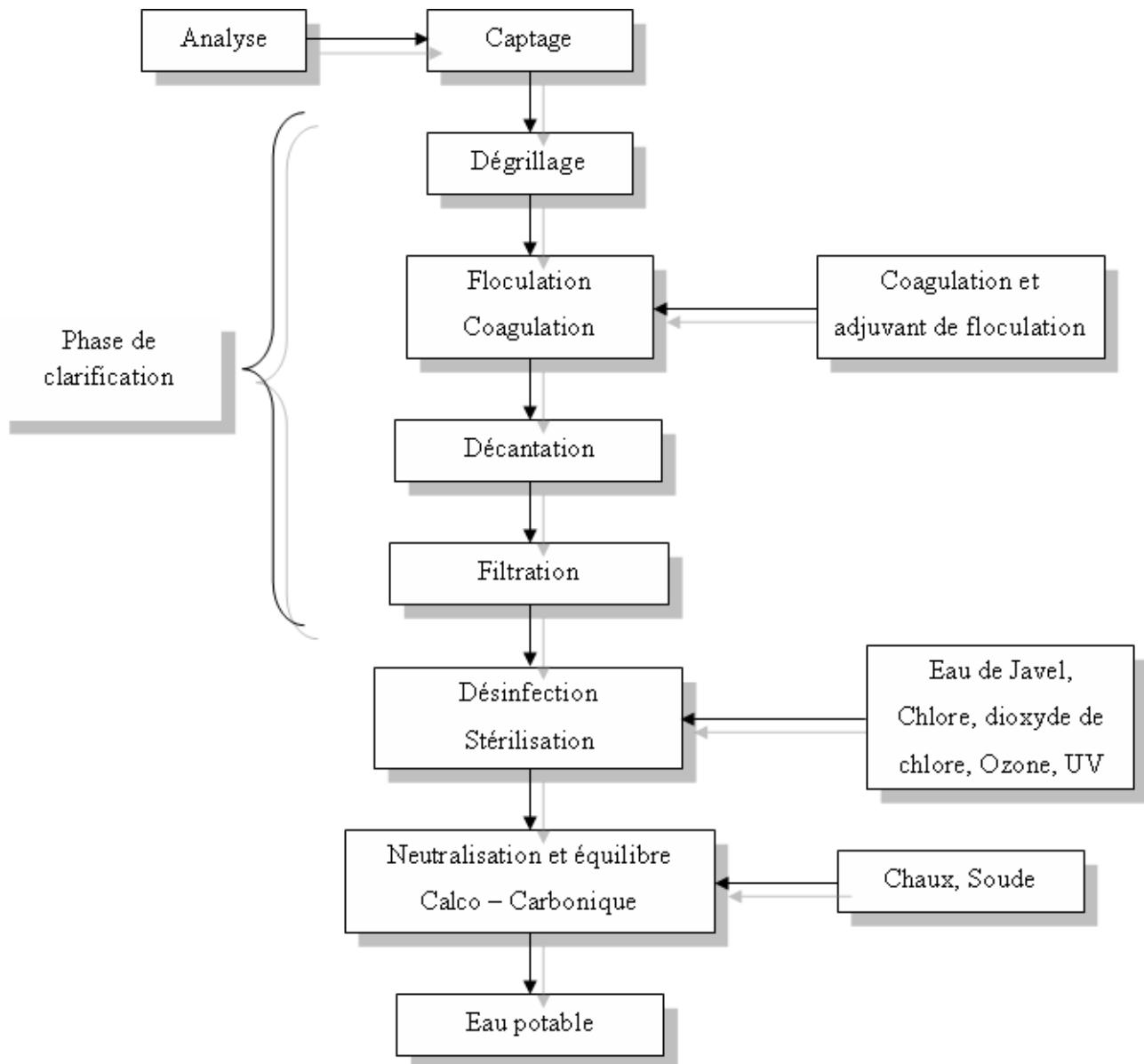
Les rayons UV sont produits par des lampes à vapeur de mercure qui émettent à une longueur d'onde de 254 nm, il y a deux types de lampes : les lampes à basse pression et celles à haute pression (19).

Le système de décontamination de l'eau par UV possède de nombreux avantages, les plus intéressant est que la désinfection ne s'accompagne d'aucune formation de produit de réaction avec les matières organiques de l'eau, ainsi les UV ne modifient pas les caractéristiques organoleptiques de l'eau (goût, odeur, couleur) et le pH (5).

La désinfection aux rayons ultraviolets est plus efficace si l'eau est traitée d'avance par les processus de coagulation ou de filtration, elle est moins efficace si l'eau est trouble.

#### ***II – 4 Phase de neutralisation***

Elle a pour but de préserver la qualité de l'eau tout au long de son traverse dans les canalisations jusqu'aux robinets. Pour cela, une très petite quantité de chaux ou de soude est ajoutée à l'eau (5).



**Figure 1 : Schéma classique de traitement de l'eau potable**

Pour que le traitement soit efficace, on utilise un autre procédé complémentaire tel que : l'absorption par le charbon actif, utilisé essentiellement pour éliminer les nitrates et les pesticides, le charbon est actif utilisé soit sous forme de poudre lors du procédé de flocculation soit sous forme grains dans l'épais lits de filtration.

Lorsque la teneur en nitrate ou d'autre substance présente dans les eaux est élevée, il est préférable d'utiliser la technique d'échangeur d'ion nitrate par exemple par d'autres ions comme le chlorure ou l'ion carbonate (5) (4).

## **DEUXIEME PARTIE : ETUDES EXPERIMENTALES**

## **CHAPITRE I – CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU PRODUIT**

### ***I – 1 Description du produit***

#### **I – 1 – 1 Aspect physique du produit**

Ce produit se présente sous forme d'une plaquette ronde emballée dans un papier aluminium en boîte de 20 unités.

Il est constitué de deux couches plaquées l'une à l'autre de quantité inégale et de couleur différente. L'une de couleur jaune avec une masse unitaire de 28g et l'autre de couleur blanche de masse unitaire de 10g ce qui donne une masse totale de 38g.

Les photos ci-après nous présentent la morphologie du produit lorsqu'il se trouve avec emballage et sans emballage.



**Photo 1: Produit X sous emballage**



**Photo 2 : Produit X sans emballage**

#### **I – 1 – 2 Comportements physiques du produit X**

Les deux couches de ce produit se séparent l'une de l'autre par un grattage de la couche blanche qui se détache sous forme d'une poudre fine.

Nous avons constaté que la couche jaune est très dure après ouverture de l'emballage. Et quand on la laisse à l'air libre, on arrive à l'écraser facilement entre les doigts.

Par contre la couche blanche qui est sous forme d'une poudre, au fur et à mesure qu'elle se trouve en présence de l'air, elle devient comme une pâte qui n'est pas bien séchée.

#### **I – 1 – 3 Usage du produit**

Ce produit est destiné à traiter les eaux naturelles de surface. Tous les matériels nécessaires sont disponibles auprès du promoteur.

Une plaquette de 38g pour un fuit de 200litres. On dissous le produit dans l'eau à traiter et on agite manuellement pendant quelques minutes, puis on laisse se décanter, l'eau est ainsi chimiquement et biologiquement potable.

## ***I – 2 Analyses physico-chimiques du produit X***

Puisque les moyens d'analyse de produit sous forme solide sont insuffisants, nous avons préféré le dissoudre dans l'eau distillée pour avoir une solution qui peut être analysée dans les laboratoires qui existent à Madagascar comme celui de la JIRAMA où nous avons effectué nos analyses.

Ainsi, nous avons dissous 0,19g de la couche jaune dans un litre d'eau distillé pour avoir un litre de solution que nous allons appeler solution A. De même 0,19g de la couche blanche dans un litre d'eau distillée pour avoir un autre litre de solution que nous allons appeler solution B.

Et pour ces deux litres de solution, nous avons analysé les ions suivants.

- ❖ le sulfate
- ❖ l'aluminate
- ❖ le calcium
- ❖ le magnésium
- ❖ le chlorure
- ❖ le fer total

## ***I – 3 Détermination des composés chimiques du produit.***

Après des différents éléments mentionnés ci-dessus, nous avons obtenus les résultats ci-après.

### ***I – 3 – 1 Détermination de la teneur en sulfate du produit.***

#### ***I – 3 – 1 – 1 Principe***

En milieu chlorhydrique, les sulfates peuvent être précipités sous forme de sulfate de baryum et le précipité obtenu est stabilisé par le « Tween 20 » ou de polyvinyl-pyrolidine, des suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

#### ***I – 3 – 1 – 2 Réactifs***

- Solution de chlorure de baryum stabilisée par « Tween 20 »
- solution d'acide chlorhydrique HCl N/10.
- solution de « Tween 20 » à 25%.

#### ***Pour la solution A***

On a introduit 39ml de la solution A dans un bêcher de 250ml.

On a versé dans le bêcher :

- 1ml de HCl 1/10
- 5ml d'une solution de BaCl<sub>2</sub> stabilisée par « tween 20 »
- Une agitation de 3 minutes
- Un repos de 20 minutes

Et on a constaté que la solution est très troublée comme c'est illustré sur la photo n°3.



**Photo 3 : Teneur en sulfate dans la couche jaune**

Ceci explique un taux élevé de sulfate dans cet échantillon.

On a agité à nouveau et enfin la lecture est faite au spectromètre à la longueur d'onde  $\lambda = 650\text{nm}$  est :

$$[\text{SO}_4^{2-}]_t = 25,36\text{mg/litre}$$

### **Pour la solution B**

On a procédé de même en introduisant 39ml de la solution B dans un bécher de 250ml,

On a versé dans le bécher :

- 1ml de HCl 1/10
- 5ml d'une solution de BaCl<sub>2</sub> stabilisée par « tween 20 »
- Une agitation de 3 minutes
- Un repos de 20 minutes

Et on a constaté que la solution reste claire comme le présente la photo n°4



**Photo 4 : Teneur en sulfate dans la couche blanche**

Ceci indique l'absence du sulfate dans cet échantillon.

On a agité encore de nouveau et finalement la lecture au spectromètre à la longueur d'onde  $\lambda = 650\text{nm}$ .

**La valeur affichée par l'appareil est :**

$$[\text{SO}_4^{2-}]_H = 0\text{mg/litre}$$

**Remarques :**

- 1) Au cours d'un dosage de sulfate, plus la solution est troublée, plus la teneur de sulfate est très élevée.
- 2) Le « tween 20 » peut être remplacer par le PVP (polyvinylpyrrolidone :  $(\text{C}_6\text{H}_9\text{ON})_n$ )

### **I – 3 – 2 Détermination de la teneur en fer du produit**

#### **I – 3 – 2 – 1 Principe**

En milieu ammoniacal, le dimethylglyoxine donne en présence du fer  $\text{Fe}^{2+}$  un complexe de coloration rose dont l'intensité est fonction croissante de la concentration.

#### **I – 3 – 2 – 2 Matériels et réactifs utilisés**

Comparateur standard, cuvettes graduées A/B, bêcher, pipette de 2ml,

Plaquettes « Fer 0,006 à 1mg/l et Fer 0,3 à 5mg/l ».

Hydro sulfite de sodium (dithionite de sodium) réducteur de  $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

Ammoniaque 10% (colorant)

#### **Pour la solution A**

On a prélevé 100 ml de cette solution et on l'a versé dans un bêcher de 250ml:

- On ajouté une pincée de dithionite de sodium
- Une agitation jusqu'à dissolution totale du réactif

- Un repos de quelques minutes

Et il y a apparition d'une couleur jaune rose persistante comme l'indique la photo n°5



**Photo 5 : Teneur en fer dans la couche jaune**

Ce phénomène indique la présence d'une teneur élevée en fer dans cet échantillon.

Pour avoir une meilleure précision, nous avons dilué 10 fois cet échantillon, afin de déterminer la quantité du fer existante.

Ensuite on a versé 2ml de dimethylglyoxime 0,5% et 2ml d'ammoniaque 10% dans cet échantillon suivi d'une agitation et après un autre repos. Enfin, la lecture se fait par méthode hydro cure, dans une plaquette de fer (0,3 à 5mg/l)

**Valeur lue :**

$$[fer]_l = 7 \text{ mg / litre}$$

### **Pour la solution B**

Pour cet échantillon, nous avons suivi la même procédure et nous avons constaté que la couleur blanche initiale est virée en rose claire.

Ceci indique une teneur très faible ou même nulle du fer dans cette solution.

**Valeur lue :**

$$[fer]_H = 0,02 \text{ mg / litre}$$

### **Remarque :**

Pour un dosage du fer, quand la quantité de ce dernier dépasse 1mg/l on doit diluer l'échantillon avec de l'eau distillée pour pouvoir déterminer la quantité du fer existant et tenir compte du facteur de dilution.

### I – 3 – 3 Détermination de la teneur en chlorure du produit

#### I – 3 – 3 – 1 principe

Les chlorures sont précipités par le nitrate d'argent sous forme de  $\text{AgCl}_2$ . Ainsi que la fin de la réaction est marquée par une apparition d'une teinte rouge brique de chromate d'argent (début du virage).

#### I – 3 – 3 – 2 Matériels et réactifs

-Fiole de 100ml, bêcher, pipette et burette.

- $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$  N/10.

