



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
Mention : PROCEDES ET ECOLOGIE INDUSTRIELLE
Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme
de Master II en CHIMIE
Parcours : GENIE DE L'EAU ET GENIE DE
L'ENVIRONNEMENT (2GE)

Evaluation de la qualité d'une eau de
source : cas de la Source
d'Ambodiakondro eau de captage pour
JIRAMA AMBATONDRAZAKA

Présenté le 30 Novembre 2016 par :
RATOLOJANAHARY Tojo Mahenintsoa

Devant la commission d'examen composée de :

Président : Monsieur **ANDRIANAINARIVELO Mahandrimanana**, Maitre de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo

Examineur : Monsieur **RAJAONA RAFIHAVANANA Andrianaivoravelona**, Maitre de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo

Rapporteur : Monsieur **RAVELONANDRO Pierre Hervé**, Professeur Titulaire à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo

Master chimie
Recherche

Génie de l'eau
Génie de l'environnement



Remerciements

Je tiens à remercier, avant tout, Le Bon Dieu qui m'a offert la possibilité d'arriver à ce niveau d'études.

J'avoue mes vifs remerciements :

A Monsieur **RAHERIMANDIMBY Marson**, Professeur Titulaire et Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

A Monsieur **ANDRIANAINARIVÉLO Mahandrimanana**, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Chef de la Mention Procédés et Ecologies Industrielle PEI et Responsable du Parcours Matériaux qui m'a fait l'honneur de présider l'examen de ce mémoire malgré ses nombreuses responsabilités.

A Monsieur **RAJAONA RAFIHAVANANA Andrianaivoravelona**, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Responsable au sein du Laboratoire de l'URGPG qui a eu l'amabilité d'apporter ses compétences dans le jugement de ce travail.

A Monsieur **RAVELONANDRO Pierre Hervé**, Professeur Titulaire à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo et Responsable du Parcours « Génie de l'Eau et Génie de l'Environnement (2GE) pour m'avoir si bien encadré, son aide dans mon apprentissage, sa disponibilité, sa gentillesse et sa patience durant la réalisation de ce mémoire.

A Monsieur **RAZAFINDRAKOTO Hasina Malala**, Directeur Général et aussi à tous les personnels de la JIRAMA Ambatondrazaka, qui m'ont de même accueilli au sein de cette société et m'a aidé pendant mon stage.

Je tiens à remercier aussi ma famille, pour leur soutien moral et financier.

Merci à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Glossaires

- Bactéries** : Ce sont des êtres vivants unicellulaires microscopiques, se reproduisant par scissiparité et dont le noyau n'est pas délimité par une membrane, les bactéries sont des procaryotes
- Perméat** : C'est un liquide issu de la filtration membranaire, donc débarrassé de certaines substances
- Chlore résiduel total** : C'est la quantité totale de chlore, libre ou combiné, subsistant après temps de réaction normale de l'eau à la chloration
- Demande en chlore** : Dose de chlore pouvant être consommée par l'eau pour sa désinfection et pour la destruction des matières organiques.
- Chlore résiduel libre** : C'est le Chlore existant dans l'eau à la fin d'une période de contact déterminée, et qui peut réagir chimiquement et biologiquement comme acide hypochloreux ou ion hypochlorite
- Chloramine** : C'est le Produit résultant de la combinaison du chlore et de l'ammoniac d'origine organique ou inorganique

Liste des abréviations

EB	: Eau brute
F Ø	: Fonte de diamètre
ISO	: International Standard Organisation
JIRAMA	: JIro sy RAno Malagasy
MES	: Matière En Suspension
NF	: Norme Française
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit (Unité de Turbidité Néphélométrique)
OFSP	: Office fédéral de la santé publique
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
OSEC	: Ordonnance sur les substances étrangères et les composants
Q	: Débit
TDS	: Solide Dissous Totaux
UFC	: Unités Formant des Colonies

Liste des figures

Figure 1: Consommation en eau	3
Figure 2 : Cycle de l'eau	9
Figure 3: Unité de floculation avec séparation attenante des floes	13
Figure 4: filtration sur structure plane.....	14
Figure 5: Filtration sur lit.	14
Figure 6: Principe de l'osmose inverse	17
Figure 7 : Résultats des analyses physico-chimiques	21
Figure 8 : Plan synoptique.....	24
Figure 9 : Bassin de sédimentation	25
Figure 10 : Débitmètre	27
Figure 11 : Bâche de reprise.....	28
Figure 12: Hypochlorite de calcium.....	30
Figure 13: Lampe à souder.....	32
Figure 14: Type de courbe de Break Point.....	38
Figure 15: Courbe de Break Point.....	39
Figure 16 : pH	41
Figure 17 : MES	42
Figure 18 : Turbidité	42
Figure 19 : Conductivité	43
Figure 20 : TDS.....	43
Figure 21 : Paramètres Chimiques	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution de production et consommation	4
Tableau 2 : Données physico-chimiques en mg. L-1 et bactériologiques (UFC/100ml) des eaux souterraines de la région de Tillabéry	20
Tableau 3 : Qualité de l'eau produite à l'usine de traitement d'eau	23
Tableau 4 : Tuyau de conduite	25
Tableau 5 : Dimension du débitmètre	27
Tableau 6 : Résultats des essais de Break Point.....	38
Tableau 7 : Résultats physico-chimique	40
Tableau 8 : Résultats de l'analyse bactériologiques de l'eau brute	46
Tableau 9 : Résultats de l'analyse bactériologiques de l'eau traitée.....	46
Tableau 10 : Normes de potabilité Malagasy.....	II
Tableau 11 : Mode d'emploi su la mesure du pH	VI
Tableau 12 : Méthode de break pointe	VII
Tableau 13 : Qualité de l'eau	IX

Table de matières

INTRODUCTION	1
PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	5
CHAPITRE I : DONNÉES MONOGRAPHIQUES ET GÉNÉRALITÉS SUR LA SOCIÉTÉ JIRAMA	3
I-1 Consommation en eau	3
I-1-1 Consommation annuelle en eau dans la Région Alaotra Mangoro	3
I-1-2 Évolution de la production et de la consommation d'eau par district.....	4
I-2 Historique de la JIRAMA	4
I-3 Identification de la JIRAMA	6
CHAPITRE II: GÉNÉRALITÉ SUR L'EAU	7
II-1 Eau de source	7
II-2 Eau du robinet.....	7
II-3 Cycle de l'eau	8
CHAPITRE III: DIFFÉRENTS TYPES DE TRAITEMENT	10
III-1 Méthode de traitements des eaux.....	10
III-1-1 Filtrage	10
III-1-2 Procédés de potabilisation de l'eau	11
III-1-2-1 Prétraitement	11
III-1-2-2 Floculation et précipitation.....	11
III-1-3 Filtration	13
III-1-3-1 Filtration sur structure plane	13
III-1-3-2 Filtration sur lit.....	14
III-1-4 Les processus de traitement de l'eau potable	14
III-1-4-1 Dégrillage.....	14
III-1-4-2 Pré-chloration	15
III-1-4-3 Débourage	15
III-1-4-4 Décantation.....	15
III-1-4-4-1 Coagulation	15
III-1-4-4-2 Floculation.....	16
III-1-4-4-3 Contrôle.....	16
III-1-4-5 Filtration.....	16

III-1-4-6 Désinfection	16
III-1-4-7 Stockage	17
III-1-5 L'osmose inverse	17
III-1-6 La nanofiltration	17
III-1-7 L'ultrafiltration	18
CHAPITRE IV-ETUDES RECENTE SUR LA QUALITE DE L'EAU DE SOURCE ..	19
IV-4-1 Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifère de la région de Tillabery	19
IV-4-2 Qualité des eaux des sources et des puits dans les quartiers périphériques de Brazzaville Sud	20
IV-4-2-1 Matériels et méthodes	20
IV-2-2-2 Résultats des analyses physico-chimiques	21
IV-4-2-3 Résultats des analyses microbiologiques.....	21
IV-4-2-4 Conclusion	21
IV-4-3 Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versaille et Saint Cloud	22
CHAPITRE V : CHOIX DU PROCEDE UTILISE PAR LA SOCIETE JIRAMA	24
V-1 Plan synoptique de production	24
V-1-1 Zone de production	25
V-1-2 Adduction en eau brute	25
V-1-3 Station de pompage.....	26
V-1-3-1 Débitmètre	26
V-1-3-2 Choix d'un débitmètre	26
V-1-3-3 La bâche de reprise	28
V-1-3-4 Lieu de traitement	28
V-2 Problématique	29
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES	32
CHAPITRE VI : TYPE DE TRAITEMENT DE L'EAU A AMBATONDRAZAKA	30
VI-1-1 Moyen de protection contre l'hypochlorite.....	30
VI-1-2 Inconvénient de l'utilisation de l'hypochlorite de calcium.....	31
VI-2 Mode de Prélèvement	31
VI-2-1 Prélèvement de l'eau brute.....	31
VI-2-2 Le prélèvement sur l'eau du robinet	31
CHAPITRE VII : FONCTIONNEMENT DES PARAMETRES ET MATERIELS	33

VII-1 Paramètres Physiques et Organoleptiques	33
VII-2 Paramètres Chimiques	34
VII-3 Paramètres Biologiques	35
VII-3-1 Coliforme fécaux	35
VII-3-2 Spores des bactéries Anaérobies Sulfito-réductrices	36
VII-3-3 Streptocoques fécaux	36
PARTIE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS	32
CHAPITRE VIII-ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES	40
VIII-1 Analyses physico-chimiques	40
VIII-1-1 Interprétations des paramètres physiques	41
VIII-1-2 Interprétations des paramètres chimiques	44
VIII-2 Analyse bactériologiques	46
PARTIE IV : RECOMMANDATIONS	54
CONCLUSION	49
REFERENCE BIBLIOGRPHIQUE	50
WEBOGRAPHIE	51
ANNEXE	43

INTRODUCTION

L'eau est indispensable pour tout être vivant. Madagascar dispose suffisamment de ressources en eau. Mais nous devrions étudier la nature et la qualité de l'eau avant de l'utiliser. L'eau se différencie par leurs caractères physico-chimiques et microbiologiques, c'est en connaissant le caractère de l'eau qu'on peut savoir s'il est potable ou pas pour qu'on soit à l'abri des maladies. Traiter les eaux c'est maîtriser les organismes et les substances qui y sont contenus de façon à rendre l'eau propre à l'usage que l'on a l'intention d'en faire. Les qualités exigibles d'une eau d'alimentation impliquent la garantie de sa potabilité vis-à-vis de l'homme et des animaux qui seront appelés à la consommer. Les exigences des consommateurs sont très rigoureuses dans certains pays, surtout les pays riches. Il peut y avoir plusieurs raisons d'améliorer la qualité de l'eau, la plus importante étant l'élimination d'organismes tels que les germes et les parasites pathogènes. Il peut également s'agir d'éliminer les matières en suspension, comme les matières terreuses, qui donnent à l'eau un goût désagréable et peuvent contenir des germes pathogènes, et quelques substances considérées comme indésirables. L'eau peut provenir de plusieurs endroits, comme dans les lacs, rivières, souterraine, nappe phréatique...