On a introduit 100ml de la solution A et B dans deux bêchers de 250ml. Ensuite dans chaque bêcher 2 gouttes d'acide nitrique concentré ( $\text{HNO}_3$ ) et une pincée de  $\text{CaCO}_3$  suivi d'une agitation et puis verser 3 gouttes de chromate de K à 10% sans arrêter l'agitation et on a constaté que les deux solutions ont virées au couleur jaune illustré sur la photo n° 6 ci-dessous, à gauche échantillon de la couche jaune et à droite échantillon de la couche blanche. Ce caractère indique qu'il y a la même quantité de chlorure dans les deux solutions. On a titré ensuite avec le nitrate d'argent qui était mis dans une burette jusqu'apparition d'une teinte rougeâtre. Et on a prélevé les volumes  $V_I = 0,1\text{ml}$  et  $V_{II} = 0,1\text{ml}$  de  $\text{AgNO}_3$  successivement introduit dans l'échantillon I et II.



Photo 6 : Teneur en chlore dans les deux couches à gauche le couche jaune et à droite la couche blanche

D'où les résultats :

$$[\text{Cl}^-]_{cj} = 35,5V_I \text{mg/litr} = 3,55 \text{mg/litre}$$

$$[\text{Cl}^-]_{cb} = 35,5V_{II} \text{mg/litr} = 3,55 \text{mg/litre}$$

### I – 3 – 4 Détermination de la teneur en aluminium du produit

On a introduit 50ml de chaque échantillon dans un bêcher de 250ml. Et un autre bêcher de 250ml pour le blanc qui est de l'eau distillée avec tous les réactifs. Puis verser une goutte de nitrophénol 1% dans chacun de ces deux échantillons suivi d'une agitation, et quelques gouttes de HCl 1N pour la décoloration des échantillons, car le principe exige la même couleur dans tous les échantillons. Ensuite, on a versé 2ml d'acide thioglycolique 1% dans les deux échantillons ainsi que dans le blanc et on a la couleur rouge dans tous les échantillons : illustrer par la photo n°7 de gauche à droite la solution de blanc, l'échantillon de la couche jaune et celui de la couche blanche. Enfin 10ml de solution tampon est versée dans chacune d'eux et on a introduit les échantillons dans un bain thermostatique à une température de 98° C pendant 15minutes pour que la couleur se développe. Après on les a dilué à 100ml avec de l'eau distillée et tout de suite la lecture au spectromètre.

**Valeurs lues par le spectromètre :**

$$[Al^{3+}]_I = 1,27 \text{ mg/litre}$$

$$[Al^{3+}]_{II} = 0,05 \text{ mg/litre}$$



Photo 7 : détermination de la teneur en aluminium dans les deux couches

**Remarque :**

Au cours de l'étape de la décoloration, pour le cas de la couche jaune, on l'a dilué 10 fois avec de l'eau distillée à cause de la forte teneur en fer qu'elle contient.

### I – 3 – 5 Détermination de la teneur en calcium et magnésium du produit

On a pris 100 ml de la solution de chaque couche et on a ajouté dans chacune :

2 ml de tampon TH

3 à 5 gouttes de NET

Titrer avec l'EDTA. Soit V le volume de l'EDTA qui est égal à TH (0,3).

Puis on a prélevé 100ml de la solution de chaque couche

On a ajouté une solution de soude (NaOH 3N)

Quelques gouttes du réactif de Patton et Reeder.

On a titré avec la solution de l'EDTA et soit V le volume de l'EDTA qui est égal à THca (0,2).

Donc  $TH_{Mg} = TH - TH_{Ca}$

### Expression des résultats

$$\begin{cases} TH^{\circ}F 0,3 \\ TH_{Ca}^{\circ}F 0,2 \end{cases} \text{ et } \begin{cases} TH_Mg^{\circ}F 0,1 \end{cases} ; \quad {}^{\circ}F = \frac{1}{5} \bullet \frac{M}{V} mg/l ; \quad Ca^{\circ}F \frac{40}{10} = 4mg/l$$

$$Mg^{\circ}F \frac{24,3}{10} = 2,43mg/l$$

**V** : valence et **M** : masse molaire

Pour la couche jaune

$$\begin{cases} Ca^{2+} 0,2 {}^{\circ}F = 4 \times 0,2 = 0,8 \Rightarrow [Ca^{2+}] = 0,8mg/l \\ Mg^{2+} 0,1 {}^{\circ}F = 0,1 \times 2,43 = 0,24 \Rightarrow [Mg^{2+}] = 0,24mg/l \end{cases}$$

Pour la couche blanche

$$\begin{cases} Ca^{2+} 0,025 {}^{\circ}F = 0,025 \times 4 = 0,1 \Rightarrow [Ca^{2+}] = 0,1mg/l \\ Mg^{2+} 0,025 {}^{\circ}F = 0,025 \times 2,43 = 0,06 \Rightarrow [Mg^{2+}] = 0,06mg/l \end{cases}$$

### I – 3 – 6 Résultats récapitulatifs d'analyse du produit X

Les résultats d'analyse du produit sont consignés dans le tableau suivant.

**Tableau 4 : Résultats d'analyse chimique du produit X**

Analyse	n°	195	196	Méthodes utilisées
Echantillons	n°	1	2	
Sulfates $SO_4^{2-}$	mg/l	25,36	0,00	NFT-90-040
Aluminate $Al^{3+}$	mg/l	1,27	0,05	spectrophotométrie
Calcium $Ca^{2+}$	mg/l	0,80	0,10	NFT-90-016
Magnésium $Mg^{2+}$	mg/l	0,24	0,06	NFT-90-003
Chlorures $Cl^-$	mg/l	3,55	3,55	NFT-90-014
Fer total	mg/l	7,00	0,02	hydrocure

Echantillon n°1 (couche jaune, solution A)

Échantillon 2 (couche blanche, solution B)

### Interprétation

Parmi les produits de traitement des eaux les plus courants en générale, il y a : le sulfate ferrique ( $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ ), le sulfate d'alumine ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) et du chlorure ferrique.

Comme ce produit X est également un désinfectant pour les microbes et après les essais de calcination, il est probable que le produit correspondant soit de l'hypochlorite de calcium. En principe, pour les essais effectués et les résultats d'analyse du produit effectués au laboratoire de JIRAMA, nous pouvons conclure que ce produit est constitué de deux coagulants qui sont le sulfate d'alumine ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) et de sulfate ferrique ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), pour la couche jaune ainsi que de l'hypochlorite de calcium pour la couche blanche comme désinfectant.

### **Nombre de mole de chaque constituant du produit X**

Pour savoir la proportion des éléments constitutifs du produit X, nous allons calculer le nombre de mole de tous les paramètres existant dans ce produit.

Calculs de la masse molaire de sulfate d'alumine ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) et sulfate ferrique ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ).

$$\text{Fe: } 55,8; \quad \text{S: } 32; \quad \text{O: } 16; \quad \text{Al: } 26,98; \quad \text{H: } 1$$

$$M_{(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O})} = 665,96 \text{ g/mole et } M_{(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})} = 561,6 \text{ g/mole}$$

Puisqu'il y a deux moles de sulfate ferrique ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), donc

$$2 * M_{(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})} = 1123,2 \text{ g/mole.}$$

Détermination de la quantité du sulfate d'alumine ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) et celle de sulfate ferrique ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) dans la couche jaune du produit X on a 2 moles de sulfate ferrique et une mole de sulfate d'alumine.

$$665,96 + 1123,2 = 1789,16 \text{ g/mole}$$

#### **Pour le sulfate ferrique**

$$\frac{28 \times 1123,2}{1789,16} = 17,6 \text{ g}$$

#### **Pour le sulfate d'alumine**

$$\frac{28 \times 665,96}{1789,16} = 10,4 \text{ g}$$

### **Nombre de mole de chaque paramètre du produit X**

Nous avons l'intérêt à calculer le nombre de mole pour savoir par rapport aux résultats des analyses la concentration de chaque élément constitutif du produit X. Le nombre de mole est déterminé par la formule suivante :

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{Où } m : \text{masse de l'entité chimique et } M : \text{masse molaire de cette entité.}$$

$$n_{\text{SO}_4^{2-}} = \frac{m_{\text{SO}_4^{2-}}}{M_{\text{SO}_4^{2-}}} = \frac{25,36}{96} = 26,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \quad n_{\text{Fe}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}} = \frac{17,6}{55,8} = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

$$n_{Al^{3+}} = \frac{m_{Al^{3+}}}{M_{Al^{3+}}} = \frac{1,27}{26,98} = 5.10^{-5} mol/l$$

$$n_{Mg^{2+}} = \frac{m_{Mg^{2+}}}{M_{Mg^{2+}}} = \frac{0,24}{24,3} = 0,99.10^{-5} mol/l$$

$$n_{Ca^{2+}} = \frac{m_{Ca^{2+}}}{M_{Ca^{2+}}} = \frac{0,8}{40} = 2.10^{-5} mol/l$$

$$n_{Cl^-} = \frac{m_{Cl^-}}{M_{Cl^-}} = \frac{3,55}{35,5} = 0,1.10^{-5} mol/l$$

## I – 4 Décomposition thermiques du produit et d'autres produits de traitement de l'eau

Après les analyses du produit X effectuées ci-dessus, une étude thermique de deux couches de ce dernier est faite pour être comparée avec celle du sulfate d'alumine, sulfate ferrique et de l'hypochlorite de calcium qui nous permet d'avoir plus de renseignement sur la composition de ce produit.

### I – 4 – 1 Détermination de la teneur en eau de chaque produit séché

On va déterminer la teneur en eau du sulfate ferrique, sulfate d'alumine, de l'hypochlorite commercial supposé comme éléments constitutifs du produit X, ainsi que la couche jaune et blanche de ce dernier. Les poids de chaque produit relevés toutes les 10 minutes pendant 1 heure sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 5 : Perte en masse des produits séchés**

A 105 ° C					
Temps de calcination	Sulfate ferrique	hypochlorite	Sulfate d'alumine	Couche jaune	Couche blanche
10min	1g	1g	1g	1g	1g
10min	0,859g	0,94g	0,9554g	0,9691g	0,923g
10min	0,7901g	0,9251g	0,9452g	0,9537g	0,9126g
10min	0,7576g	0,9146g	0,9389g	0,9465g	0,9054g
10min	0,736g	0,9048g	0,9332g	0,9441g	0,8989g
10min	0,7268g	0,9021g	0,9311g	0,9441g	0,8977g

Ces valeurs sont traduites par les courbes suivantes :

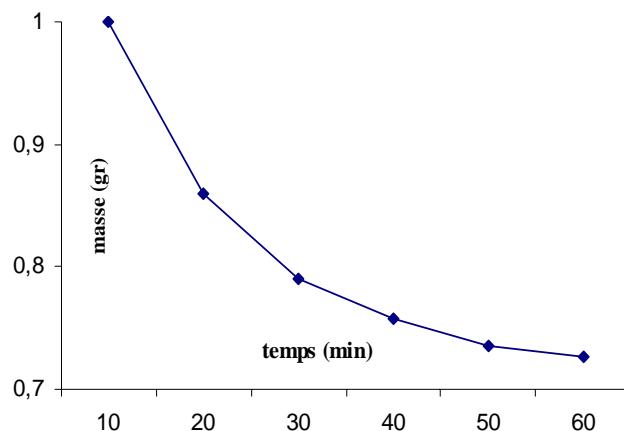


Figure 2 : Perte en masse du sulfate ferrique en fonction du temps

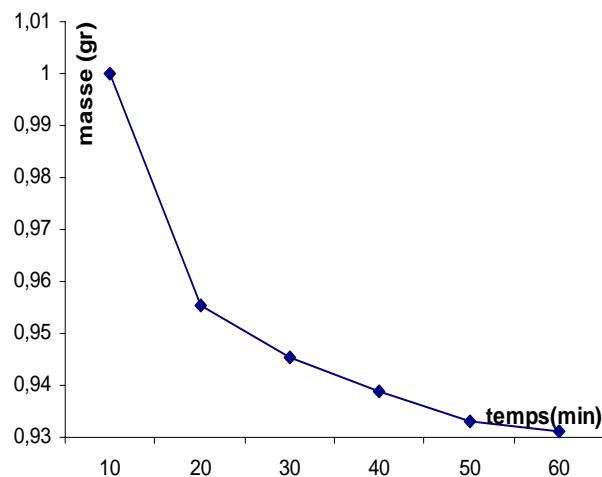


Figure 3 : Perte en masse du sulfate d'alumine en fonction du temps

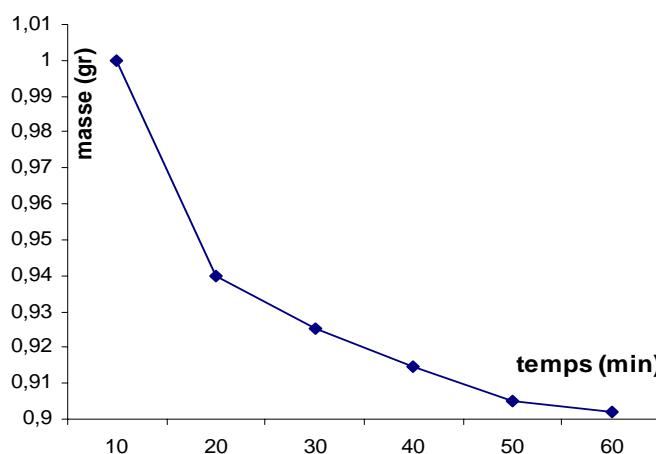


Figure 4 : Perte en masse de l'hypochlorite de calcium en fonction du temps

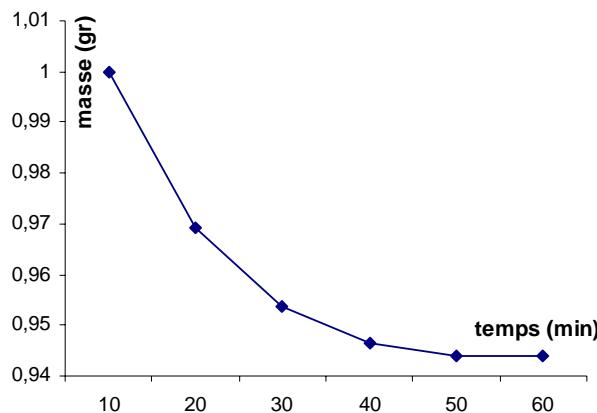


Figure 5 : Perte en masse de la couche jaune du produit en fonction du temps

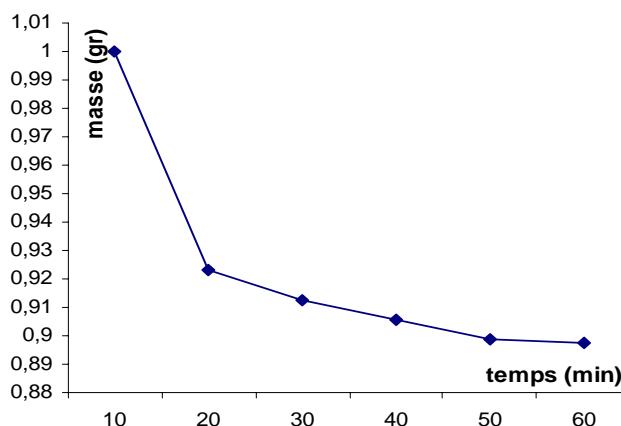


Figure 6 : Perte en masse de la couche blanche du produit en fonction du temps

A partir de ces valeurs qui ont été déterminées expérimentalement, nous pouvons déterminer la teneur en eau de chaque produit séché par la formule suivante :

$$H\% = \frac{(P_1 - P_2)}{P} \times 100$$

Où H% la teneur en pourcentage de l'eau dans chaque produit.

P<sub>1</sub> : Poids du cristallisoir contenant le produit avant étuvage

P<sub>2</sub> : le poids du cristallisoir contenant le produit après étuvage

P : le poids de la prise d'essai

### Expression des résultats

➤ Sulfate ferrique	$\frac{(39,1019 - 39,0640) \times 100}{1} = 3,79\%$
$\frac{(79,1144 - 78,8354) \times 100}{1} = 27,9\%$	➤ Sulfate d'alumine
➤ Couche jaune	$\frac{(54,5731 - 54,5478) \times 100}{1} = 2,53\%$

<p>➤ Hypochlorite de calcium</p> $\frac{(79,0695 - 79,0445) \times 100}{1} = 2,5\%$	<p>➤ Couche blanche</p> $\frac{(81,3647 - 81,3107) \times 100}{1} = 5,4\%$
---	--

### Interprétation

On a remarqué que le sulfate ferrique commercial contient plus de l'eau que le sulfate d'alumine commerciale ainsi que les autres produits séchés. De plus, la teneur en eau de l'hypochlorite de calcium est à peu près égale à celle du sulfate d'alumine.

La couche blanche est très hydroscopique, contrairement à la couche jaune ce qui explique sa forme pâteuse. .

### I – 4 – 2 Déterminations de la masse de chaque produit calciné

Nous savons par ailleurs qu'aux environs de 400°C et 950°C, chlore et le sulfate se décomposent successivement. Pour cela, nous allons effectuer une décomposition thermique de chaque produit pour savoir ses comportements aux environs de ces températures.

**Tableau 6 : Résultats obtenus après calcination**

Temps	Sulfate ferrique	Hypochlorite	Sulfate d'alumine	Couche jaune	Couche blanche
A 400°C					
1h30	0,7268g 0,5412g	0,9012g 0,399g	0,9311g 0,5458g	0,9441g 0,4215g	0,8977g 0,3335g
A 950 ° C					
1h30	0,5412g 0,1657g	0,399g 0g	0,5458g 0,1764g	0,4215g 0,350g	0,3335g 0g

### I – 4 – 3 Représentation graphique de la variation de masse de chaque produit calciné en fonction de la température.

A partir des valeurs obtenues au cours de la calcination présentées dans le tableau n°6, nous avons tracé les graphiques suivants.

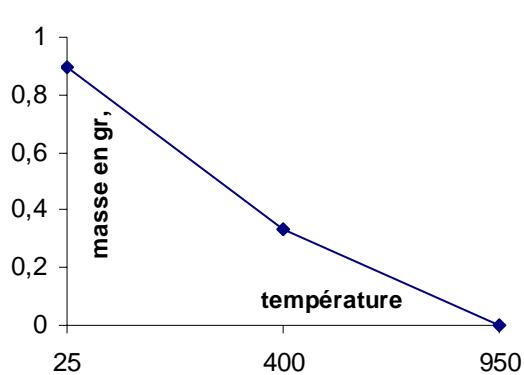


Figure 7 : Couche blanche du produit

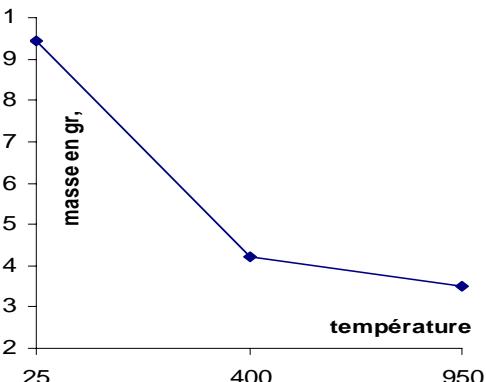


Figure 8 : Couche jaune du produit

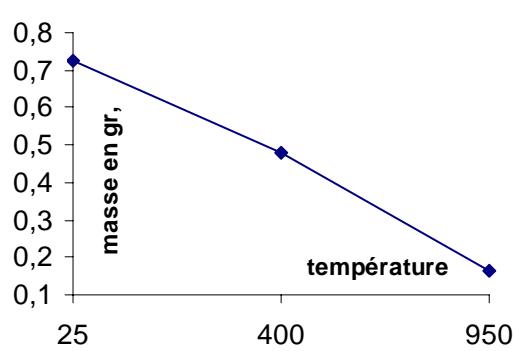


Figure 9 : Sulfate ferrique

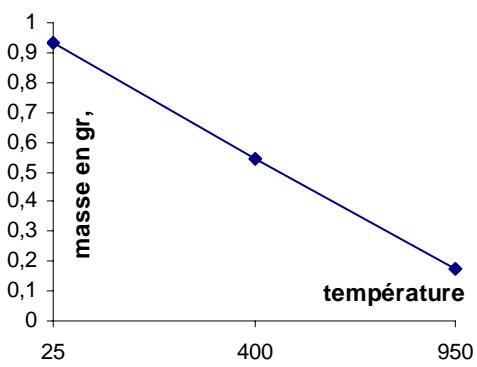


Figure 10 : Sulfate d'alumine

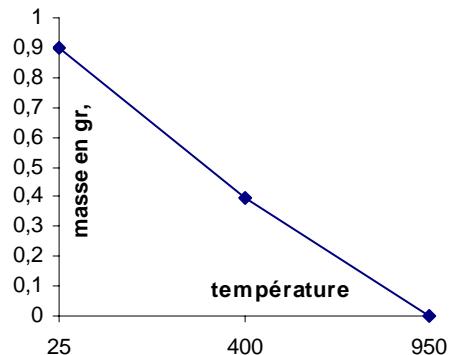


Figure 11 : Hypochlorite de calcium

### Remarque

On a constaté qu'après 30 minutes de calcination à 950°C, il y a une très grande quantité du fumée blanche qui se dégage avec une odeur piquante.

**La teneure en masse ou perte au feu est déterminée par la relation suivante.**

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_c} \times 100 \text{ Avec } m_1 : \text{PE + creuset avant calcination}, m_2 : \text{PE + creuset après calcination et}$$

$m_c$  : masse du creuset

### Expression des résultats :

➤ Sulfate ferrique :

$$\frac{79,1086 - 78,2743}{79,1086 - 78,1086} \times 100 = 83,43\%$$

➤ Couche jaune :

$$\frac{39,1619 - 38,5119}{39,1619 - 38,1619} \times 100 = 65\%$$

➤ Sulfate d'alumine :

$$\frac{54,6545 - 53,8309}{54,6545 - 53,6545} \times 100 = 82,36\%$$

➤ Hypochlorite de calcium :

$$\frac{79,1086 - 78,1086}{79,1086 - 78,1086} \times 100 = 100\%$$

➤ Couche blanche : 1g

$$\frac{81,3796 - 80,3796}{81,3796 - 80,3796} \times 100 = 100\%$$

### Interprétation

Après calcination à 950° C pour l'hypochlorite et la couche blanche toute la quantité calcinée est décomposée. Par contre pour le Sulfate ferrique il ne reste que 0,1657g, Sulfate d'alumine 0,1764g et Couche jaune 0,350g ; donc, ça prouve bien que la couche blanche est de l'hypochlorite de calcium.

## CHAPITRE II : ETUDE QUALITATIVE DE L'EAU TRAITEE PAR LE PRODUIT.

Pour connaître l'efficacité de ce produit, on a procédé à des essais de traitement d'eau au laboratoire de Vontovorona.

Des différents échantillons ont été prélevés dans divers sites. Les résultats des essais sont présentés dans les paragraphes suivants.

### ***II – 1 Etude qualitative du produit avec l'eau de rizière***

L'eau qui a été prélevée dans la rizière était troublée avec un pH = 5,9; une température de 21° C et une conductivité de 0,220 µs/cm

Pour respecter la dose préconisée par le promoteur, on a introduit 0,19g de produit dans un litre d'eau brute. Ensuite on a procédé à une agitation de la solution.

On a constaté que la couleur tend au jaune léger qui persiste pendant plusieurs heures. Et il n'y avait pas assez de formation de flocs. C'est après deux jours que l'eau s'est éclaircie et est devenue limpide.

Le pH final est de 6,02 avec une conductivité de 0,240µs/cm.

### ***II – 2 Etude qualitative du produit avec l'eau de rivière***

Les échantillons d'eau de rivière sont très troublés de couleur rouge. Ils présentent un pH de 6,9 ; une conductivité de 0,250µs/cm et une température de 23 ° C.

On a prélevé un litre d'eau brute et on y a dissout 0,19g du produit suivi d'une agitation. Après trois à cinq minutes d'agitation rapide, on constate une formation de flocs et après un reposé de 30 min il y a décantation et les eaux deviennent limpides avec un dépôt de flocs considérable par rapport à celui de l'eau de rizière.



Photo 8 : Eau brute de rivière



**Photo 9: Eau de rivière traitée par le produit X**

### ***II – 3 Etude qualitative du produit avec l'eau de robinet***

Cette eau qui est déjà claire et préalablement traitée par la JIRAMA ne réagit plus avec le produit, c'est-à-dire que quand on dissous 0,19g dans un litre, cette eau incolore, prend une coloration légèrement jaune orangé. Cette coloration persiste pendant deux à trois jours, des débris du produit se déposent au fond du récipient et l'eau reprend sa couleur initiale.

### ***II – 4 Etude qualitative du produit avec l'eau de pluie***

Cette eau de pluie qui a été recueilli directement dans une cuvette, présente le même aspect que l'eau du robinet, c'est-à-dire incolore et limpide.

Les résultats du traitement avec le produit ont été similaires.

### ***Conclusion***

Nous avons constaté que pour les eaux de couleur rouge c'est-à-dire très turbides, les ions ferriques et alumino-sulfates réagissent pour faire coaguler les particules en suspensions et les eaux deviennent limpides.

Par contre, pour les eaux claires, les ions ferriques et alumino-sulfates n'arrivent pas à avoir des sites pour réagir donc ils se dissolvent dans l'eau en faisant apparaître une légère coloration jaune qui persiste, mais qui ensuite se décolorent.

### ***II – 5 Etude expérimentale de l'effet de la variation de la température sur l'activité du produit***

Cette étude comparative de la température consiste à nous faire savoir l'effet de la variation de cette température sur l'activité du produit vis-à-vis des eaux de surface; à savoir la formation de flocs et le temps de la décantation puisque nous savons qu'à Madagascar comme ailleurs, il y a une variation

saisonnière de la température. Pour cette nous avons prélevé de l'eau de la rivière de Vontovorona qui présente une coloration rougeâtre.

En effet, la démarche est la suivante :

On a fait varier la température de 30°C, 23°C, 20°C, 15°C et 5°C ensuite pour chaque température on fait varier la concentration du produit.

On prélève dans chaque essai le temps de décantation de flocs.

Les valeurs obtenues sont traduites par les courbes suivantes.

### II – 5 – 1 Eau à une température de 30° C

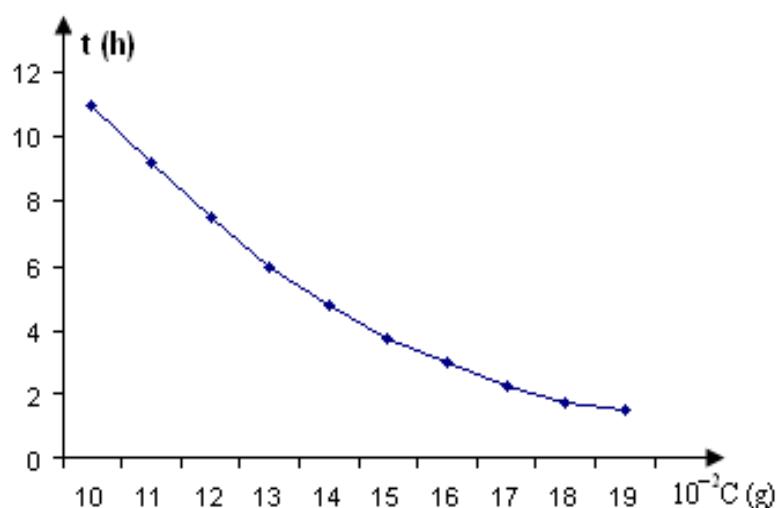


Figure 12 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 30°C

#### Interprétation

Nous avons remarqué que l'action du produit dans une eau chauffée à 30° C est rapide c'est-à-dire qu'il y a formation rapide des gros flocs quelques minute, après l'ajout du produit suivi d'une agitation. Mais le temps de décantation est très long et les flocs se décentent lorsque l'eau atteint une température qui est aux alentours de la température ambiante.