A Ambatondrazaka les gens sont approvisionnés par l'eau de source qui se trouve à un lieu éloigné de la ville appelé Ambodiakondro depuis très longtemps. C'est la JIRAMA qui gère cette eau pour satisfaire les besoins en eau de la ville depuis 1986 jusqu'à aujourd'hui. L'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau, qui la rend "potable", c'est à dire consommable sans risque.

D'après notre stage de mémoire au sein de la société JIRAMA d'Ambatondrazaka, a pour objectif d'étude la potabilité de l'eau de cette ville à partir de l'évaluation de la qualité de l'eau de source d'Ambodiakondro eau de captage pour JIRAMA Ambatondrazaka.

Cela consiste d'abord sur le traitement et à l'analyse et le traitement de l'eau de la source d'Ambatondrazaka. Les analyses ont été effectuées au laboratoire de l'Institut Pasteur d'Antananarivo et au laboratoire de l'Unité de Recherches en Génie des Procédés et Génie de l'Environnement (URGPGE).

Cette étude est divisée en quatre parties : la première partie concerne la bibliographie et les généralités sur les eaux de sources, suivie des différents types de traitements, ensuite la deuxième partie présente les matériels et méthode. La troisième partie contient les résultats et

les interprétations des analyses. En fin les recommandations pour améliorer la production en eau de la société dans la quatrième partie.

PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: DONNEES MONOGRAPHIQUES ET GENERALITES

SUR LA SOCIETE JIRAMA

I-1 Consommation en eau

La consommation en eau de la JIRAMA dans la Région varie peu. Entre l'année 2007 et l'année 2013, elle était entre 912411 à 985480 m³/an [1].

I-1-1 Consommation annuelle en eau dans la Région Alaotra Mangoro



Figure 1: Consommation en eau

(Source : JIRAMA, 2014)

Le tableau ci-dessus montre la consommation de l'eau de robinet pour deux districts. En 2007, Ambatondrazaka consomme 529230 m³ d'eau, pour l'année 2010 la ville a consommée 551057 m³, en 2013 l'eau consommée a augmentée de 551057m³ et pour le mois de janvier au mois de Mai 2014, on a une consommation de 25601 m³. Pour le district de Moramanga, la consommation en eau est de 456250 m³ en 2007 et 2010, la consommation a diminuée en 2013 avec une chiffre de 361354 m³, pendant le mois de Janvier-Mai 2014 la consommation est de 180780 m³.

I-1-2 Évolution de la production et de la consommation d'eau par district

Tableau 1: Evolution de production et consommation de l'eau

District	Ambatondrazaka			Moramanga			Anosibe An'Ala		
	Année	2007	2010	2013	2007	2010	2013	2007	2010
Capacité de production (m ³ /h)		130	130		72	72		90	
Production annuelle (m ³)		646 132	646 132	651 247	474 500	474 500	464 212		
Consommation annuelle (m ³)		529 230	527 431		456 250	456 250			
Nombre bornes fontaines et lavoirs		52	52		54	54		33	

La capacité de production dans le district d'Ambatondrazaka en 2007-2010 est de 130 m³/h et pour Moramanga est de 72 m³/h, Anosibe An'Ala produit 90 m³/h en 2007. Les nombres de bornes fontaines sont respectivement 52, 54, 33.

I-2 Historique de la JIRAMA

En 1905, le General Gallieni décida d'octroyer, à la Société Civil d'Etudes, de Concession et Travaux de Madagascar S.C.E.T.M, la responsabilité de l'adduction d'eau et de l'éclairage électrique de la capitale Antananarivo. La réalisation de ces travaux n'ont pas abouti à ces fin en dépit de l'établissement de certaine projets, alors une nouvelles société d'Electricité et de l'Eau de Madagascar E.E.M est née, à cette année même, et à son tour prend le relais pour accomplir ces projets.

En 1953, la Société d'Energie de Madagascar S.E.M qui avant l'indépendance état mixte. Elle est devenue une société anonyme dont l'Etat lui-même est principale actionnaire.

En 1972, le Président Philibert Tsiranana destitue de son pouvoir va par la suite causer une nouvelle orientation politique économique. Les nouveaux dirigeants décident de nationaliser tous les secteurs clés d'activités en particulier l'énergie et le mines. C'est ainsi que l'activité de l'E.E.M a été confiée à une autre Société Malagasy de l'Energie et de L'Eau connue sur l'abréviation (S.M.E.E).

La S.M.E.E est née en 1973 pendant la transition de la deuxième République qui malheureusement vite dissoute à cause de graves difficultés liées à l'approvisionnement de matériel d'exploitation.

La S.E.M et la S.M.E.E décident de se fusionner et devenues ainsi une Société d'Intérêt National de l'Electricité et de l'Eau S.I.N.E.E le 04 Février 1974. Malgré cela un échec de cette fusion de fait constate car il est apparu que la S.I.N.E.E ne pouvait pas mener à bien les tâches. Il importait donc de remédier à cette lacune en créant la société Jiro sy Rano Malagasy (JIRAMA), une société d'Etat possédait des structures allégées et efficaces, capables de concrétiser l'objectif que l'Etat possédant des structures allégées et efficaces, capables de concrétiser l'objectif que l'Etat s'est fixé.

De l'aube de son installation en maitre dans notre Pays, le pouvoir colonial, sous la férule du général Gallieni vers 1899, s'est empressé de doter Antananarivo d'un circuit de distribution embryonnaire d'électricité. Par l'entreprise d'une société d'études, de concession et de travaux de Madagascar, il a été créé en 1905 une véritable concession dotée du monopole et d'adduction d'eau et distribution d'éclairage public à Antananarivo et progressivement à Toamasina, Antsirabe et Antsiranana sous l'appellation d'E.E.M ou Eau et Electricité de Madagascar.

Puis, elle est devenue la Société d'Énergie de Madagascar ou S.E.M, société d'économie mixte destinant à électrifier les alentours de Tana, les villes de Toliary et de Fort Dauphin.

Ensuite, en 1947, le gouvernement a pris une ordonnance réorganisant les activités relatives à la distribution de l'eau et de l'électricité en mettant fin aux structures de la S.E.M et de l'E.E.M.

Enfin, le JIRO sy RANO MALAGASY est née en 1975, laquelle devient une société d'Etat à part entière.

D'autre part l'ordonnance n° 77037 du 16 juillet 1977 mettant fin aux activités des sociétés d'énergies.

En 2005, « un contrat de gestion » est appliqué à la société JIRAMA pour le redressement de la société.

Le contrat de gestion s'est terminée comme prévue fin Mars 2007 et la gestion actuelle de la JIRAMA continue de mettre en place les plans et les programme d'action qui a été définis dans le plan de redressement.

Dans toute l'île, la JIRAMA assure ses activités dans les 22 régions et 110 districts et communes.

Elle est divisée en Direction Fonctionnelle siégé à Antananarivo et en Direction Opérationnelle [1]

I-3 Identification de la JIRAMA

La JIRAMA Ambatondrazaka est un Sous Groupement aux nombres d'abonnés environ supérieurs à 6000 qui ont besoin par leur service, l'électricité fournie par le central thermique d'Ambatondrazaka alimente la partie d'Ambohitsilaozana, Ambohiboromanga, Feramanga.... De plus, la distribution d'eau potable par la station de pompage qui se situe à Ambodiakondro.

Par ailleurs, il existe des secteurs sous tutelle d'Ambatondrazaka ; c'est la JIRAMA Andilamena, Amparafaravola, Manakambahiny et Tanambe.

Par conséquent, la JIRAMA Ambatondrazaka est une société qui est très stratégique au niveau technique, financier et humain malgré tout cela, rattaché à la direction Antananarivo. Donc la JIRAMA Ambatondrazaka a des différents services et de ressources humaines pour atteindre leur objectif. [1]

CHAPITRE II: GENERALITE SUR L'EAU

II-1 Eau de source

L'eau de source provient, comme l'eau minérale naturelle, d'une source souterraine et est naturellement potable. Elle ne peut pas non plus subir de traitement et doit également être embouteillée à la source. Contrairement à l'eau minérale naturelle, sa composition ne présente pas le même degré de stabilité mais peut par contre varier, tout en restant dans certaines limites. Elle doit respecter les normes de potabilité pour les eaux « destinées à la consommation humaine » [2,3]

L'eau de source Ambodiakondro existe déjà avant l'année 1958, c'est l'année où le chef de préfecture « Le Chevonto » un colon qui a fait l'étude sur la qualité de l'eau pour qu'il soit potable. Mais avant ça la source est déjà utilisée par les habitants d'Ambalabako qui est une commune rurale à quelque kilomètre d'Ambodiakondro. En 1958 le traitement a été fait par l'eau de javel et tous les matériels appartenait au commune d'Ambatondrazaka comme le moteur, réseaux, pompage... et c'est elle qui gère la distribution d'eau d'Ambatondrazaka, c'est seulement au Sila (quartier d'Ambatondrazaka) qu'on trouve le réservoir d'eau à cette époque. Dans les environs de 1984 l'Etat a pris le contrôle sur la gestion de l'eau. En 1986 les habitants d'Ambalabako n'ont plus d'accès à cette eau potable car ils n'ont pas les moyens d'acheté l'eau. C'est depuis 1986 que la JIRAMA a pris la commande sur la source d'Ambodiakondro [4]

II-2 Eau du robinet

Les eaux du robinet, qui parviennent aux usagers via un réseau de conduites, proviennent d'un mélange d'eaux de surface et d'eaux venant de nappes souterraines. Quelle que soit leur provenance, elles doivent être traitées chimiquement pour les rendre propres à la consommation. Pour garantir leur potabilité au terme de leur acheminement par conduites, on doit en outre leur adjoindre du chlore.

L'OMS fixe ainsi la Dose Journalière Admissible (DJA) pour les êtres humains, exprimée en milligramme par kilo de poids corporel. A partir de cette dose journalière, on calcule alors la concentration maximale admissible d'une substance dans l'eau potable en tenant compte du poids corporel moyen, du pourcentage de l'ingestion totale qui peut se faire via l'eau potable et de la quantité d'eau ingérée en moyenne par jour. [5]

Le tableau ci-dessous schématise les différences entre les sortes d'eau.

Tableau 2 : Les différences entre les sortes d'eau

	Eau minérale naturelle	Eau de source	Eau de table
Origine	Souterraine	Souterraine	multiples (souterraine, de surface, de pluie
Protection naturelle	Obligatoire	Obligatoire	
Traitements chimiques	Aucun	Aucun	Traitement obligatoire de potabilisation
Composition minérale	Obligatoirement stable	Pas nécessairement stable	Variable
Allégations	Peut revendiquer suivant sa composition		
Effet reconnu sur la santé	Effet favorable sur la santé reconnu par le conseil supérieur de la santé		

SOURCE : Les eaux minérales naturelles et de source

On montre dans ce tableau les différentes sortes d'eau (eau minérale naturelle, eau de source, eau potable) en considérant leur origine, protection naturelle, les traitements chimiques, composition minérale.

II-3 Cycle de l'eau

L'eau est la seule molécule à être présente sous forme de trois états de la matière : solide, liquide et gazeuse. Elle peut changer d'état sans intervention humaine. Ces changements d'états dépendent essentiellement de la température et de la pression mais aussi des composés chimiques présents dans l'atmosphère, donc de la pollution atmosphérique.

Le cycle de l'eau (Figure 2) décompose le phénomène complexe de ces transformations successives de l'eau en différents états. Les 3 phases principales du cycle peuvent être résumées ainsi : évaporation, précipitation, écoulements souterrains et de surface. Leur élément moteur est l'énergie solaire.

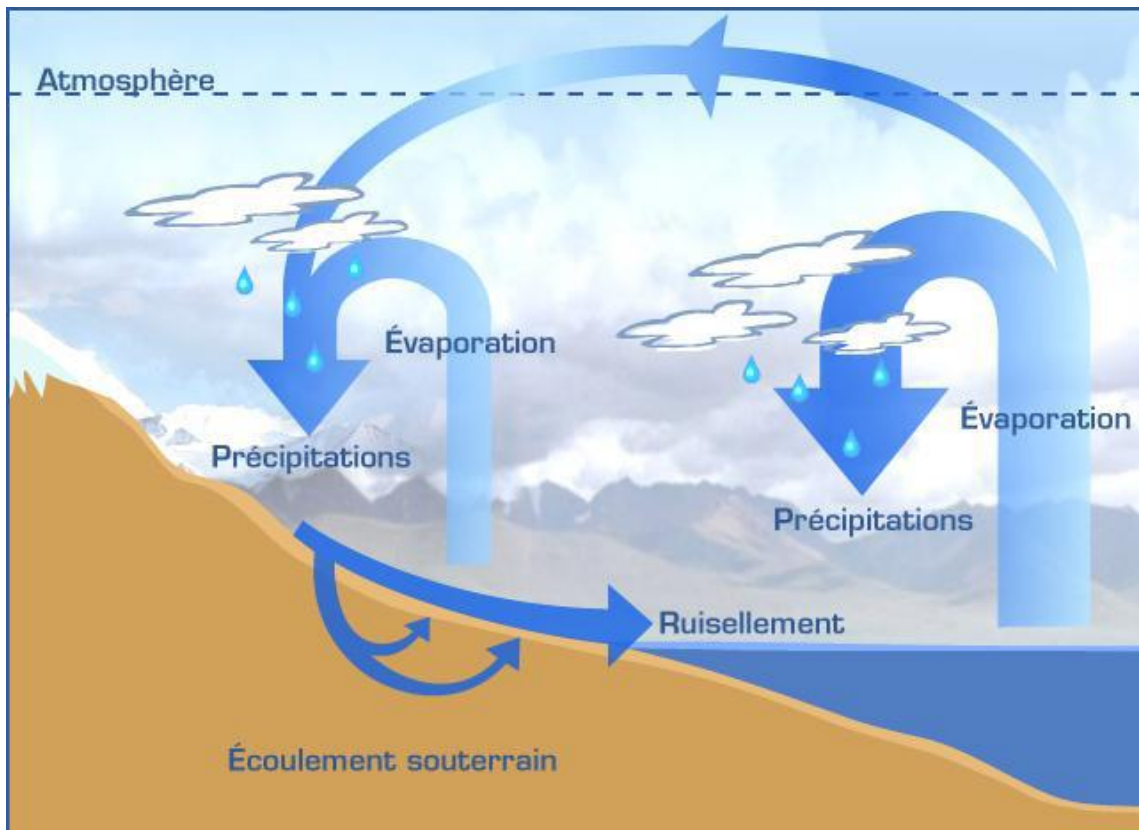


Figure 2 : Cycle de l'eau

SOURCE : Agence spatiale Canadienne

CHAPITRE III: DIFFERENTE TYPE DE TRAITEMENT

Il y a plusieurs méthodes de traitement, mais il est surtout essentiel que les personnes qui utilisent la méthode ou le produit aient envie de l'utiliser.

La caractérisation d'une eau brute repose d'une part sur ses paramètres physico-chimiques de base (température, pH, conductivité, etc.) et, d'autre part, sur sa composition chimique et microbiologique complète. Ses composants indésirables détermineront les méthodes de traitement à appliquer.

III-1 Méthode de traitements des eaux

Avant d'arriver à nos robinets, l'eau captée doit subir une série d'opérations afin de répondre à toutes les exigences de qualité.

Les fournisseurs d'eau potable doivent traiter l'eau brute afin d'en éliminer les germes qui peuvent rendre malade.

Les différents types de traitement :

III-1-1 Filtrage

Le filtrage de l'eau est une première étape importante. S'il est effectué correctement, il améliorera l'efficacité de toutes les méthodes.

En filtrant de l'eau boueuse ou d'apparence sale à l'aide d'un morceau de tissu de coton fin et propre, on éliminera souvent une partie des solides en suspension et des larves d'insectes contenus dans l'eau.

Un test simple pour déterminer si le tissu convient est de l'utiliser pour filtrer l'eau. Si les impuretés ne traversent pas le tissu, cela signifie qu'il est adéquat. Le coton est le tissu le plus adapté. Le tissu ne devrait pas être transparent, mais ne devrait pas non plus être trop épais, car il faudrait alors beaucoup de temps pour filtrer l'eau.

En lavant le tissu entre chaque utilisation, on rendra le filtrage plus efficace. Le filtrage seul est peu susceptible de rendre l'eau d'une source contaminée propre à la consommation, mais il facilite le traitement de l'eau à domicile [6]

III-1-2 Procédés de potabilisation de l'eau

III-1-2-1 Prétraitement

Lorsque l'eau est fortement polluée ou qu'elle varie beaucoup en qualité, l'eau brute demande souvent un prétraitement qui lui permettra de poursuivre la filière de potabilisation. Le prétraitement consiste essentiellement à séparer les particules en suspension et à réduire la teneur de certaines substances dissoutes.

III-1-2-2 Flocculation et précipitation

-But : coagulation des particules en suspension et précipitation des substances dissoutes et colloïdales

La flocculation aide à éliminer les particules colloïdales finement distribuées et difficiles à retirer de l'eau brute. Elle les coagule en agglomérats de plus grande taille permettant leur meilleure élimination par sédimentation, flottation ou filtration. Pour des raisons techniques, la flocculation est généralement couplée à une sédimentation ou à une filtration dans la même unité. Ce type de processus, intégrant flocculation puis séparation des floccs, permet de traiter les eaux brutes dont la turbidité est de l'ordre de 5 à 200 NTU. Certains produits chimiques, surtout les sels de Fe(III) et d'Al(III), permettent de neutraliser les forces de répulsion qui écartent les particules les unes des autres (charges superficielles négatives), si bien que celles-ci peuvent dès lors s'agglomérer. Les doses de sels de Fe et d'Al se situent typiquement entre 0,6 et 12 mg/l. Ensuite, l'addition de flocculant, tels que les polymères organiques (polyacrylamide ou amidon), facilite la formation de floccs de grande taille et accélère donc leur élimination à l'étape suivante. Les floccs intègrent également des microorganismes et des algues. Le dosage des flocculant se situe généralement entre 0,1 et 1 mg/l. Ils réduisent notablement (40 - 60%) les doses de coagulant requises à l'étape précédente. D'autres réactifs, tels que les agents oxydants ou les bases, précipitent certaines substances comme le calcaire, le fer, le manganèse, etc. Le type d'additif, la manière de les ajouter à l'eau puis de brasser celle-ci sont déterminants pour le succès de la flocculation. L'addition du coagulant sous brassage rapide permet la formation des microfloccs. Ensuite, c'est sous agitation lente et à l'aide de flocculants que doit se dérouler la croissance des microfloccs en floccs de grande taille.

(« macroflocculation »), ce qui accélère l'élimination des particules.

-Difficultés : le bon déroulement d'une flocculation dépend beaucoup du dosage, des conditions de brassage et des temps de réaction. Le dosage des réactifs est souvent

problématique lorsque l'eau brute varie beaucoup en qualité (eau de rivière, aquifère karstique ou fissuré).

Le dosage exact doit être établi en laboratoire (jar-test) ou par des essais en station. L'efficacité de la floculation diminue avec des doses trop faibles comme avec des doses trop élevées.

L'utilisation de la floculation est toujours liée à l'introduction de produits chimiques indésirables (fer, aluminium, polyacrylamide, etc.), dont la concentration doit être réduite à un minimum (valeurs de tolérance) au cours de la floculation ou des étapes ultérieures.