## II – 5 – 2 Eau à une température de 23°C

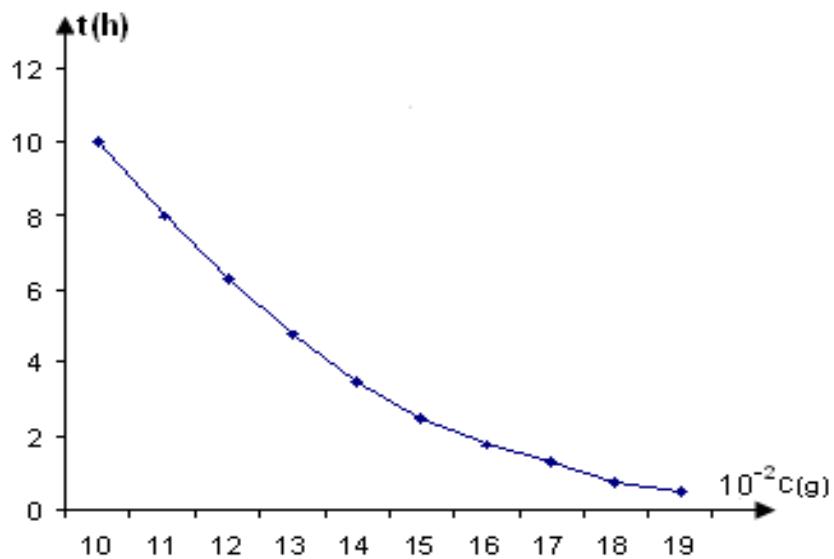


Figure 13 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 23°C

### Interprétation

Nous avons remarqué qu'avec cette température de 23° C en variant la masse de 0,19 à 0,16 g pour un litre l'eau, les eaux deviennent limpides comme l'indique la courbe. Mais à partir de 0,15g les eaux sont moins claires avec une moindre limpidité.

## II – 5 – 3 Eau à une température de 20 °C

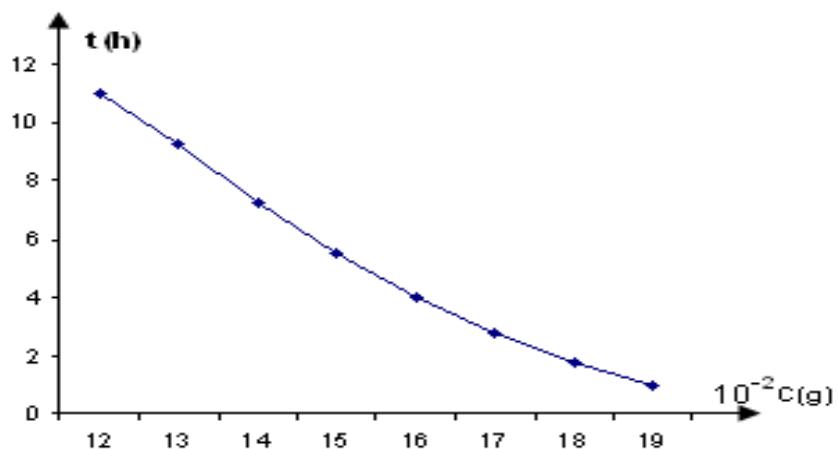


Figure 14 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 20°C

### Interprétation

Pour une température de 20° C, en prenant les mêmes concentrations que précédemment. Le temps de formation des flocs commence à être important et même le temps de décantation, mais l'eau s'éclaircir mieux avec une masse variant de 0,16g jusqu'à 0,19g.

### II – 5 – 4 Eau à une température de 15° C

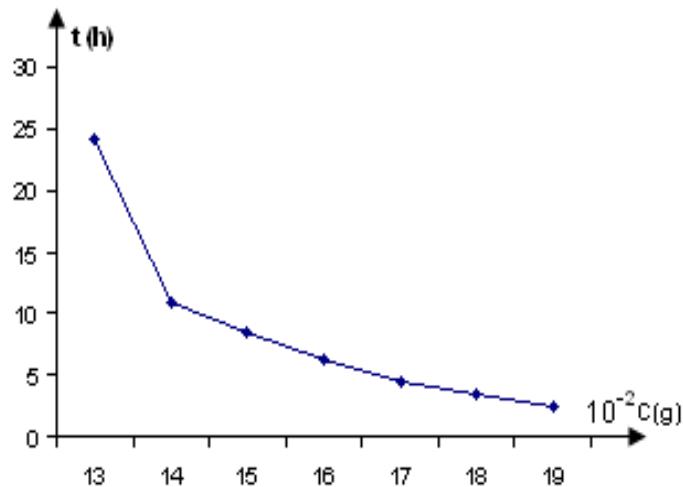


Figure 15 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 15°C

### Interprétation

Cette eau traitée présente toujours des particules en suspensions mais avec un long repos, elle arrive à s'éclaircir.

### II – 5 – 5 Eau à une température de 5°C

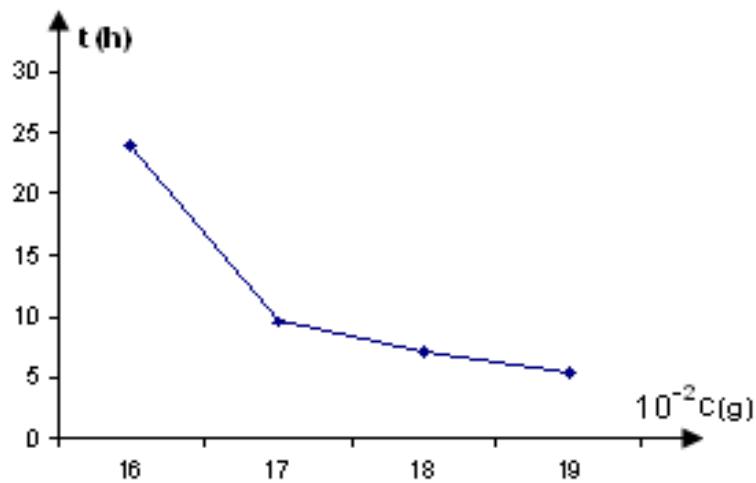


Figure 16 : Temps de la décantation en fonction de la concentration du produit à 5°C

### **Interprétation**

Pour une eau qui a une température de 5° C même avec une masse de 0,19g/l de ce produit, on n'arrive pas à éclaircir l'eau. Il y a toujours des particules colloïdales en suspension et l'eau reste trouble (comme une eau savonneuse mais sans mousse). Et il se forme de très petits flocs qui prennent beaucoup de temps pour se décanter.

### **Remarques**

Au fur et à mesure que la température de l'eau baisse (froide), la coagulation est défavorisée. C'est-à-dire qu'il y a des particules colloïdales qui peuvent rester en suspension dans l'eau pendant plus longtemps. Et l'eau est difficile à s'éclaircir. De même quand la température de l'eau tend à augmenter (chaude), la coagulation se fait plus rapidement mais le temps de la décantation est plus long. Il faut attendre jusqu'à ce que l'eau se refroidi. La décantation est favorisée seulement pour une température comprise entre 20 à 25° C.

## **Chapitre III : ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU TRAITEE PAR LE PRODUIT X**

### ***III – 1 Turbidité***

#### **III – 1 – 1 Définition**

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées comme par exemple les grains d'argiles, le fer qui développe une couleur rouge dans l'eau, les matières organiques, etc.

Elle est d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Elle peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur terrain par la méthode de SECCHI ou au laboratoire. Mais pour nous, nous avons effectué seulement la mesure au laboratoire.

#### **Mesure au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre :**

#### **III – 1 – 2 Principe**

Mesure de l'intensité de lumière diffractée par les particules en suspension de l'eau.

#### **III – 1 – 3 Méthodologie**

Avant toutes mesures, l'étalonnage de l'appareil se fait au moyen de l'éalon, ensuite rinçage de cuve qui est pratiqué à l'aide d'un turbidimètre avec l'eau à analyser. La cuve est remplie de l'eau pour éviter la formation de bulles d'air. On doit essuyer la cuve pour éviter les traces de doigts. La mesure s'effectue en choisissant la bonne gamme. Il y a plusieurs unités utilisées suivant le type de l'appareil utilisé comme : FTU, NTU, JTU.

1NTU = 1JTU = 8 gouttes de mastic

1FTU = 10NTU = 10JTU = 80 gouttes de mastic

#### **III – 1 – 4 Expression des résultats**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo : 105 NTU

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit X : 4,5 NTU

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit synthétique: 1,88NTU

Norme de potabilité pour la turbidité est : 5 NTU

### **III – 2 Conductivité**

#### **III – 2 – 1 Définition**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. L'intérêt de cette méthode ne réside pas dans une seule mesure mais dans une série de détermination qui permettront à remarquer les variations de composition pouvant survenir du fait d'infiltration d'eaux superficielles de minéralisation différentes.

Conductivité  $< 100\mu\text{s}/\text{cm}$  : minéralisation faible.

$100\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 200\mu\text{s}/\text{cm}$  : minéralisation faible

$200\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 333\mu\text{s}/\text{cm}$  : minéralisation moyenne accentuée

$333\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 666\mu\text{s}/\text{cm}$  : minéralisation moyenne

$666\mu\text{s}/\text{cm} < \text{conductivité} < 1000\mu\text{s}/\text{cm}$  : minéralisation importante

Conductivité  $> 1000\mu\text{s}/\text{cm}$  : minéralisation excessive

Une eau dont la conductivité est supérieure à  $1500\mu\text{s}/\text{cm}$ , est considérée comme inutilisable dans les zones irriguées. Et voici un tableau qui résume la relation entre conductivité et minéralisation.

**Tableau 7 : Relation entre conductivité et minéralisation**

Conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	Minéralisation ( $\text{mg/l}$ )
Conductivité inférieure à $50\mu\text{s}/\text{cm}$	$1,365 * \text{Conductivité } (\mu\text{s}/\text{cm} \text{ à } 20^\circ \text{ C})$
Conductivité comprise entre $50$ et $166\mu\text{s}/\text{cm}$	$0,921658 * \text{Conductivité } (\mu\text{s}/\text{cm} \text{ à } 20^\circ \text{ C})$
Conductivité comprise entre $166\mu\text{s}/\text{cm}$ et $333\mu\text{s}/\text{cm}$	$0,769574 * \text{Conductivité } (\mu\text{s}/\text{cm} \text{ à } 20^\circ \text{ C})$
Conductivité comprise entre $333\mu\text{s}/\text{cm}$ et $833\mu\text{s}/\text{cm}$	$0,715920 * \text{Conductivité } (\mu\text{s}/\text{cm} \text{ à } 20^\circ \text{ C})$
Conductivité comprise entre $833\mu\text{s}/\text{cm}$ et $10.000\mu\text{s}/\text{cm}$	$0,758544 * \text{Conductivité } (\mu\text{s}/\text{cm} \text{ à } 20^\circ \text{ C})$
Conductivité supérieure à $10.000\mu\text{s}/\text{cm}$	$0,850432 * \text{Conductivité } (\mu\text{s}/\text{cm} \text{ à } 20^\circ \text{ C})$

#### **III – 2 – 2 Expression des résultats**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo : la conductivité est de  $26\mu\text{s}/\text{cm}$

$$\text{Minéralisation est } 26 \times 1,365 = 35\text{mg/l}$$

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit X : la conductivité est de  $95,8\mu\text{s}/\text{cm}$

$$\text{Minéralisation est } 95,8 \times 0,921658 = 88\text{mg/l}$$

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit synthétique: la conductivité est de  $171,1\mu\text{s}/\text{cm}$

Minéralisation est de 157 mg/l

Norme de potabilité pour la conductivité est : 3000 $\mu$ s/cm

### **III – 3 Mesure du pH**

Il y a deux sortes de mesure de pH. Le premier serre à mesurer directement l'eau avec le PH-MÈTRE et le second nécessite des comparateurs, des plaquettes... et ceci se pratique au cas où le premier n'est pas disponible. Et nous nous avons effectué avec ce dernier.

#### **III – 3 – 1 Principe**

L'eau à analyser en présence du réactif colorimétrique prend avec les ions H<sup>+</sup>, une coloration dont l'intensité est proportionnelle à la concentration H<sup>+</sup>.

#### **III – 3 – 2 Matériels utilisés :**

- Comparateur standard
- Cuvettes graduées A/B
- Plaquettes étalon choisies dans la liste ci-dessous

#### **III – 3 – 3 Réactifs utilisés**

**Tableau 8 : Réactifs utilisés pour la deuxième méthode de la détermination du pH**

pH	Plaquette utilisée	Réactif à ajouter	Nombre de gouttes
3,7 à 5,3	Vert de bromocrésol	Vert de bromocrésol	6
5,2 à 6,8	Vert de bromocrésol	Rouge de chlorophénol	6
6 à 7,6	Bleu de bromothymol	Bleu de bromothymol	6
7 à 8,6	Rouge de phénol	Rouge de phénol	4
> 8,6	Phénolphthaleine	Phénolphthaleine	6

#### **III – 3 – 4 Méthodologie**

On a rincé une cuvette trois fois avec l'eau à analyser ensuite, on a rempli avec de l'eau à analyser jusqu'au trait B. après on ajoute le réactif colorimétrique, selon le tableau ci-dessus et on a bouché la cuvette en agitant la solution obtenue. Un comparateur du côté repère « réactif » est prêt. Avec le comparateur et une plaquette étalon choisie, le pH peut être déterminer en faisant coulisser la plaquette sous la fasse antérieure jusqu'à l'égalisation de l'intensité de couleur.