Les excédents de floculants peuvent être éliminés avant une filtration attenante par l'addition d'un supplément de coagulant : il s'agit de la post-floculation.

Par principe, on choisira les coagulants et les floculants qui mènent aux objectifs voulus à moindre concentration.

La prise en charge des boues sera également planifiée, notamment leur stockage, leur déshydratation et leur élimination. Si l'eau contient encore des résidus d'agents oxydants lorsque les floculants y sont ajoutés, ces derniers sont requis à plus haute dose et la réaction génère des sous-produits.

-Valeurs limites/valeurs de tolérance

L'emploi d'agents de floculation, comme les sels de Fe(III) et d'Al(III), impose de mesurer leur teneur résiduelle après filtration. L'OSEC fixe à 0,3 mg/l la valeur de tolérance du fer total et à 0,2 mg/l celle de l'aluminium. En cas d'emploi de polyacrylamide comme floculant, on veillera à réduire au maximum la teneur résiduelle d'acrylamide non polymérisé (monomère), puisque l'OFSP le considère comme cancérigène probable. L'acrylamide n'est pas encore soumis, en Suisse, à une teneur maximale dans l'eau potable.

L'OMS recommande un taux de 0,5 µg/l et l'UE fixe à 0,1 µg/l son maximum autorisé. Ces valeurs se situent cependant autour des limites de détection et leur interprétation demande donc une certaine prudence. Une approche plus fiable se basera, d'une part, sur la teneur en acrylamide monomérique de la solution concentrée injectée dans le système et, d'autre part, sur sa dilution subséquente dans l'eau traitée pour éliminer les germes pathogènes. Toutefois, ce procédé augmentera l'efficacité de la désinfection [7]

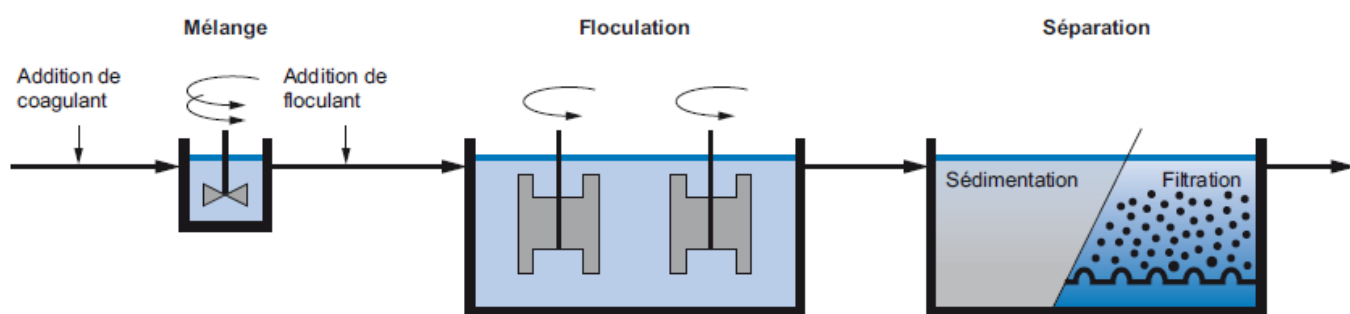


Figure 3: Unité de floculation avec séparation attenante des floccs

III-1-3 Filtration

La filtration sert à éliminer les matières en suspension de la future eau de boisson.

L'eau résultant de la filtration est le filtrat - ou le perméat s'il s'agit d'une filtration sur membrane. Les unités de filtration fonctionnent de manière discontinue, chaque filtre étant périodiquement retiré du circuit pour en éliminer le rétentat et qu'il garde son efficacité. Plusieurs critères permettent de caractériser les performances d'un filtre : différence de pression, qualité du filtrat (turbidité, nombre de particules), durée de fonctionnement du filtre, etc. Le filtre est nettoyé lorsque la différence de pression dépasse la charge utile et/ou d'exploitation, ou lorsque la qualité du filtrat ne suffit plus.

Les procédés de filtration peuvent se classer sommairement en filtration sur structure plane et filtration sur lit [7]

III-1-3-1 Filtration sur structure plane

Les particules y sont retenues par une fine surface faisant office de tamis (figure 4). Le principe de séparation repose essentiellement sur des forces mécaniques.

Du fait de la taille fixe de leurs pores, ces filtres établissent un seuil de séparation très précis. La perte de charge augmente exponentiellement avec l'épaisseur du rétentat. Les microtamis et les filtres à tissu sont des exemples de filtres plans.

Les procédés membranaires forment là une catégorie particulière subdivisée, selon la taille des pores, en microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration et osmose inverse [7]

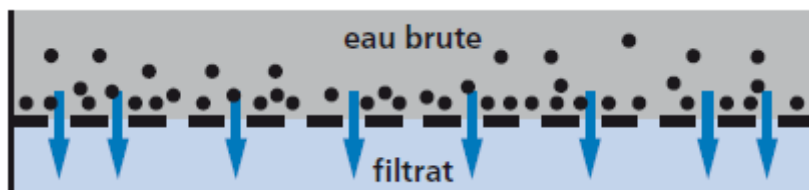


Figure 4: filtration sur structure plane

SOURCE : Traitement de l'eau destinée à la consommation

Les particules sont retenues sur une surface plane où elles forment un gâteau de filtration

III-1-3-2 Filtration sur lit

Les particules sont retenues par une matrice poreuse, tant par des forces physiques que chimiques (figure 5). La filtration rapide, la filtration lente sur sable et la filtration sur charbon actif en sont des exemples. L'efficacité de la filtration dépendra essentiellement des propriétés des particules (taille, forme, chimie superficielle), des propriétés du liquide ambiant (substances dissoutes, adsorption, etc.) et de celles du filtre lui-même (porosité, rapidité du flux, taille, forme, etc.). La séparation porte sur toutes les dimensions particulières ; elle passe par une étape de transit et une d'incrustation.

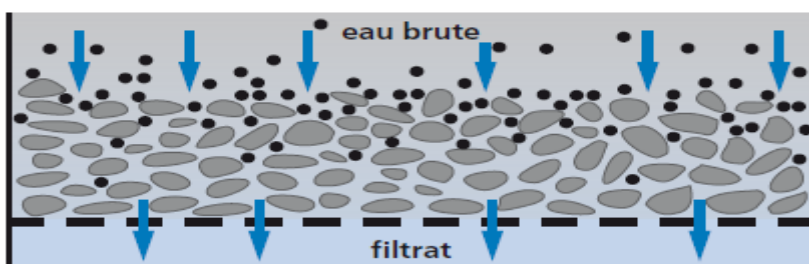


Figure 5: Filtration sur lit.

SOURCE : Traitement de l'eau destinée à la consommation

Les particules pénètrent dans le matériau de filtration, où elles sont retenues par des processus physicochimiques.

III-1-4 Les processus de traitement de l'eau potable [8]

III-1-4-1 Dégrillage

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

III-1-4-2 Pré-chloration

C'est un procédé de prétraitement utilisé dans le cas où l'eau est chargée en matière organique. Elle s'effectue avant le débouage, pour permettre au chlore d'agir à temps et de décomposer les matières organiques afin de faciliter leur décomposition dans les décanteurs. La Pré-chloration permet aussi d'oxyder les corps existants dans l'eau tels que les ions ferreux, manganés, les nitrites ou nitrates, les matières organiques et les micro-organismes (algues, plancton et bactéries) qui sont susceptibles de se développer dans les différents ouvrages de traitement.

III-1-4-3 Débouage

Le débouage est une opération qui précède la clarification des eaux de surface particulièrement chargé. Il constitue en une pré-décantation dont le but est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute et d'en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées. Cette étape est nécessaire lorsque les MES dans l'eau brute dépassent 2g/L, pour éviter le risque d'engorger le décanteur par le volume excessif de boue apportée par l'eau brute.

III-1-4-4 Décantation

La décantation est un traitement essentiel pour l'obtention d'une eau de bonne qualité. Ce phénomène est assuré par voie physique, il s'opère par effet de gravité. La sédimentation permet d'éliminer les matières en suspension présentes dans l'eau brute et celles formées par l'étape de coagulation-floculation. Ceci provoque le dépôt des particules en suspension et la formation des boues au fond du bassin.

III-1-4-4-1 Coagulation

La coagulation de l'eau doit permettre l'abattement maximal de la charge organique et également de la turbidité. Elle consiste donc à l'ajout des réactifs en quantité optimale à la charge polluante de l'eau brute afin de neutraliser les matières colloïdales présentes dans l'eau. Les coagulants les plus utilisés sont les sels d'aluminium ou de fer.

Le choix du réactif dépend des caractéristiques de l'eau brute (pH, minéralisation, teneur en matière organique et turbidité). Par exemple, l'utilisation des sels de fer est préférée dans le cas d'eau brute fortement chargée en matière organique d'origine dissoute.

III-1-4-4-2 Flocculation

La flocculation est l'agglomération des particules déstabilisées en micro floc et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle flocs. Ce processus est assuré par l'intervention d'un réactif chimique (floculant).

III-1-4-4-3 Contrôle

L'efficacité de la décantation est souvent mesurée par la turbidité de l'eau décantée. La valeur de la turbidité doit atteindre au plus 5 NTU à la sortie du décanteur. Il est important de signaler que la mesure de la turbidité n'est pas suffisante, il faut s'intéresser à l'abattement de la matière organique également pour juger la clarification de l'eau.

III-1-4-5 Filtration

Ce processus permet de retenir les particules en suspension dans l'eau, que celles-ci existent dans l'eau brute ou formées lors des étapes préalables de traitement (coagulation – flocculation). La filtration consiste à retenir les matières en suspension à la surface et dans les pores du lit filtrant durant le passage de l'eau à travers. L'objectif de la filtration ne se limite pas à la rétention de MES, mais participe également à plusieurs tâches au sein de la chaîne de traitement en fonction des caractéristiques du matériau filtrant utilisé et les conditions de mise en œuvre. L'efficacité de la filtration se contrôle classiquement par des mesures de turbidité sur l'eau filtrée, on peut aujourd'hui intégrer le comptage des particules. Les matériaux filtrants sont : sable, pierre ponce (silicate d'alumine), anthracite, charbon actif, neutralité (carbonate de calcium), dioxyde de manganèse.

III-1-4-6 Désinfection

La désinfection est une étape essentielle de la filière de traitement. Elle assure la désactivation des germes pathogènes et des virus dans l'eau. La bonne qualité bactériologique des eaux distribuées est le critère principal de la notion de potabilité d'une eau.

La stérilisation consiste à ajouter une dose de chlore ou de l'eau de javel à l'eau filtrée, avant l'alimentation des réservoirs de stockage. Ceci permet la destruction des germes pathogènes et de fournir un taux de stérilisant libre pour garantir une désinfection totale de l'eau et une protection durant son stockage et son acheminement dans le réseau de distribution.

III-1-4-7 Stockage

Une station de traitement de l'eau potable doit disposer d'une réserve assurant un approvisionnement de quelques heures pour éviter une pénurie en eau en cas de problèmes techniques. Le stockage présente également un temps de contact important permettant au chlore (ou l'eau de javel) de réagir avec l'eau.

III-1-5 L'osmose inverse

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires.

La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration. La différence de concentration crée une pression, appelée Pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique. L'osmose inverse est l'application technique du principe de "l'osmose" dont la nature se sert si souvent. Lorsqu'une membrane semi-perméable sépare l'eau pure de l'eau contenant des sels, une pression osmotique se forme du côté eau pure qui transporte les molécules d'eau du côté eau pure vers le côté eau contenant des sels pour y réduire leur concentration. [9]

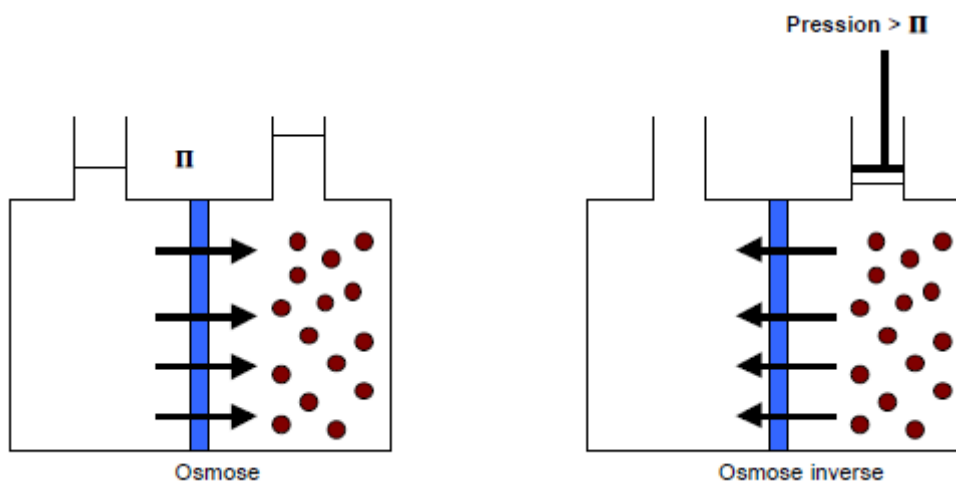


Figure 6: Principe de l'osmose inverse

SOURCE : http://perso.wanadoo.fr/jose.braun/separation/uf_et_oi.htm – consulté en octobre 2002

III-1-6 La nanofiltration

Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation de composants ayant une taille en solution voisine de celle du nanomètre (soit 10 Å) d'où son

nom. Les sels ionisés monovalents et les composés organiques non ionisés de masse molaire inférieure à environ 200 - 250 g/mol ne sont pas retenus par ce type de membrane.

Les sels ionisés multivalents (calcium, magnésium, aluminium, sulfates...) et les composés organiques non ionisés de masse molaire supérieure à environ 250 g/mol sont, par contre, fortement retenus. [10]

III-1-7 L'ultrafiltration

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100 nm. De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes). [8]

Pour cette raison, cette technique est utilisée pour l'élimination de macrosolutés présents dans les effluents ou dans l'eau à usage domestique, industriel (électronique) ou médical.

-Petite conclusion :

Le choix de la méthode dépendra du lieu et de la nature de la situation d'urgence. Il n'y aura probablement pas une seule réponse correcte ou une solution parfaite. Parfois, la seule option possible est celle qui est à disposition.

CHAPITRE IV-ETUDES RECENTE SUR LA QUALITE DE L'EAU DE SOURCE

IV-4.1 Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifère de la région de Tillabery (Niger)

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques réalisées sur les eaux souterraines de la région de Tillabéry ont été présentés dans le Tableau 4. La température des eaux souterraines varie entre 28,4 °C et 31,3 °C, avec une moyenne de $29,4 \pm 0,1$ °C. La température des eaux du fleuve Niger est de 27°C. Le pH des eaux varie entre 6,6 et 7,8 unités pH, avec une moyenne de $7,3 \pm 0,1$. La conductivité électrique des eaux souterraines de la région est faible et varie entre 33 et 794 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, avec une valeur moyenne de $383,4 \pm 22$ $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Les eaux à forte conductivité proviennent des eaux du socle facturé principalement celles des localités de Diagorou (794 $\mu\text{S.cm}^{-1}$), Sawani (736 $\mu\text{S.cm}^{-1}$), Diambala (515 $\mu\text{S.cm}^{-1}$), Gotheye (549 $\mu\text{S.cm}^{-1}$) et Bandio (569 $\mu\text{S.cm}^{-1}$). La dureté des eaux souterraines de la région varie entre 0,85 °F et 26,5°F, soit une moyenne de $12,95 \pm 9$ °F. Il faut noter que pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS ne recommande pas de valeur mais indique qu'une dureté élevée peut provoquer la formation de dépôts tandis qu'une faible dureté peut engendrer des problèmes de corrosion. On peut considérer qu'une eau présente une dureté élevée si celle-ci est supérieure à 25 °F soit 250 mg/l de CaCO₃. Cela indique que les eaux du fleuve et les eaux de puits de la région sont dans l'ensemble très douces à l'exception de celle de la localité de Bonkougou (17,1 °F) qui est moyennement dure comme les eaux des forages dans leur ensemble.

Les eaux des puits et l'eau du fleuve Niger se caractérisent par la présence de matières en suspension responsables de la couleur qui varie entre 15 et 260 mg/lPt et de la turbidité qui varie respectivement entre 2 et 35 NTU. L'analyse microbiologique montre une infestation poussée de tous les puits. Les concentrations varient entre de 240 à 12000 UFC pour 100 ml pour les coliformes fécaux ; et de 12 à 72 UFC pour 100 ml pour les streptocoques fécaux. Les forages à pompe sont en général caractérisés par une absence totale de germes de contamination fécale. [11]

Tableau 2 : Données physico-chimiques en mg. L-1 et bactériologiques (UFC/100ml) des eaux souterraines de la région de Tillabéry

Paramètres / Localités	DIAGOROU	BANDIO	GOTHEYE Forage	SARA KOIRA	DESSA	DIAMBALLA	SANSANE HAOUSSA	SAWANI
Aquifère	S F	S F	S F	S F	S F	S F	S F	S F
Ouvrage	F	F	F	F	F	F	F	F
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	794	569	549	307	266	515	325	735
pH	7,05	7,21	7,1	6,66	7,18	7,28	7,03	7,62
T ($^{\circ}\text{C}$)	30,2	31,2	31,3	29,9	29,4	31,2	29,8	28,4
Couleur mg/1Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	16	0,00	0,00	0,00
Turbidité NTU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO ₄ ²⁻	20,99	6,01	6,83	8,68	7,04	4,17	5,19	75,76
NO ₂ ⁻	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,16
Fe ²⁺	0,00	0,05	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
F ⁻	0,54	0,05	0,21	0,38	0,17	0,46	0,08	0,72
NO ₃ ⁻	35,28	19,28	1,46	36,18	0,38	0,76	0,19	0,00
HCO ₃ ⁻	448,96	366,00	341,60	120,78	165,31	346,48	203,74	305
Cl ⁻	19	6	14	13	3	6	5	45
Dureté ($^{\circ}\text{F}$)	23,50	20,00	23,10	9,90	10,95	23,60	14,50	18
Na ⁺	61	40,00	29,10	28	10,50	18	10,50	60,80
Coliforme F	0,00	4	0,00	0,00	32	0,00	0,00	56
Streptocoque	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00

IV-4.2 Qualité des eaux des sources et des puits dans les quartiers périphériques de Brazzaville Sud (Ecrit par : J. D. Nzila ; N. Watha-Ndoudy ; G.U. Mbilou ; B.W. Nzobadila ; U. Opo ; G. E.Nanitelamio-Bandzoukassa ; M. Ndounga ; J.P. Tathy)

IV-4.2.1 Matériels et méthodes

-Sur le terrain les paramètres mesurés sont le pH et la température à l'aide d'un pH-mètre portatif.

-Au laboratoire, les analyses physico-chimiques ont été effectuées avec colorimètre PHOTOMETER 7000 utilisant les produits PALINTEST et avec les bandelettes analytiques.

MERCK. Les éléments dosés sont : la couleur, la turbidité, les chlorures, le cuivre, les nitrates, le plomb, le nickel, le zinc, les sulfates et les MES.

-Les analyses microbiologiques ont consisté en la détermination des germes totaux, des coliformes totaux.