La comparaison de couleur face à la lumière mais non au soleil faisant suite, si la teinte de l'eau analysée est comprise entre celles de deux écrans colorés. La moyenne des valeurs correspondant à ces deux écrans sera prise. Lorsque le liquide à analyser est incolore, il est inutile d'utiliser deux

cuvettes. Lorsque le liquide à analyser est coloré, l'autre cuvette remplie de cette eau dans le comparateur est placée à coté de la précédente.

### **III – 3 – 5 Expression des résultats :**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo : pH = 6,59

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit X : pH = 6 ,2

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit synthétique: pH = 3,82

L'eau potable  $6,5 < \text{pH} < 9,0$

#### **Remarque**

Ces valeurs du pH ne répondent pas à la norme d'une eau potable, mais on peut les ramener en ajoutant soit de la chaux.

### ***III – 4 L'odeur***

L'eau potable doit être sans odeur, dès le jour de prélèvement jusqu'à une période de 10 jours dans une vase clos à la température de 26° C.

Ainsi, les odeurs proviennent soit des produit chimiques, soit des protozoaires, soit des matières organiques en décomposition. Et notre eau traitée par ce produit reste plus de 10 jours et on n'a senti aucune odeur.

### ***III – 5 La saveur***

Les eaux potables de bonne qualité doivent avoir une saveur agréable et appréciable.

Les goûts et les odeurs sont souvent caractérisés par un stade particulier du développement des algues liées à la fonction de reproduction :

- ❖ Si elle renferme une quantité trop forte de chlorure : elle sera saumâtre.
- ❖ Si elle renferme une quantité trop forte en magnésie : elle sera amère.
- ❖ S'il y a excès d'alumine : elle sera terreuse.
- ❖ Si elle est chargée en fer, elle sera métallique.

En effet, ce n'est pas l'habitude que l'on a du goût de certaines eaux qui doit faire considérer que cette eau est de bonne qualité. L'appréciation de la saveur complète utilement l'épreuve d'olfaction.

### ***III – 6 Azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ).***

#### **III – 6 – 1 Définition**

- ❖ L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir comme origine, le matière végétale des coures d'eau, la matière organique animale ou humaine ainsi que dans les rejets industriels.
- ❖ L'azote total ne représente pas la totalité de l'azote mais seulement l'ensemble de ses formes réduites organiques et ammoniacales, l'azote peut exister aussi sous forme d'azote nitreux et nitrique indépendamment de l'azote gazeux. Celle qui est retrouvée dans les eaux de surface peut avoir comme origine ; les rejets urbains, industriels et du lessivage des sols qui sont enrichis en engrais azotés.

#### **III – 6 – 2 Matériels et réactifs utilisés**

Bêcher, Pipette, spectrophotomètre ; de la soude (NaOH) et de la solution de Nessler.

#### **III – 6 – 3 Méthodologie**

On prépare trois différentes sortes d'échantillon :

#### **III – 6 – 4 Expression des résultats**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo : 0,16 mg/l

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit X: 0,15 mg/l

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit synthétique: 1,33 mg/l

### ***III – 7 Matière organique :***

#### **III – 7 – 1 Définition :**

C'est l'ensemble des éléments organiques en suspension d'origine animale ou végétale contenue dans l'eau.

#### **III – 7 – 2 Principe :**

L'opération consiste à mesurer en milieu alcalin la quantité d'oxygène enlevée au permanganate par les matières organiques d'origine animale et végétale contenues dans l'eau.

#### **III – 7 – 3 Matériels et réactifs utilisés**

Béchers, burettes, fiole jaugées

Permanganate : KMnO<sub>4</sub> N/80, Kmno<sub>4</sub> N/80

Solution saturée de bicarbonate de sodium : NaCHO<sub>3</sub>

$\text{H}_2\text{SO}_4 \frac{1}{2}$ : 50cc eau distillée + 50cc  $\text{H}_2\text{SO}_4$

### **III – 7 – 4 Méthodologie**

Dans 100ml d'eau à analyser est versé 5ml de bicarbonate de sodium saturé :  $\text{NaHCO}_3$ . La solution ne change pas sa couleur. Puis, cette solution est portée à l'ébullition. Quand elle est bouillie, 10ml de  $\text{KMnO}_4$  est versé là dedans pendant 10 minutes, la couleur de l'eau à analyser devient comme celle de  $\text{KmnO}_4\text{N}/80$ . En la laissant à refroidir, 5ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et 10 ml de sel de mohr sont y versés. La couleur de permanganate disparaît et c'est-à-dire la solution devient incolore.

Avant le dosage, la solution dans le bêcher est incolore. Le dosage se fait jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante. Après le dosage, la solution dans le bêcher devient rose persistant c'est le début du virage. Lorsque cette solution dans le bêcher se colore en rose persistante, il est à noter que le volume  $V_1$  est celui de  $\text{KmnO}_4$  versé pour le dosage. Recommençons les mêmes opérations avec de l'eau distillée au lieu de l'eau à analyser pour préparer le blanc. Et soit  $V_2$  le volume final versé de  $\text{KmnO}_4$ .

### **III – 7 – 5 Calculs**

$$\text{MO} = V_1 - V_2 \text{mg/l} \quad \text{le blanc } V_2 = 0,80\text{ml}$$

$$V'_1 = 2,3 \text{ ml l'eau brute de la rivière de Miarinarivo : } \text{MO} = 2,3 - 0,80 = 1,50 \text{ mg/l}$$

$$V''_1 = 2 \text{ ml l'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit X. } \text{MO} = 2 - 0,80 = 1,20 \text{ mg/l}$$

$$V'''_1 = 2,04 \text{ ml l'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit synthétique: } \text{MO} = 2,04 - 0,80 = 1,24 \text{ mg/l}$$

Norme de potabilité pour MO est : 2 mg/l

#### **Remarques**

Si la concentration en matières organiques d'une eau est inférieure à 1 mg/l alors cette eau est dite pure

Si elle est comprise entre 1 mg/l et 2 mg/l, elle est dite potable

Si elle est comprise entre 2 mg/l et 4 mg/l, elle est dite suspecte

Une eau est dite mauvaise si sa concentration en matière organique est supérieure à 4 mg/l.

### **III – 8 Le fer**

#### **III – 8 – 1 Définition**

Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à 0,5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine la lexiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles, dans les eaux de distribution, il

provient le plus souvent des conduites d'amenées. Le fer peut se rencontrer jusqu'à 10mg/l dans les eaux de sondage. Les eaux minérales et principalement les eaux thermominérales peuvent en contenir plus de 10mg/l. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Le fer de l'eau ne présente aucun inconvénient au point de vue physiologique. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j mais 60 à 70% seulement de la quantité ingérée par les aliments sont métabolisés indépendamment d'une saveur désagréable pouvant être perçue à partir de 0,05mg/l, le fer développe dans l'eau une turbidité rougeâtre peu engageante pour le consommateur.

### **III – 8 – 2 Principe**

En milieu ammoniacal, le dimethylglyoxine donne en présence du fer  $\text{Fe}^{2+}$  un complexe de coloration rose dont l'intensité est fonction croissante de la concentration.

### **III – 8 – 3 Matériels et réactifs utilisés**

Comparateur standard, cuvettes graduées A/B, bêcher, pipette de 2ml,

Plaquettes « Fer 0,006 à 1mg/l et Fer 0,3 à 5mg/l ».

Hydro sulfite de sodium (dithionite de sodium) réducteur de  $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

Ammoniaque 10% (colorant)

### **III – 8 – 4 Méthodologie**

100ml de l'eau à analyser est prélevée et est versée dans le becher. A cela s'ajoute une jauge de dithionite de sodium. Cela est suivie d'une agitation jusqu'à dissolution du réactif et puis un repos. Ensuite 16 à 20 gouttes de diméthylgloxine sont versées dans cette solution et l'agitent encore puis un autre repos est respecté. L'une des cuvettes est remplie de l'eau colorée et l'autre est pour l'échantillon à analysé. Les deux cuvettes sont placées dans le comparateur du côté repère réactif et on fait la lecture en comparant la couleur de cette solution avec celle des plaquettes étalons.

### **III – 8 – 5 Résultats**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo est de 0,50 mg/l.

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit X est de 0,00 mg/l.

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée avec le produit synthétique est de 0,03 mg/l.

Norme de potabilité pour le fer est de 0,5 mg/l

### **Remarques :**

La comparaison se fait à la partie supérieure pour « Fer 0,06 à 1mg/l » et à la partie antérieure pour « Fer 0,3 à 5mg/l ».

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

**Fer : norme de potabilité total  $\leq 0,5\text{mg/l}$**

### ***III – 9 Chlorure***

#### **III – 9 – 1 Définition**

La teneur de chlorure dans les eaux de surface varie selon la nature des terrains traversés. Habituellement, la teneur en ion chlore des eaux naturelles est inférieure à 50mg/l, mais elle peut subir des variations provoquées.

- ❖ Au niveau des zones industrielles elle est liée par les rejets des eaux usées.
- ❖ Dans les zones arides, elle est liée par un lessivage superficiel causé par les pluies.
- ❖ Au niveau des zones côtières, elle est liée par les infiltrations d'eau de mer surtout dans les nappes en particulier lors des pompages excessifs.

#### **III – 9 – 2 principe**

Les chlorures sont précipités par le nitrate d'argent sous forme de  $\text{AgCl}_2$ . Ainsi que la fin de la réaction est marquée par une apparition d'une teinte rouge brique de chromate d'argent (début du virage).

#### **III – 9 – 3 Matériels et réactifs**

-Fiole de 100ml, bêcher, pipette et burette.

- $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$  N/10.

#### **III – 9 – 4 Méthodologie**

On met 100ml de l'eau à analysé dans le bêcher et on ajoute 3 à 5 gouttes de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  suivi d'une agitation et du titrer avec le  $\text{AgNO}_3$  jusqu'au virage du jaune au rouge brique. Et soit V le volume de  $\text{AgNO}_3$ , d'où  $[\text{Cl}^-] = 35,5 \times V \text{ mg/l}$

#### **III – 9 – 5 Expression des résultats**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo  $V=0,14 \text{ ml}$   $[\text{Cl}^-] = 4,97 \text{ mg/litre}$

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit X  $V=0,1 \text{ ml}$   $[\text{Cl}^-] = 3,35 \text{ mg/litre}$

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit synthétique:  $V=0,23 \text{ ml}$   
 $[\text{Cl}^-] = 8,16 \text{ mg/litre}$

Norme de potabilité pour les chlorures est de 250 mg/l

**Remarque**

L'inconvénient du chlorure dans l'eau est la saveur désagréable qu'il apporte, surtout s'il s'agit du chlorure de sodium (Na Cl).

Elle peut être moins marquée en présence de magnésium et calcium. Il est aussi susceptible d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs, en particulier pour les éléments en acier inoxydable, pour lesquels les risques s'accroissent à partir de 50mg/l.

### ***III – 10 Sodium***

#### **III – 10 – 1 Définition**

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être variables. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques du chlorure de sodium, il peut provenir de la décomposition des sels minéraux comme le silicate de sodium ..., des retombés d'origine marine, de la venue d'eau salée dans les nappes aquifères.

#### **III – 10 – 2 Résultats**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo est de 3,45 mg/l.

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit X est de 13,83 mg/l.

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit synthétique est de 8,27 mg/l.

### ***III – 11 Sulfates***

#### **III – 11 – 1 Principe**

En milieu chlorhydrique, les sulfates peuvent être précipités sous forme de sulfate de baryum et le précipité obtenu est stabilisé par le « Tween 20 » ou de polyvinyl-pyrolidine, des suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

#### **III – 11 – 2 Réactifs**

- Solution de chlorure de baryum stabilisée par « Tween 20 »
- solution d'acide chlorhydrique HCl N/10.
- solution de « Tween 20 » à 25%.

#### **III – 11 – 3 Méthodologie**

On introduit successivement dans un bêcher :

- 39ml d'eau à analyser
- 1ml de HCl N/10
- 5ml de la solution de BaCl<sub>2</sub>

Dans les mêmes conditions une autre bêcher témoin est préparé en remplaçant le BaCl<sub>2</sub> par de l'eau distillée, les deux suivis d'une agitation et un repos de 15minutes, et puis une agitation de nouveau en faisant la lecture au spectromètre à la longueur d'onde  $\lambda = 650\text{mm}$ .

### **III – 11 – 4 Expression des résultats**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo est de :  $[\text{SO}_4^{2-}] = 4,34\text{mg/litre}$

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit X est de :  $[\text{SO}_4^{2-}] = 23,51\text{mg/litre}$

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit synthétique est de :  
 $[\text{SO}_4^{2-}] = 39,37\text{mg/litre}$

Norme de potabilité pour les sulfates est de 250 mg/l

## **III – 12 Nitrite**

### **III – 12 – 1 Principe**

En milieu acide pH = 1,9; la diazotation de l'amino4-benzène sulfonamide, par les nitrates en présence du dichlorohydrate de N ( naphtil 1 diamino 1,2 éthane donne un complexe rose susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde  $\lambda = 540\text{ nm}$

### **III – 12 – 2 Réactifs**

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>      d = 1,17

Le H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> est dilué 10 fois avec une stabilité de six mois dans un flacon brun. On prend une solution mère de 0,4922g de NaNO<sub>3</sub> pour un litre d'eau distillée (séchée préalablement à 105°C pendant deux heures)

Il est à préparer une solution diluée 100 fois avec 10 millilitre de solution mère dans un litre d'eau distillée.