IV-2.2.2 Résultats des analyses physico-chimiques

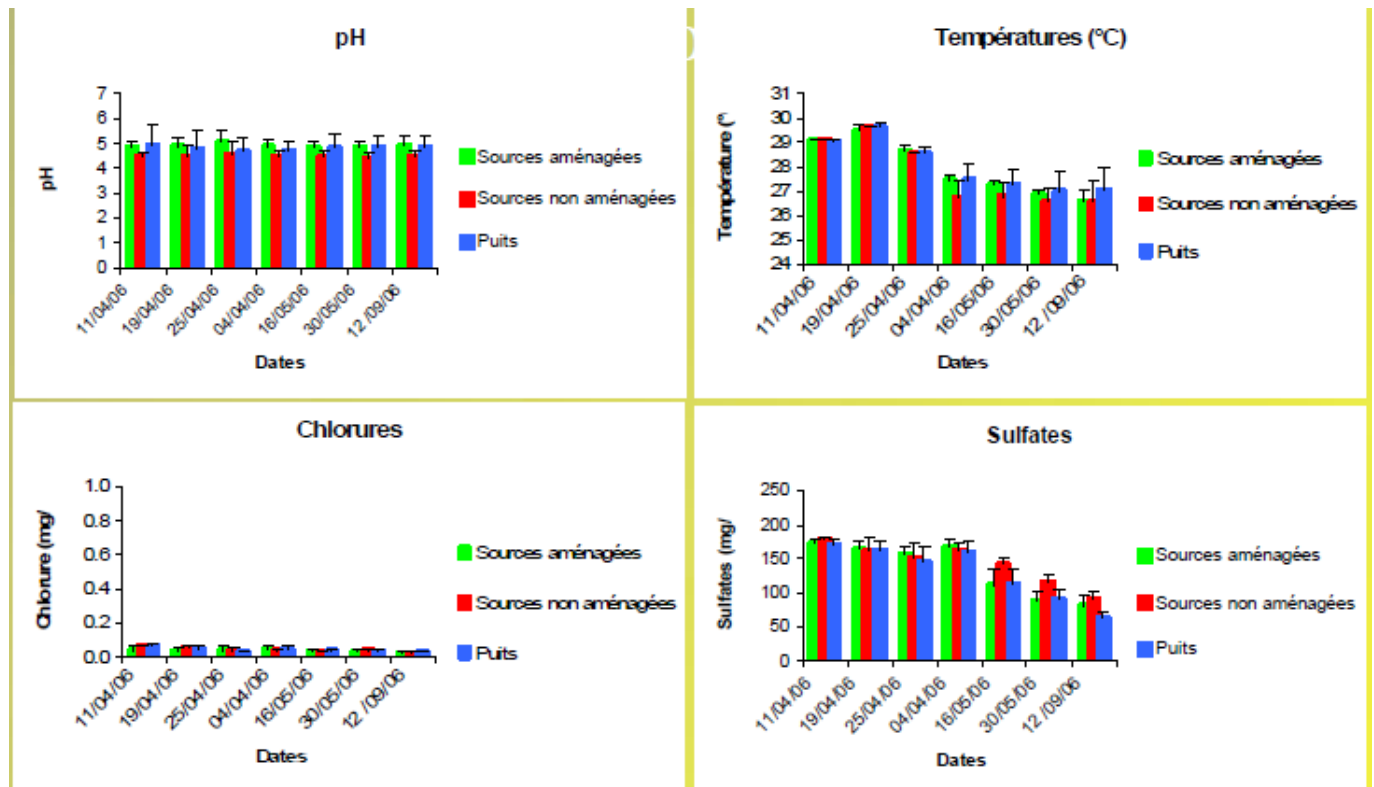


Figure 7 : Résultats des analyses physico-chimiques

IV-4.2.3 Résultats des analyses microbiologiques

1 seul point d'eau (puits Nzonzi) à une eau potable pendant toute la durée d'étude ;

-La source Massissia est contaminée en permanence par *E. coli*, *Proteussp*, *Yersina* ;

-Autres points d'eau : alternances des épisodes de contamination (par *Shigella*, *E. coli*, *Proteussp*, *Yersina*) et des épisodes de non contamination

IV-4-2-4 Conclusion

-Les eaux des points d'eau analysés sont acides ($\text{pH} < 7$) et ont une concentration en phosphates supérieure à la valeur communément admise dans l'Union Européenne. La qualité

chimique de ces eaux ne pose pas de problèmes sanitaires majeurs. L'étude microbiologique de ces eaux montre que 90 % des points d'eau étudiés sont soumis à une contamination fécale persistante (présence de *E. coli*). Sur 13 points d'eau analysés, seul un puits traité a été exempt de micro-organismes pathogènes.

-En perspectives, les travaux de recherche à mener porteraient sur : l'identification et la caractérisation des sources de pollution des points d'eau (sources et puits), la modélisation de l'écoulement des nappes de Brazzaville, la détermination des périmètres de protection des points d'eau exploitées pour les eaux de consommation.

IV-4-3 Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud

Issue de la nappe souterraine de Croissy sur Seine, l'eau qui arrive à la station de traitement d'eau potable, située à Louveciennes, est naturellement riche en minéraux, et particulièrement en calcium. Elle présente une concentration en nitrates inférieure à la norme de qualité en vigueur.

La chaîne de traitement poussée de cette eau permet un niveau de sécurité sur la qualité de l'eau distribuée et assure l'élimination de la micropollution. L'eau distribuée présente, de plus, de bonnes qualités organoleptiques.

Valeur des paramètres de qualité de l'eau produite à l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud au mois d'Octobre 2013 et valeurs des normes. [12]

Tableau 3 : Qualité de l'eau produite à l'usine de traitement d'eau

	UNITE	VALEUR MESUREE	NORME
Paramètres organoleptiques			
Turbidité	NFU	0,29	1
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux			
Ph		7,6	6,5 à 9
Dureté (TH)	° français (°F)	33	
Magnesium	mg/l	9	
Calcium	mg/l	114	
Chlore	mg/l	29	250
Sulfate	mg/l	98	250
Paramètres concernant les substances indésirables			
Ammonium	mg/l	<0,05	0,1
Nitrites	mg/l	<0,04	0,1
Nitrates	mg/l	16	50
Pesticides et produits apparentés			
Total Pesticides	µg/l	<0,5	<0,5

SOURCE : Tableau élaboré à partir des résultats des contrôlés réglementaires ARS 78 en sortie d'usine

CHAPITRE V : CHOIX DU PROCÉDE UTILISE PAR LA SOCIÉTÉ

JIRAMA

V-1 Plan synoptique de production

Nous vous présentons ci- dessous le plan synoptique de production de la société JIRAMA

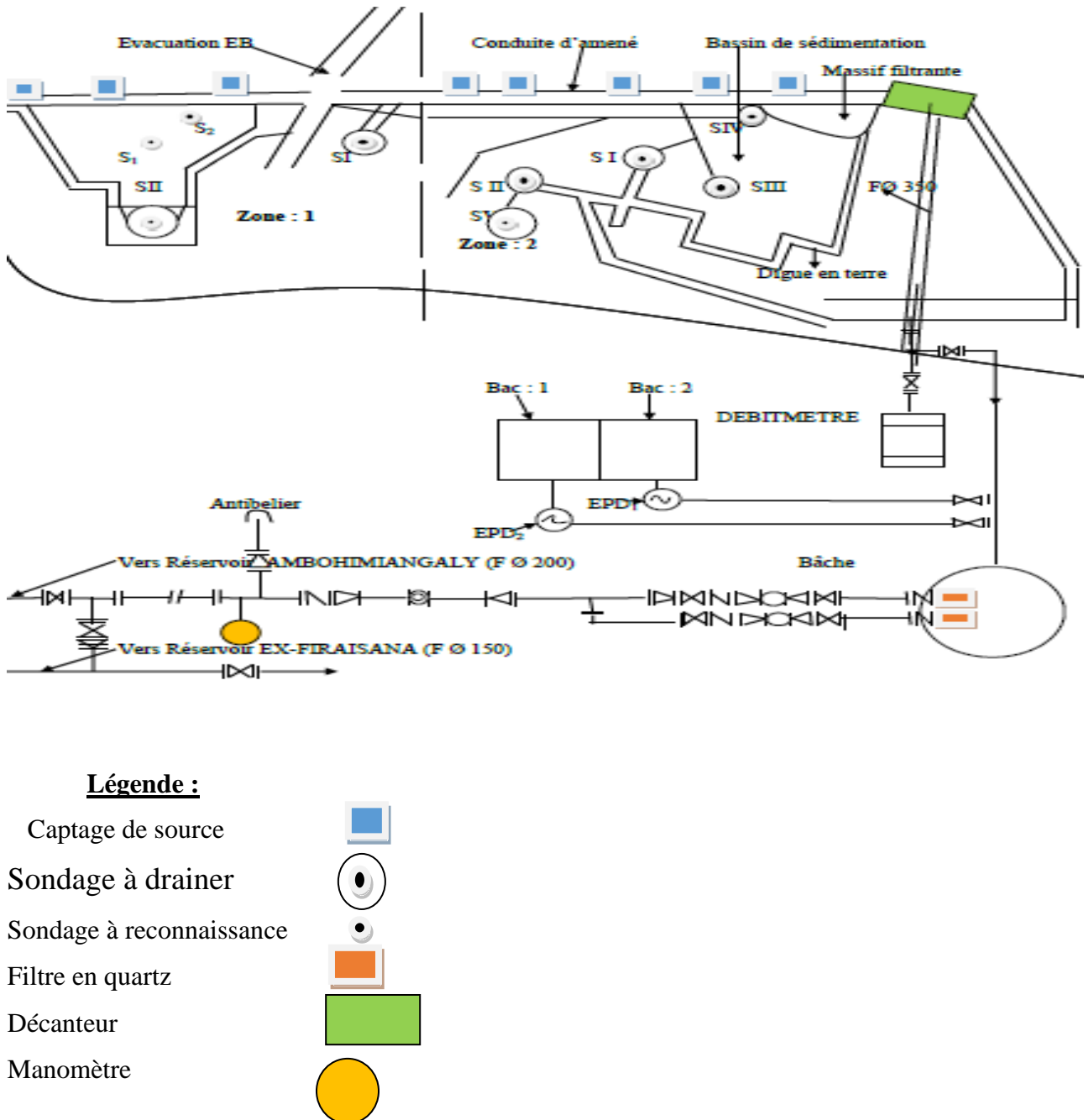


Figure 8 : Plan synoptique

V-1-1 Zone de production

La source est divisée en 2 zones :

- Zone1 : composée de 2 sources et 2 puits collectées dans un ouvrage de filtrage enterré (surface=62m² ; volume =43m³)
- Zone 2 : composée de 5 puits collectée dans un bassin à ciel ouvert (surface =96m² ; volume=67m³) et dirigées dans un ouvrage de prise constitue par un canal principal de collecte (collecteur) où débute une conduite Fonte 350

V-1-2 Adduction en eau brute (EB)

La source est irriguée vers un ouvrage de prise, puis amenée par gravitation vers la bêche de reprise

Les appareils dans la station sont :

-la Conduite d'amenée eau brute

Tableau 4 : Tuyau de conduite

TYPE	DIAMETRE	LONG
Conduite Fonte	350mm	527.80m
Conduite Fonte	200mm	53.00m

SOURCE : JIRAMA

-Un bassin fermé de 3 cages avec dessableur avant prise, de dimension :

Long=4.84m /large=1.84m /haut=1.60 / épaisseur=0.12m

-Bassin de sédimentation : Stock de l'eau de source avant de passer au massif filtrante



Figure 9 : Bassin de sédimentation

SOURCE : JIRAMA

-Massif filtrante : Bassin qui a des stocks de roche à la moitié (c'est à dire roche de filtration)

-Filtre en quartz : La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux.

Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent en surface et dans la masse filtrante. Il faut donc nettoyer ce milieu de façon régulière.

Un filtre aura donc des cycles de filtration d'autant plus longs que les traitements préalables auront été efficaces.

C'est le filtre en sable de quartz que la JIRAMA à utiliser pour le traitement d'eau.

-le Décanteur : Il sert à transvaser un liquide pour qu'il soit débarrassé de son dépôt.

- Manomètre : C'est un instrument de mesure de la pression.

V-1-3 Station de pompage

C'est à la station de pompage que se produit le traitement. Avant que l'eau arrive à la bêche, il passe par le débitmètre.

V-1-3-1 Débitmètre (EB)

Le débit est la quantité de fluide, liquide ou gazeux, qui s'écoule par unité de temps. En pratique on distingue deux débits :

-Débit-masse ou débit massique Q_m qui s'exprime en kg/s

-Débit-volume ou débit volumique Q_v qui s'exprime en m^3/s

V-1-3-2 Choix d'un débitmètre

Le choix d'un débitmètre n'est pas une chose simple. Pour faire un choix correct, il faut tenir compte d'une multitude de paramètres. Il est donc nécessaire avant tout de définir précisément ses propres exigences, les contraintes imposées par le fluide à mesurer et les caractéristiques de l'environnement.

Les types de débitmètres sont : diaphragme, venturi, débitmètre à flotteur, compteur volumétrique, électromagnétique, vortex, ultrason, Coriolis, thermique ... [13]

Le débitmètre utilisé par la JIRAMA est le débitmètre de type DPA2/DR3

La formule utilisée pour chercher le débit est

$$Q = 1,111 \times \alpha (h + 1)^{1,5} \text{ en (m}^3\text{/h)}$$

h= hauteur en mm $\alpha=60 \times 10^{-3}$

La structure du débitmètre de la station JIRAMA est composée d'un bassin ouvert de 3 cages différentes



Figure 10 : Débitmètre

SOURCE : JIRAMA

Sa dimension intérieure est décrite ci-dessous

Tableau 5: Dimension du débitmètre

	Long	Large	Haut
Entré (stabilisateur d'écoulement)	0.90m	0.70m	1.15m
Bac de mesure	3.00m	0.60m	0.45m
Sortie	0.60m	0.50m	0.65m

SOURCE : JIRAMA

Le mode de mesure de capacité se fait comme suit:

Une pièce de repérage à l'intérieur du bac de mesure

Verser de l'eau jusqu'à ce que la pièce coule

Quand l'eau est stable, on prend une règle graduée

Mesurer la différence de l'espace vide et la surface de l'eau à partir de cette pièce

Après le passage sur le débitmètre, l'eau passe par la bêche de reprise

V-1-3-3 La bache de reprise



Figure 11 : Bache de reprise

SOURCE : JIRAMA

C'est dans la bache de reprise que se trouve le mélange de l'eau et produit à l'aide d'une pompe doseuse pendant 30 min au maximum.

Pompe doseuse : Aspiration et refoulement du produit de traitement

- Capacité 100m³
- Hauteur 5.00m
- Diamètre 5.05m
- Accessoire hydraulique
- Dessableur
- Crépine
- 2 flotteur : l'une pour vérifier le niveau d'eau dans la bache et l'autre pour le dispositif de protection du machine (: déclenchement automatique du moteur pour un niveau d'eau inférieure à 1.60m du bache de reprise)

V-1-3-4 Lieu de traitement

Les appareils de traitement sont :

Bac à réactif : Stock des liquides du produit de traitement

Électroagitateur : Mélanger le produit

Pompe doseuse

V-2 Problématique

L'eau de consommation d'Ambatondrazaka présente des risques car dans quelque année elle ne pourra plus approvisionner la ville comme avant à cause de l'accroissement de la population. Le besoin en eau de cette ville va s'agrandir de plus en plus, or la production en eau de cette source ne peut pas subvenir à cet accroissement de la population.

Cette source n'est pas à l'abri car elle n'est pas protégée à cause de l'absence des clôtures, les gens qui passent aux alentours pourraient polluer la source. Des gens de la campagne cultivent aussi aux côtés de cette source pour y gagner leur vie.

Les matériels utilisés sont assez vieux car depuis son existence la JIRAMA n'a pas encore optimisé ses matériels.

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE VI : TYPE DE TRAITEMENT DE L'EAU A AMBATONDRAZAKA

Le type de traitement utilisé par la JIRAMA est l'injection de l'hypochlorite de calcium (solide) $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ car le Chlore est facilement disponible, bon marché, très connu.

Ce choix de traitement de l'eau est dû à la qualité de l'eau et les critères permettant de rendre l'eau potable. C'est dans la bache que se produit le mélange d'eau et de l'hypochlorite (30 mn maximum) pour que le traitement soit possible.

VI-1 Traitement par le Chlore (80% dans le monde)

Le chlore est un produit chimique très utilisés: chlore gazeux Cl_2 , hypochlorite de sodium NaOCl (solution), hypochlorite de calcium (solide) $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, monochloramines NH_2Cl . L'hypochlorite est faciles à manipuler par raison de sécurité.

Le chloramine à une réaction lente (temps de contact plus long), le dioxyde de chlore est un gaz instable (production sur les lieux mêmes de son utilisation). [1]



Figure 12: Hypochlorite de calcium

SOURCE : JIRAMA

VI-1-1 Moyen de protection contre l'hypochlorite

Pour une forme solide de chlore (hypochlorite de calcium) en poudre, il faut porter des gants, un masque, et des lunettes de protection pour toute manipulation, que ce soit pour l'utilisateur ou le producteur.

Le chlore en solution concentrée peut causer des brûlures, en particulier des risques de brûlure irréversible aux yeux.

Le port de gants et de lunettes de protection est obligatoire.

La préparation ou le stockage ne doivent jamais se faire dans un récipient métallique, cela inactive le chlore. Dans tous les cas, le lieu de préparation ou de stockage doit être bien ventilé, à l'abri du soleil, de la chaleur, et le récipient doit être bien fermé et identifié.

Il ne faut pas mélanger de l'eau contenant du chlore et du savon : cela entraîne le dégagement de gaz toxiques, et l'inactivation du chlore.

L'eau à traiter doit impérativement avoir une turbidité inférieure à 5 NTU

(Idéalement, inférieure à 1 NTU) et avoir un pH inférieur à 8. Cette mesure du pH doit être effectuée lors de l'établissement d'un point d'eau, et une fois par an au minimum, par pH-mètre ou bandelettes. Si l'eau est trouble, il conviendra de la filtrer [14]

VI-1-2 Inconvénient de l'utilisation de l'hypochlorite de calcium

L'addition de chlore peut entraîner des effets secondaires indésirables qui, dans certains cas, obligent à utiliser d'autres désinfectants pour la formation de substances cancérigènes (trihalométhanes) ou d'odeurs désagréables (chlorophénols) par action avec les matières organiques qui peuvent être toxiques pour la faune et la flore. [14]

VI-2 Mode de Prélèvement

Les prélèvements des échantillons se fait par méthode rigoureuse pour éviter la contamination (comme la stérilisation de la main, flacon en plastique, robinet et les autres matériels, la stabilité du débit d'eau du robinet...). Les échantillons sont mis dans une glacière contenant des blocs réfrigérants.

Les échantillons sont prélevés dans différents points de source :

- lieu où l'eau de source fait sa première apparition
- l'eau après filtration
- l'eau sortant du robinet

VI-2-1 Prélèvement de l'eau brute

Avant de compléter les bouteilles, il faut rincer au moins trois fois la bouteille par l'eau à prélever après la stérilisation, et puis on remplit la bouteille jusqu'à l'épaule et on la ferme. Ensuite, on place la bouteille dans la glacière avec les blocs réfrigérants pour conserver la température.

VI-2-2 Le prélèvement sur l'eau du robinet

- Les prélèvements se fait aussi peu de temps possible avant le moment de l'expédition
- à l'abri du vent. Eviter les robinets qui fuient ou qui n'est pas en bonne état.
- se laver soigneusement les mains avant le prélèvement

- laver tous les parties du robinet avec du coton imbibé d'alcool
- faire couler l'eau a un débit modéré pendant 2 à 3 min avant de prélever et ne pas modifier le débit pendant le prélèvement.
- On ferme le robinet, puis flamber énergétiquement pendant au moins 1 mn l'orifice du robinet avec la lampe à souder.



Figure 13: Lampe à souder

-Ensuite on laisse couler l'eau pendant 2 mn pour que la paroi se refroidisse. Durant le prélèvement il faut un assistant pour tenir la lampe à soudé allumé, un peu au-dessus du robinet et à la bouche du flacon.

-Prendre l'eau dans un flacon stérilisé puis boucher le plus rapidement pour éviter la contamination.