### **III – 12 – 3 Mode opératoire**

On prélève 50 ml de l'eau à analyser puis 1ml de la solution colorée de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Quelques minutes après, la mesure dans la spectrophotométrie à la longueur d'onde  $\lambda = 540\text{ nm}$

### **III – 12 – 4 Expression de résultats**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo est de 0,00 mg/l.

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit X est de 0,00 mg/l.

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit synthétique est de 0,00 mg/l.

### **III – 13 Nitrates**

#### **III – 13 – 1 Principe**

En présence de salicylate de sodium, les  $\text{NO}_3^-$  donne du paranitro-salicylate de sodium coloré en jaune et accessible d'un dosage colorimétrique.

#### **III – 13 – 2 Réactifs**

Solution de salicylate de sodium 0,5% à renouveler toutes les 24 heures.

Acide sulfurique concentré

Solution de NaOH

Hydroxyde de sodium 400 g

Eau distillée

#### **III – 13 – 3 Mode opératoire**

On introduit 100 ml de l'eau à analyser dans un bêcher et puis une alcalinisation faible est faite avec la solution de soude, ensuite 1 ml de solution de salicylate de sodium avec une préparation d'un témoin dans lequel l'eau à analysée est remplacée par de l'eau distillée.

On effectue une évaporation à sec dans un bain marie ou étuve dans 80°C. Après refroidissement, on introduit 2 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré et un repos de 10 minutes

On ajoute 15 ml d'eau distillée, 15 ml de NaOH pour développer la couleur jaune.

Lecture au spectrophotomètre pour  $\lambda = 415 \text{ nm}$ .

#### **III – 13 – 4 Expression des résultats**

L'eau brute de la rivière de Miarinarivo est de 2,24 mg/l.

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit X est de 0,00 mg/l.

L'eau de la rivière de Miarinarivo traitée *avec* le produit systématique est de 0,00 mg/l.

**Tableau 9 : Récapitulation des résultats d'analyse de l'eau brute de la rivière de Miarinarivo**

paramètres	valeur	unité	VMA N.M.
<b>Paramètres organoleptiques</b>			
Aspect	trouble		Limpide
Couleur	Jaunâtre		Incolore
Odeur	Absence		Absence
Turbidité	105	NTU	5
<b>Paramètres physico-chimiques</b>			

Température	19	° C	25
pH	6,59		6,5 - 9,0
Conductivité à 20 ° C	26	µ s/cm	3000
Minéralisation	35	Mg/l	
Dureté TH	1,50	°F	50
TH Ca	0,70	°F	
Alcalinité TA	0,00	°F	
TAC	1,20	°F	
M O	1,50	Mg O <sub>2</sub> /l	2
<b>Substances cationiques</b>			
Calcium Ca <sup>++</sup>	2,80	mg/l	
Magnésium Mg <sup>++</sup>	1,94	mg/l	
Sodium Na <sup>+</sup>	3,45	mg/l	
Potassium K <sup>+</sup>		mg/l	12
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,16	mg/l	0,5
Fer Fe <sup>++</sup>		mg/l	0,5
Fer total Fe <sup>++</sup> , Fe <sup>+++</sup>	0,50	mg/l	0,5
Manganèse Mn <sup>++</sup>		mg/l	0,05
Aluminium Al <sup>+++</sup>		mg/l	0,2
<b>Substances Anioniques</b>			
Carbonates CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	mg/l	
Bicarbonate HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14,64	mg/l	
Chlorures Cl <sup>-</sup>	4,97	mg/l	250
sulfates SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	4,34	mg/l	250
Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,00	mg/l	0,1
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,24	mg/l	50
Phosphate PO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		mg/l	5
Fluorures F <sup>-</sup>		mg/l	1,5
Hydroxyde OH <sup>-</sup>	0,00	mg/l	
<b>Substances toxiques</b>			
Arsenics totaux As		mg/l	0,05
Cyanures totaux Cn		mg/l	0,005
Chromes totaux Cr		mg/l	0,05

**Tableau 10 : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau traitée par le produit X**

paramètres	valeur	unité	VMA N.M.
<b>Paramètres organoleptiques</b>			
Aspect	Claire		Limpide
Couleur			Incolore
Odeur	Absence		Absence
Turbidité	4,5	NTU	5
<b>Paramètres physico-chimiques</b>			
Température	20,2	° C	25
pH	6,2		6,5 - 9,0
Conductivité à 20 ° C	95,8	µ s/cm	3000
Minéralisation	88	Mg/l	
Dureté TH	0,70	°F	50
TH Ca	0,50	°F	
Alcalinité TA	0,00	°F	
TAC	1,30	°F	
M O	1,20	Mg O <sub>2</sub> /l	2
<b>Substances cationiques</b>			
Calcium Ca <sup>++</sup>	2,00	mg/l	
Magnésium Mg <sup>++</sup>	0,49	mg/l	
Sodium Na <sup>+</sup>	13,83	mg/l	
Potassium K <sup>+</sup>		mg/l	12
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,15	mg/l	0,5
Fer Fe <sup>++</sup>		mg/l	0,5
Fer total Fe <sup>++</sup> , Fe <sup>+++</sup>	0,00	mg/l	0,5
Manganèse Mn <sup>++</sup>		mg/l	0,05
Aluminium Al <sup>+++</sup>		mg/l	0,2
<b>Substances Anioniques</b>			
Carbonates CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	mg/l	
Bicarbonate HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15,86	mg/l	
Chlorures Cl <sup>-</sup>	3,55	mg/l	250
sulfates SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	23,51	mg/l	250
Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,00	mg/l	0,1
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	mg/l	50

Phosphate $\text{PO}_4^{3-}$		mg/l	5
Fluorures $\text{F}^-$		mg/l	1,5
Hydroxyde $\text{OH}^-$	0,00	mg/l	
<b>Substances toxiques</b>			
Arsenics totaux As		mg/l	0,05
Cyanures totaux Cn		mg/l	0,005
Chromes totaux Cr		mg/l	0,05

### Interprétation

On a remarqué que les eaux traitées par les divers produits (produit X et produit synthétique) et analysées au laboratoire de la JIRAMA, (Département Qualité Eau) répondent aux normes des eaux potables, sauf pour le pH.

Ainsi, ces valeurs sont dues à la présence d'acides minéraux ou organiques contenus dans l'eau brute ainsi que l'ajout des adjuvants de coagulation et floculation qui libèrent de l'acidité. Ce dernier peut être normalisé par un ajout de la chaux ou un adjuvant de désinfectant qui peut libérer l'ion hydroxyde OH.

## Chapitre IV :

## ETUDE BACTERIOLOGIQUE

Des analyses microbiologiques de l'eau permet de déterminer la présence de pollution fécal animale ou humaine; elle est également un excellent moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou traitement. Et, elle s'effectue en particulier au laboratoire d'hygiène des aliments et de l'environnement de l'INSTITUT PASTEUR DE MADAGASCAR.

### ***IV – I Mode de prélèvement***

#### **Pour les eaux de boisson :**

- Avant le prélèvement, on laisse couler l'eau à plein jet pour vide la canalisation de l'eau qui y stagnait. S'il s'agit d'un approvisionnement récemment mis en service ce pompage préalable doit être porté à 30heures.
- Le prélèvement sera effectué de préférence à un robinet de bon calibre, en cuivre.
- Pour le remplissage, on flambe l'orifice du robinet, on débouche le flacon, on en flambe rapidement l'orifice puis l'on recueille l'eau. Chaque prélèvement est identifié.

#### **Pour les eaux de baignade :**

Les prélèvements doivent être :

- étagés : surface, mi-profondeur, profondeur
- étalés : près des bords, loin des bords

Et il y a plusieurs paramètres à respecter au plus juste pour que l'échantillon soit accepté par les receveurs du laboratoire de l'Institut Pasteur de Madagascar qui sont :

- Le prélèvement se fait dans un flacon stérile de 500ml ou 1000ml à usage unique disponible au LHAE de l'Institut Pasteur.
- Respecter les consignes de prélèvement (manipulations stériles).
- Maintenir la chaîne de froid (+4 ° C) du lieu de prélèvement jusqu'au laboratoire (en caisse isotherme).
- Acheminer le prélèvement jusqu'au laboratoire dans un délai ne dépassant pas les 24 heures (8 heures pour les eaux embouteillées en usine).

### ***IV – 2 Résultats d'analyse***

Les résultats d'analyse de l'eau traitée et non traitée sont résumés dans les tableaux suivants.

**Tableau 11 : Résultats d'analyse microbiologique de l'eau brute**

N° d'échant.	1269-1	Normes
V/Réf. Echant.	Rivière de Miarinarivo	
Bactéries Coliformes/100ml	$>1,1.10^3$	NF T 90-413
Escherichia coli/100ml	$>1,1.10^3$	NF T 90-413
Entérocoques Intestinaux/100ml	$2,4.10^2$	NF T 90-411
Salmonella/1000ml	A	ISO 6340

**Tableau 12 : Résultats d'analyse microbiologique de l'eau traitée par le prosuit X**

N° d'échantillon	1048-1	critères	Normes
V/Réf. Echant.	Vontovorona-20/03/07		
Microorganismes revivifiables à 22 C	2	V*	NF EN ISO 6222
Microorganismes revivifiables à 37 C	2	V*	NF EN ISO 6222
Bactéries Coliformes	< 1	0/100ml	NF EN ISO 9308-1
Escherichia Coli	< 1	0/100ml	NF EN ISO 9308-1
Entrérocoques Intestinaux	< 1	0/100ml	NF EN ISO 7899-2
Anaérobies Sulfito-Réducteurs	< 1	0/100ml	NF EN 26461-1
Vibrio	A	0/100ml	Protocole CNR Paris
salmonella	A	A/1000ml	ISO 6340

V\* : variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle

A : Absence

#### ***IV – 3 Interprétation des résultats :***

Ces résultats d'analyse microbiologique fournis par le laboratoire de l'Institut Pasteur de Madagascar, nous permettent de dire que ce produit est très efficace pour le traitement des eaux de surface, car, il arrive à éliminer les microorganismes présentent dans cet eau qui est hors normes en la rendant bactériologiquement potable.

## Chapitre V : ESSAI SYNTHETIQUE

A partir des résultats d'analyse du produit X que nous avons effectué, nous avons fabriqué un produit similaire (du sulfate ferrique, d'alumine, de la chaux et de l'hypochlorite de calcium) . Ainsi, ce produit nous donne des résultats d'analyse physico- chimiques qui répondent à la norme d'eau potable à part le pH. Mais ce dernier peut être ajusté par l'ajout d'une petite quantité de chaux.

Par contre, les résultats microbiologiques sont hors normes à cause d'une erreur produite au cours de l'homogénéisation des produits constitutifs pour le premier essai. Donc nous avons effectué un deuxième essai pour confirmer cette hypothèse.

### ***Résultats de l'eau traitée par ce produit***

Dans le tableau suivant, on présente les résultats d'analyse physico-chimique d'une eau traitée par le produit synthétique.

**Tableau 13 : Résultats d'analyse physico-chimique de l'eau traitée par le produit systématique**

paramètres	valeur	unité	VMA N.M.
<b>Paramètres organoleptiques</b>			
Aspect	Limpide		Limpide
Couleur			Incolore
Odeur	Absence		Absence
Turbidité	1,88	NTU	5
<b>Paramètres physico-chimiques</b>			
Température	21,8	° C	25
pH	3,82		6,5 - 9,0
Conductivité à 20 ° C	171,1	µ s/cm	3000
Minéralisation	157	Mg/l	
Dureté TH	4,60	°F	50
TH Ca	3,50	°F	
Alcalinité TA	0,00	°F	
TAC	0,80	°F	
M O	1,24	Mg O <sub>2</sub> /l	2
<b>Substances cationiques</b>			
Calcium Ca <sup>++</sup>	14,00	mg/l	
Magnésium Mg <sup>++</sup>	2,67	mg/l	

Sodium Na <sup>+</sup>	8,27	mg/l	
Potassium K <sup>+</sup>		mg/l	12
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,33	mg/l	0,5
Fer Fe <sup>++</sup>		mg/l	0,5
Fer total Fe <sup>++</sup> , Fe <sup>+++</sup>	0,03	mg/l	0,5
Manganèse Mn <sup>++</sup>		mg/l	0,05
Aluminium Al <sup>+++</sup>		mg/l	0,2
<b>Substances Anioniques</b>			
Carbonates CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	mg/l	
Bicarbonate HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,76	mg/l	
Chlorures Cl <sup>-</sup>	8,16	mg/l	250
sulfates SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	39,37	mg/l	250
Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,00	mg/l	0,1
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	mg/l	50
Phosphate PO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		mg/l	5
Fluorures F <sup>-</sup>		mg/l	1,5
Hydroxyde OH <sup>-</sup>	0,00	mg/l	
<b>Substances toxiques</b>			
Arsenics totaux As		mg/l	0,05
Cyanures totaux Cn		mg/l	0,005
Chromes totaux Cr		mg/l	0,05

Après les analyses physico-chimiques de l'eau traitée par le produit synthétique, nous avons effectué des analyses bactériologiques au laboratoire de l'Institut Pasteur de Madagascar pour savoir si cette eau traitée par ce dernier répond ou non aux normes de potabilité d'eau.

Le tableau N°14, nous présente des résultats d'analyse microbiologique de cette eau traitée par le produit synthétique.

**Tableau 14 : Résultats microbiologiques de l'eau traitée par le produit systématique**

N° d'échant.	2222 – 1	Critères (m)	Normes
V/Réf. Echant.	Eau traitée de Vontovorona		
Bactéries Coliformes	< 1	0/100 ml	NF EN ISO 9308-1
Escherichia colil	< 1	0/100 ml	NF EN ISO 9308-1
Entérocoques Intestinaux	1,6.10 <sup>1</sup>	0/100 ml	NF EN ISO 7899-2
Vibrio	A	0/100 ml	Protocole CNR Paris

Microorganismes revivifiables à 22°C	$1,8 \cdot 10^1$	V*	NF EN ISO 6222
Microorganisme revivifiable à 37°C	6	V*	NF EN ISO 6222
Anaérobiose sulfito-réducteurs	< 1	0/100 ml	NF EN 26461-2
<b>Conclusion. Echantillon</b>	<b>Non potable</b>		

Ces résultats ne répondent pas aux normes de potabilité d'une eau. Ceci peut être dû à une non homogénéisation des éléments constitutifs de ce produit.

Ceci nous amène à reprendre un deuxième essai de préparation du produit synthétique. Pour cela, nous avons ajouté de la chaux pour corriger le pH acide. Le pH de l'eau après traitement est augmenté jusqu'à 7,9.

Les résultats d'analyse microbiologique de ce deuxième essai sont consignés dans le tableau N°15.

**Tableau 15 : Résultats d'analyse bactériologique d'un deuxième échantillon**

N° d'échant.	2222 – 1	Critères (m)	Normes
V/Réf. Echant.	Eau traitée de Vontovorona		
Bactéries Coliformes	<b>1.10<sup>1</sup></b>	0/100 ml	NF EN ISO 9308-1
Escherichia coli	< 1	0/100 ml	NF EN ISO 9308-1
Entérocoques Intestinaux	< 1	0/100 ml	NF EN ISO 7899-2
Vibrio	A	0/100 ml	Protocole CNR Paris
Microorganismes revivifiables à 22°C	<b>1,2.10<sup>2</sup></b>	V*	NF EN ISO 6222
Microorganisme revivifiable à 37°C	$1.10^1$	V*	NF EN ISO 6222
Anaérobiose sulfito-réducteurs	< 1	0/100 ml	NF EN 26461-2

Ces résultats montrent que cette eau ne répond pas aux normes de potabilité grâce aux deux paramètres indiqués en caractère gras dans le tableau N°15.

En effet, la majorité des microorganismes est oxydée à l'exception de ces deux paramètres que nous pouvons les corrigés en augmentant un peu la concentration de l'hypochlorite de calcium (qui joue le rôle de désinfectant) et en diminuant la chaux.

## **CONCLUSION GENERALE**

Dans ce travail, nous avons étudié l'utilisation d'un nouveau produit importé, destiné au traitement des eaux naturelles de surface pour obtenir de l'eau potable , en particulier dans les petites collectivités isolées.

Après une étude bibliographique sur l'eau potable, les normes de potabilité, les problèmes de l'alimentation en eau à Madagascar, les procédé de traitement physico-chimiques d'eau potable, nous avons d'abord caractérisé le produit.

Il est constitué par des plaquettes à double couche enveloppées de papier aluminium et présenté en boite de 20unités.

Chaque plaquette de masse unitaire 38g est constitué d'une couche jaune de masse 28g et d'une couche blanche de masse 10g. Une plaquette est destinée selon les fournisseurs au traitement de 200 litres d'eau.

Nous avons analysé séparément la couche jaune et la couche blanche au laboratoire de JIRAMA département qualité eau.

En tenant compte de la nature des principaux constituants pour le traitement physico-chimique et la stérilisation des eaux destinées à la consommation humaine, ainsi que des résultats des analyses effectuées, on peut penser que la couche blanche est constituée principalement d'hypochlorite de calcium et la couche jaune d'un mélange de sulfate ferrique, de sulfate d'alumine et de chaux.

Le produit contient sans doute également des composés servant de liant et de floculant mais nos possibilités d'analyse ne nous ont pas permis de préciser la nature et la concentration de ces composés.

Nous avons également déterminé les pertes en masse de chaque couche aux températures de 105° C, 400° C et 950° C.

Pour vérifier la composition globale que nous avons supposée, nous avons effectué des études comparatives du comportement des produits de couche jaune et blanche avec le comportement de l'hypochlorite de calcium, de sulfate d'alumine, de sulfate ferrique du commerce.

Nous avons ensuite étudié l'utilisation de ce produit pour le traitement de l'eau.

-Nous avons commencé par une *étude qualitative* sur une eau de rizière, une eau de la rivière de Miarinarivo en saison de pluie (décembre – janvier) et (sèche avril mai).

-Nous avons également étudié l'effet du produit sur des eaux claires (propres); eau de robinet JIRAMA et eau de pluie.

Les résultats montrent que pour les eaux très colorées et très turbides, le produit donne une eau traitée incolore et transparente. Par contre avec des eaux déjà incolores et transparentes, il leur communique une légère coloration jaunâtre.

Nous pensons que ceci peut s'interpréter par le fait que les ions ferriques non utilisés restent en solution et sont responsables de cette coloration jaune.

Lorsque l'eau contient des particules en suspensions coagulées par les ions fer ceux-ci disparaissent et la teneur en fer de l'eau traitée devient très faible. Ces remarques justifient le contrôle systématique des ions fer proposé par le fournisseur du produit, parmi les kits de contrôle.

Nous avons également étudié l'effet du produit avec des eaux de température variable.

Nous avons ensuite procédé à des *essais quantitatifs* en analysant les caractéristiques physico-chimiques des eaux brutes et des eaux traitées par ce produit, ainsi que leurs caractéristiques bactériologiques.

Ces analyses montrent que à partir des eaux de rivières très troubles de la rivière de Miarinarivo , on obtient de l'eau traitée incolore transparente et remplissant les conditions de potabilité physico-chimique, bactériologique pour être potable.

Pour confirmer l'intérêt de nos analyses, nous avons enfin, effectué des traitements d'eau brute avec des échantillons de composition synthétique inspiré par ces résultats.

Les analyses des eaux obtenues montrent que le produit permet d'obtenir des eaux satisfaisantes aux normes de potabilité, moyennant de faibles ajustements de teneurs des composants.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- 1 – ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES EAUX** reconnue d'utilité publique par décret du 4 juillet 1974, Centre National de documentation et d'information sur l'eau  
"La désinfection des eaux de consommation"      Etude technique de synthèse
- 2 – BONTOUX J.**  
Introduction à l'étude des eaux – eaux douces – eaux usées – eaux de boisson. 1993 – p 107
- 3 – CODE DE L'EAU MALGACHE** – loi 98 – 029 promulgué le 20 janvier 1999
- 4 – DEGREMONT**  
Mémento technique de l'eau – Formulaire – 1978.
- 5 – DEGREMONT**  
"Mémento technique de l'eau – Tome 1 – cinquième édition 1989
- 6 – DOMINIQUE MOLL**  
Agent de la qualité de l'eau – Grenoble eau pure – rendre l'eau potable.  
Bulletin scientifique paru le 17 octobre 2005
- 7 – FANJHANARIVO**  
Approvisionnement en eau potable à Madagascar  
Article dans Gazette de la Grande Ile. 28 septembre 2004
- 8 – FRANCOIS Brun**  
"Etat de l'art et prospection – Article concernant, Article sur les techniques de production d'eau potable à partir des fleuves. Septembre 2005".
- 9 – INSTITUT PASTEUR**  
"Milieu et réactifs de laboratoire Pasteur – Edition juin 1980".
- 10 – RAFIDISON Harivolatiana Lantoniaina et Mlle RAHANITRINIINA Haja Zoé**  
"Contribution à l'étude d'éléments pour un guide d'évaluation des zones sensibles : cas de l'écosystème lacustre du lac Alaotra"  
Mémoire de DEA en Chimie appliquée à l'Industrie et à l'Environnement. Département Génie Chimique, ESPA Université d'Antananarivo 2006
- 11 – RAKOTOMARIA Hantanianina**  
"Traitement des eaux usées d'une teinture textile de zone franche"  
Mémoire de DEA. ESPA Génie Chimique 2002
- 12 – RAMIARISOANANA HARISOLO Raoliarison Brizonila**  
"Adduction d'eau potable de Merikanjaka : étude de deux variante"  
Mémoire d'Ingénieur, Département Hydraulique ESPA Université d'Antananarivo 2005

**13 – RANAIVOSOA Andry Fenosoa**

"Contribution à la préservation de la potabilité des eaux dans la ville d'Antananarivo et ses environs".

Mémoire de DEA de Chimie Minérale et Chimie Appliquée. Etablissement d'Enseignement Supérieur des Sciences, Université d'Antananarivo, 2006

**14 – Rapport sur l'atelier d'uniformisation des indicateurs du secteur de l'eau et de l'assainissement**  
Ministère d'Energie et des Mines – Direction de l'eau et de l'assainissement – Antananarivo  
le 07 – 08 – 09 Octobre 1998

**15 – RASATATSIHOARANA Sergio Francesco**

"Etude de la qualité des eaux de consommation dans quelques régions de la province d'Antananarivo par la technique d'analyse par fluorescence X à réflexion totale" Mémoire de DEA. Faculté des Sciences Université d'Antananarivo Option : Physique Nucléaire 2003.

**16 – RASOLOFONIRINA Mamiseheno**

"Détermination de la qualité des eaux de consommation de la ville d'Antananarivo et d'autres villes de Madagascar et des eaux embouteillées par la méthode de la fluorescence X à réflexion totale, 2003

Thèse de 3<sup>ième</sup> cycle Université d'Antananarivo Faculté des Sciences Option : Physique Nucléaire, Physique Appliquée et théorique

**17 – <http://www.lennetech.com>**

**18 – <http://www.cnrs.fr>**

**19 – <http://www.smi-voyage-stante.com>**

**20 – <http://www.eaurmc.fr>**

## ANNEXES

### ANNEXE 1

#### TITRE HYDROTIMETRIE OU DURETE

##### Méthode au complexons III

###### 1- principe :

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'E.D.T.A. ou Acide Ethylène Diamine Tétra acétique (complexons III). La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique de la dureté totale : le noir d'ériochrome T la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

###### 2- Réactifs

###### Pour TH

Solution de noir d'ériochrome T dans l'alcool éthylique à 0,4% - NET

**Tampon TH:** chlorure d'ammonium 54g

Amoniaque à 25 % 350ml

Eau distillée 1000ml + dichromate de potassium pH = 10

Solution de complexons III N/50

###### Pour TH Ca

Patton et Reeder

Lessive de soude 3N pH= 12

Solution de complexons III N/50

###### 3°) Mode opératoire

Prélever 100 ml d'eau à analyser

- Ajouter 2 ml de tampon TH + quelques gouttes de NET (TH)
- Na OH 3N + quelques cristaux de Patton et Reeder (THCa)

Doser avec la solution de complexons III jusqu'au virage du rouge vineux au bleu-vert.

Vérifier qu'une goutte de complexons ne produit plus de tache bleu-vert.

###### 4°) Expression de résultats

Si V est le volume de l'EDTA, verser pour une prise d'essai de 100 ml,

La dureté totale, exprimée en °F = V ml

La dureté calcique, exprimée en °F = V ml

Masse de Ca/l = (THCa/5).20 mg/l

Masse de Mg/l = (THMg/5). 12, 5 mg/l      avec TH Mg = TH – THCa

## ANNEXE 2

### TITRE ALCALIMETRIE

#### **Définition**

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres Carbonates et bicarbonates.

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur en alcalis libres et en carbonates alcalins caustiques.

#### **Principe**

Les déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'indicateur coloré

#### **Réactifs**

Acide sulfurique  $H_2SO_4$ , N/50

Solution de phénophthaléine

Solution rouge de méthyle

#### **Mode opératoire**

Prélever 100 ml d'eau à analyser, dans un bêcher

Ajouter 2 à 3 gouttes d'hélianthine (jaune pour TAC)

Ajouter 2 à 3 gouttes de phénophthaléine (rose pour TA)

Titrer avec  $H_2SO_4$  (N/50) en agitant constamment jusqu'à :

Obtention du virage jaune à orange (TAC)

La décoloration complète de la solution (TA)

#### **Expression des résultats**

TAC = V ml de  $H_2SO_4$ , N/50 ( $^{\circ}F$ )

TA = V ml de  $H_2SO_4$ , N/50 ( $^{\circ}F$ )

Si  $TA > TAC$  : la partie de TH équivalente à l'alcalinité est appelée dureté carbonatée, le restant de la dureté non carbonatée.

Si  $TH \leq TAC$  il n'y a pas de dureté permanente, TH = dureté carbonatée

Dureté non carbonatée = Dureté permanente =  $TH -$  dureté carbonatée.

## **ANNEXE 3**

### **MATIERES ORGANIQUES**

#### **1°) Principe**

L'opération consiste à mesurer en milieu alcalin, la quantité d'oxygène enlevée au permanganate par les matières organiques d'origine animale ou végétale contenue dans une eau.

#### **2°) Matériels et réactifs utilisés**

- Burette, bêcher, fiole jaugée
- solution saturée de NaHCO<sub>3</sub>, KMnO<sub>4</sub> N/80, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>1/2, Sel de Mohr 5g/l

#### **3°) Mode opératoire**

Prélever 100ml d'eau à analyser,

Ajouter 5ml de NaHCO<sub>3</sub> saturé, porter à l'ébullition

Ajouter 10ml de KMnO<sub>4</sub> N/80, porter à l'ébullition pendant 10mn

Laisser refroidir, ajouter 5ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>1/2 et 10ml de Sel de Mohr 5g/l

Titrer avec KMnO<sub>4</sub> N/80 jusqu'à l'apparition d'une coloration rosée persistante

Soit V1 le volume de KMnO<sub>4</sub> N/80 verser pour ce dosage

Recommencer les mêmes opérations avec de l'eau distillée. Soit V2 le volume final verser

#### **4°) Expression des résultats**

L'oxydabilité des matières organiques au permanganate, exprimée en mg/l d'oxygène, est égale à

**V1 – V2** avec V1 le volume initial de KMnO<sub>4</sub> N/80 verser et V2 le volume final.

**ANNEXE 4**  
**DOSAGE DU CHLORURE**  
**METHODE VOLUMETRIQUE**

**1°) Principe**

Le nitrate d'argent précipite les chlorures sous forme de  $\text{AgCl}_2$ . La fin de la réaction est repérée par l'apparition de la couleur rouge brique d'argent.

**2°) Matériels et réactifs**

- Burette, bêcher, fiole de 100ml, pipette
- Nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$  N/10) et  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  à 10%

**3°) Préparation**

Solution de  $\text{AgNO}_3$  N/10 :

-Dissoudre 16,987g de  $\text{AgNO}_3$  dans un litre d'eau distillée.

Solution de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  à 10% :

-Peser 10g de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  ajouter de l'eau distillée jusqu'à 100g

**4°) Mode opératoire**

Prélever 100ml d'eau à analyser

Ajouter 3 à 5 gouttes de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$

Titrer avec la solution de  $\text{AgNO}_3$  N/10 jusqu'au virage au rouge brique

**4°) Résultats**

Soit  $V$  le volume de  $\text{AgNO}_3$  verser

$$[\text{Cl}^-] = 35,5 \times V(\text{mg/l})$$

## ANNEXE 5

### DOSAGE DES SULFATES ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

### METHODE SPECTROPHOTOMETRIQUE

#### 1) Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de « Tween 20 » ou de polyvinyl-pyrolidine ( $\text{C}_6\text{H}_9\text{ON}$ ) n, des suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

#### 2°) Matériels et réactifs

- Verrerie courante
- Spectrophotomètre UV réglé à 650nm
- solution de HCl (1/10)

Solution de tween 20 (25%) ou 5ml de PVC

- $\text{BaCl}_2$

#### 3°) Préparation

Solution de Tween 20 (25%) :

- Peser 25g de Tween 20 et compléter à 100g avec de l'eau distillée.

Solution de  $\text{BaCl}_2$  :

- Dissoudre 10g de  $\text{BaCl}_2$  dans 20ml de solution de Tween 20(25%). Puis compléter à 100ml par de l'eau distillée.

#### 4°) Mode opératoire

- Prélever 39 ml de l'eau à analyser
- Ajouter 1ml de HCl 1/10
- Ajouter encore 5ml de  $\text{BaCl}_2$  stabiliser par « Tween 20 » et agiter.
- Laisser au repos pendant 20 min, agiter à nouveau.

Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplacement l'eau à analyser par de l'eau distillée.

-En fin, effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 650nm.

#### Expression des résultats

Pour PE = 10 ml :  $[\text{SO}_4^{2-}]$  en mg/litre = valeur lue.

**ANNEXE 6**  
**DOSAGE DU FER TOTAL**  
**METHODE HYDROCURE**

**1) Principe**

En milieu ammoniacal, le dimethylglyoxime donne en présence du fer  $\text{Fe}^{2+}$  un complexe de coloration rose dont l'intensité est fonction croissante de la concentration.

**2°) Matériels et réactifs**

Becher de 250 ml, pipette de 2ml

Comparateur standard Cuvettes graduées A/B

Plaquette « fer 0, 06, à, 1mg/l » et « fer 0,3 à 5mg/l »

Hydrosulfite de sodium (dithionite de sodium) réducteur de  $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

Dimethylglyoxime : complexant des  $\text{Fe}^{2+}$

Ammoniaque 10%

**3°) Mode opératoire**

Prélever 100 ml d'eau à analyser

-ajouter une jauge de dithionite de sodium suivi d'une agitation jusqu'à dissolution total du réactif et laisser reposer pendant 2min.

- ajouter 2ml de dimethylglyoxime 0,5 %, agiter de nouveau et laisser reposer.

-ajouter 2ml d'ammoniaque 10% agiter encore et un autre repos.

Remplir l'un des cuvettes avec l'eau colorée et placer dans le comparateur du côté repère « réactif ».

Comparer la couleur de cette solution avec celle des plaquettes étalons. Lire la teneur au Fer correspondante en mg/l.

-en fin la lecture directe dans une plaquette de fer (0,3 à 5mg/l)

Remarques

La comparaison se fait à la partie supérieure pour « fer 0, 06, à, 1mg/l » et à la partie antérieure pour « fer 0,3 à 5mg/l »

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

**ANNEXE 7**  
**DOSAGE DE L'ALUMINE**  
**METHODE COLORIMETRIQUE**

**1) Principe**

**2°) Matériels et réactifs**

- Burette, bêcher, fiole de 100ml, pipette
- HCl 1N, nitrophénol 1%, d'acide thioglycolique, solution tampon

**3°) préparation**

Solution d'acide thioglycolique :

Diluer 0,5ml de HSCH<sub>2</sub>COOH concentré jusqu'à 50ml avec de l'eau distillée ; conserver au réfrigérateur, renouveler la solution pour chaque nouvelle série d'échantillon

**3°) Mode opératoire**

- prélever 50ml d'eau à analyser
- ajouter une goutte de nitrophénol 1%
- ajouter quelques gouttes de la solution de HCl 1N pour la décoloration
- ajouter 2ml d'acide thioglycolique
- et 10ml de solution tampon (acétate d'ammonium + aluminons +gomme arabique)
- mettre dans un bain thermostatique à 98 °C pour développer la couleur pendant 15 min
- après diluer à 100ml avec de l'eau distillée et en fin faire la lecture dans un spectrophotomètre.

## ANNEXE 8

### DOSAGE DE NITRATE ( $\text{NO}_2^-$ )

#### **Méthode spectrophotométrique**

#### **1) MATERIELS ET REACTIFS**

Verrerie courante

Spectrophotométrie UV réglé à 435 nm

Ammoniaque concentrée

Réactif de Zambelli

Solution étalon de  $\text{NO}_2^-$  à 0,0023 g/litre

#### **2) PREPARATION**

- Solution étalon de  $\text{NO}_2^-$  à 0,0023 g/litre

Dissoudre 0,4255 g de  $\text{KNO}_2$  dans 1000 ml d'eau distillée. Ajouter 1 ml de chloroforme pour avoir une meilleure conservation. Prélever 1 ml et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée.

- Réactif de Zambelli

Mettre dans une fiole jaugée de 100 ml, 26 ml de HCl concentré + 62,5 ml d'eau distillée. Dissoudre 0,5 g d'acide sulfanilique + 0,75 g de phénol cristallisé tout en chauffant légèrement au bain marie. Ajouter 13,5 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  et agiter jusqu'à dissolution. Refroidir et ajuster le volume à 100 ml par l'eau distillée.

#### **3) METHODOLOGIE**

PE = 50 ml d'eau à analyser

##### **1°) Tracé de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de fioles de 50 ml numérotées : T et 1 à 5, introduire :

Nombre de fioles	T	1	2	3	4	5
Sol étalon $\text{NO}_2^-$ (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée (ml)	50	49	45	40	35	30
Réactif Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2
Attendre 10 min						
Ammoniaque concentrée (ml)	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg $\text{NO}_2^-$ / litre	0	0,0046	0,230	0,46	0,69	0,92

Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 435 nm.

##### **2°) Mesure Spectrophotométrique sur l'eau à analyser**

Introduire dans un bécher, la PE de 50 ml d'eau à analyser. Traiter comme lors de l'établissement de courbe d'étalonnage.

**Pour PE = 100 ml :  $[\text{NO}_2^-]$  en mg/litre = valeur lue**

**ANNEXE 9**  
**DOSAGE DE NITRITE ( $\text{NO}_3^-$ )**

**Méthode spectrophotométrique****1) MATERIELS ET REACTIFS**

Verrerie courante

Spectrophotométrie UV réglé à 415 nm

Solution de salicylate de Na à 0,5%

$\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré

Tartrate double de Na et K et de NaOH

Solution étalon de  $\text{NO}_3^-$  à 0,005 g/litre

**2) PREPARATION**

- Solution étalon de  $\text{NO}_3^-$  à 0,0023 g/litre

Dissoudre 0,163 g de  $\text{KNO}_3$  dans 1000 ml d'eau distillée. Prélever 50 ml et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée

- Salicylate de Na

Peser 0,5 g de salicylate de Na et compléter à 100 g par de l'eau distillée (utilisable pour 24 heures seulement)

- Solution de tartrate double de Na et K et de NaOH

Dissoudre 400 g de NaOH + 60 g de tartrate double de Na et K dans 1000 ml d'eau distillée.

Refroidir (à conserver dans des flacons polyéthylène)

**3) METHODOLOGIE**

PE = 10 ml d'eau à analyser.

**1°) Tracé de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de fioles de 60 ml numérotées : T et 1 à 4, introduire

Numéro de fioles	T	1	2	3	4
Sol étalon $\text{NO}_3^-$ (ml)	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Salicylate de Na à 0,5% (ml)	1	1	1	1	1
Evaporer à sec à l'étuve réglée à 70 – 80°C					
$\text{H}_2\text{SO}_4$ concentré	2	2	2	2	2
Attendre 10 min et ajouter 15 ml d'eau distillée					
NaOH + tartrate de Na et K (ml)	15	15	15	15	15
Correspondance en mg de $\text{NO}_3^-$ /l	0	2,215	4,43	11,075	22,15

Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 415 nm.

2°) Mesure spectrophotométrique sur l'eau à analyser

Introduire dans un bécher de 60 ml, la PE de 10 ml d'eau à analyser

Tarer comme lors de l'établissement de la courbe d'étalonnage.

Pour PE = 10 ml :  $[\text{NO}_3^-]$  en mg/litre = valeur lue

**ANNEXE 10**  
**DETERMINATION DE PERTE AU FEU**

**Principe :**

**PF** = teneur totale de l'ensemble : eau de constitution des silicates hydratés + CO<sub>2</sub> des carbonates + soufre + matières organiques.

**Matériel :**

- Un creuset en porcelaine
- Un four à moufle à 900° C
- Un balance analytique
- Un dessiccateur
- PE = 1,5 grammes d'échantillon de matière à analyser

**Mode opératoire :**

Mettre le creuset dans le four à 900° C pendant 30mn et refroidissement dans le dessiccateur pendant 20mn.

Pesée : masse du creuset = m<sub>c</sub>

Mettre dans le creuset la masse de 1,5 grammes de PE d'échantillon de la matière à analyser.

Pesée : masse initiale (PE + creuset) = m<sub>1</sub> (avant calcination).

Mettre l'ensemble (PE + creuset) dans le four à 900° C pendant 4h

Refroidir dans le dessiccateur pendant 20mn

Pesée : masse finale (PE + creuset) = m<sub>2</sub> après calcination).

**Calcul de résultat :**

$$\% PF = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_c} \times 100$$

Nom et prénom: **HAOUTHAOU Mirhane**

**Thème : ETUDE D'UN NOUVEAU PRODUIT COMMERCIAL  
POUR LA PRODUCTION D'EAU POTABLE**

Nombre de page : **80**

Nombre de tableau : **15**

Nombre de figure : **16**

Nombre de photo : **09**

**Résumé**

Un nouveau produit commercial pour la production d'eau potable est étudié.

Ce produit présenté sous forme de plaquette ronde constituée de deux couches, capable de traiter chacune 200 litres d'eau, comporte à la fois, un coagulant, floculant et désinfectant.

Des analyses chimiques ont été effectuées : elles suggèrent que le produit contient de sulfate ferrique, de sulfate d'alumine, de la chaux, et de l'hypochlorite de calcium.

Des essais qualitatifs de traitement ont été effectués avec le produit sur diverses eaux turbides ou claires.

Des analyses physico-chimiques, microbiologiques, des eaux traitées par ce produit, effectuées au laboratoire de JIRAMA et Institut Pasteur de Madagascar, montrent que les eaux traitées remplissent les conditions physico-chimiques et bactériologiques de potabilité sauf le pH légèrement faible (pH = 6.2).

**Summarized**

A new commercial product for the production of drinking water is studied.

That produced presented under round tablet shape constituted of two layers, capable to treat each 200 liters of water, include at a time, a coagulant, floculant and disinfectant.

Some chemical analyses have been done: they suggest that the product contains ferric sulphate, of sulphate of alumina, the lime, and the hypochlorite of calcium.

The qualitative tests of treatment have been done with the product on various turbid or lucid waters. Of the physico - chemical, microbiological analyses, waters treated by this product, done to the laboratory of JIRAMA and Institute Pastor of Madagascar, show that the treated waters fill the physico - chemical and bacteriological conditions of potability except the slightly weak pH (pH = 6.2).

**Mot clé :** Eau de surface, nouveau produit, traitement, eau potable.

**Directeur du mémoire :** Monsieur **RAKOTOMARIA Etienne, Professeur Titulaire** à l'ESPA

**Adresse de l'auteur :** Lot IIE 67 BC Tsarahonenana Andraisoro Tana 101