Numéroté les flacons car on fait quelque prélèvement dans des milieux différents. Placer les flacons dans une glacière contenant des blocs réfrigérants. Incrire sur une feuille à la face extérieure tous le renseignement utile. Enfermer soigneusement la glacière

CHAPITRE VII : FONCTIONNEMENT DES PARAMETRES ET MATERIELS

VII-1 Paramètres Physiques et Organoleptiques

-la salinité : c'est la masse des sels dissous dans l'eau, elle est exprimée en mg/l [15]

-la conductivité : elle peut se définir comme étant la quantité de sels dissous présent dans l'eau, elle est exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). [15]

-la température : C'est la valeur exprimant la chaleur ou le froid mesurée de façon objective par un thermomètre et traduite en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$), c'est une valeur essentielle de la mesure compte tenu de son implication sur les différents paramètres. [15]

-les solides dissous totaux (TDS) : il constitue par des sels inorganiques et de faible quantité de matière organique dissous dans l'eau. Il provient de la source naturelle, des égouts, des ruissellements urbains et des eaux usées industrielles. L'eau potable ayant des concentrations élevées de solides dissous totaux ne rendra pas malade. [15]

-pH : Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples. L'acidité est d'autant plus forte quand le chiffre est petit. Le pH-mètre est l'appareil qui mesure le potentiel d'hydrogène dans l'eau. L'eau est en effet caractérisée par la concentration en ions hydronium (H_3O^+). Il définit l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Il est de même mode opératoire que le multi-paramètre d'analyse. [15]

-MES : La mesure de MES a pour but de déterminer la masse du résidu qui se trouve dans les eaux.

L'eau est filtrée sur un papier filtre dont la valeur de la teneur, de la matière en suspension est la différence de poids de la matière retenue lors de la filtration de l'eau avant et après le séchage du papier filtre

Le résultat est donné par

$$\rho_{\text{MES}} = 1000(m_1 - m_0)/V$$

Avec :

ρ_{MES} : est la teneur en MES de la solution, en mg/L.

m_0 et m_1 sont respectivement la masse du filtre, en mg, avant et après la filtration,

V : est le volume filtré en ml

-turbidimètre : Appareil de mesure de la turbidité de l'eau, il présente la teneur en matières en suspension, les eaux troubles chargées de substance finement divisées forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Son mode de fonctionnement,

on prend un blanc pour comparer les troubles des eaux à analyser. Puis, on la mesure, et cette valeur-là qui est la référence des analyses

VII-2 Paramètres Chimiques

En analysant ces paramètres chimiques par l'analyse en chromatographie ionique. Son principe s'oppose sur la différence de taille et de charge des ions d'un échantillon et de système de mesure comprenant des phases stationnaires et mobile.

On injecte quelque volume d'eau à analyser (5ml) dans l'injecteur à l'aide d'une seringue. L'eau passe à travers une colonne de séparation et détectée par un détecteur. Enfin, les résultats sont affichés sur l'ordinateur sous forme d'une concentration (en mg/l).

-DBO5 : elle dépendra de l'activité des micro-organismes présents dans l'eau à analyser. La méthode normalisée utilise un oxymètre : appareil électrique équipé d'une sonde qui donnera une mesure instantanée du taux d'oxygène présent dans l'eau. En mesurant le taux d'oxygène dans une éprouvette exempte d'air au jour de la préparation et après 5 jours de culture, il est possible de connaître la part d'oxygène consommée par les micro-organismes pour leurs besoins métaboliques sur cette durée.

Pour la méthode OXYTOP, les éprouvettes seront remplies avec un volume d'échantillon prédéterminé. La présence d'une pastille de soude dans l'éprouvette permettra d'absorber le CO₂ produit pendant les réactions d'oxydation des matières organiques par les bactéries. L'éprouvette étant fermée hermétiquement avec un bouchon spécial équipé d'un manomètre digital à mémoire, il sera possible de mesurer la dépression qui se créera graduellement au fur et à mesure de l'absorption du CO₂. Par corrélation avec une échelle de facteur, il sera possible d'en déduire la DBO5 de l'échantillon.

-DCO : elle estime la quantité d'oxygène nécessaire à un échantillon donné pour être oxydé, la méthode normalisée prévoit l'adjonction de dichromate de potassium pour permettre l'oxydation de toutes les matières organiques ou minérales susceptibles de l'être. Cette réaction s'effectue en milieu acide et le mélange est porté à ébullition en présence d'un catalyseur (AgSO₄). A l'issue de cette réaction, il suffit de titrer le dichromate restant en solution et d'estimer, par différence, la quantité d'oxygène demandée par la réaction. Ce titrage est réalisé en réduisant le dichromate restant par une solution de sel de Mohr [FeSO₄, (NH₄), 2SO₄, 6H₂O]. La ferroïne, indicateur coloré, vire du bleu au rouge lorsque cette réaction est complète.

Expression des résultats :

La demande chimique en oxygène, DCO, exprimée en milligrammes d'oxygène par litre est donnée par la formule :

$$DCO = \frac{8000 \times C \times (V_1 - V_2)}{V_0}$$

Où C est La concentration en mol/l de la solution de sulfate de Fer (II) et d'ammonium.

V_1 est le volume de sel de Mohr dans l'essai Blanc.

V_2 est le volume de sel de Mohr utile dans la prise d'essai.

V_0 est le volume de prise d'essai avant la dilution.

Exprimer le résultat au milligramme par litre le plus proche.

VII-3 Paramètres Biologiques

VII-3.1 Coliforme fécaux

Mettre les supports et les entonnoirs sur la rampe de filtration. Prendre une membrane filtrante stérile et la déposer ensuite sur le support de filtre. Verser dans l'entonnoir les volumes requis. Pour les volumes de 10 ml ou moins, introduire de 20 à 30 ml d'eau tamponnée de rinçage dans l'entonnoir de filtration. Ensuite, prélever à l'aide d'une pipette stérile le volume désiré. Laisser couler l'échantillon sur l'épaulement interne de l'entonnoir. Retirer l'entonnoir et déposer la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur une gélose.

Le plus rapidement possible après la filtration, placer les boîtes de Pétri dans des sacs en polyéthylène, les fermer avec le scelleur, puis les immerger complètement en position inversée dans un bain-marie à $44,5^\circ\text{C} \pm 0,2^\circ\text{C}$ pendant 24 heures \pm 2 heures. L'inversion des boîtes de Pétri empêche la condensation sur les membranes. [16]

L'observation des membranes s'effectue le plus tôt possible après leur sortie de l'incubateur. Choisir les membranes sur lesquelles il y a entre 20 et 60 colonies typiques et au maximum 200 colonies de toutes sortes. L'aspect caractéristique des colonies de coliformes fécaux sur la gélose varie de bleu pâle à bleu foncé. La quantification est obtenue à l'aide de l'équation ci-dessous :

$$X \text{ (UFC/100ml)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de colonies de coliformes fécaux}}{\text{Volume de l'échantillon analysé en ml}}$$

VII-3-2 Spores des bactéries Anaérobies Sulfito-réductrices

Prendre une membrane filtrante stérile et la déposer ensuite sur le support de filtre.

Verser dans un entonnoir les volumes requis. Pour les volumes de 10 ml ou moins, introduire de 20 ml à 30 ml d'eau tamponnée de rinçage dans l'entonnoir de filtration. Ensuite, prélever à l'aide d'une pipette stérile le volume désiré.

La sélection des spores a lieu par chauffage de l'échantillon dans un bain-marie à $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ pendant 15 min. L'échantillon est alors filtré sur membrane (0,45 μm). La membrane est déposée dans le fond d'une boîte de pétri et le milieu TSC (Tryptose sulfite citrate de fer) est coulé sur la membrane. [16]

Placer les boîtes de pétri dans un incubateur à $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 48 heures \pm 3 heures. Les spores forment des colonies végétatives noires. Alors, on exprime le résultat obtenu suivant la formule décrite ci-dessous:

$$X \text{ (UFC/100ml)} = 20 \times \frac{\text{Nombre de colonies}}{\text{Volume de l'échantillon analysé en ml}}$$

VII-3-3 Streptocoques fécaux

Mettre les supports et les entonnoirs sur la rampe de filtration. Prendre une membrane filtrante stérile et la déposer ensuite sur le support de filtre. Verser dans l'entonnoir les volumes requis. Pour les volumes de 10 ml ou moins, introduire de 20 à 30 ml d'eau tamponnée de rinçage dans l'entonnoir de filtration. Ensuite, prélever à l'aide d'une pipette stérile le volume désiré. Laisser couler l'échantillon sur l'épaulement interne de l'entonnoir.

Retirer l'entonnoir et déposer la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur une gélose.

Placer les boîtes de Pétri en position inversée dans un incubateur $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 48 heures \pm 3 heures le plus tôt possible après la filtration. L'inversion des boîtes de

Pétri empêche la condensation de se déposer sur les membranes.

L'observation des membranes s'effectue le plus tôt possible après leur sortie de l'incubateur.

Choisir les membranes sur lesquelles il y a entre 20 et 100 colonies typiques et au maximum 200 colonies de toutes sortes. Les caractéristiques typiques des colonies entérocoques sur gélose sont les suivantes :

- aspect rouge sur toute la surface de la colonie;
- aspect rose sur toute la surface de la colonie;
- aspect rouge au centre et auréolé de rose;
- dimensions variant de 0,5 mm à 3 mm [16]

La détermination quantitative de germes se fait par la formule ci-après :

$$X \text{ (UFC/100ml)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de colonies}}{\text{Volume de l'échantillon analysé en ml}}$$

**PARTIE III : RESULTATS ET
INTERPRETATIONS**

L'expression internationale "break point" a l'avantage d'être concise et imagée.

C'est le "point bas" de la courbe obtenue en portant en ordonnées les teneurs résiduelles de chlore total et en abscisses les quantités de chlore ajouté, point à partir duquel apparaît une teneur résiduelle en "chlore libre".

Ce point est appelé en France « point de rupture ». Cela se produit lors d'une chloration destinée à éliminer l'azote minéral et organique (matières organiques) d'une eau. Cette pollution azotée, lors d'une chloration à taux réduit, donc insuffisant, donne des chloramines au goût désagréable et ne permet pas de maintenir dans les réseaux de distribution d'eau potable, un résiduel de chlore efficace.

La première partie de la courbe correspond à la formation de mono, di et trichloramines. Leur destruction par le chlore ajouté apporte un affaiblissement de la teneur en chlore total, d'où affaissement de la courbe jusqu'au point de rupture précité, à partir duquel tout chlore ajouté se transforme en chlore libre, disponible pour la désinfection. L'écart entre la droite des abscisses et le point de rupture correspond à la présence de trichloramines non réductibles par le chlore. Un excès témoigne d'une très mauvaise qualité de l'eau brute. Le point de rupture est donc d'autant plus bas que les impuretés de l'eau ont été oxydées par le chlore. [17,18]

EXPLICATION DE LA COURBE DE BREAK POINT

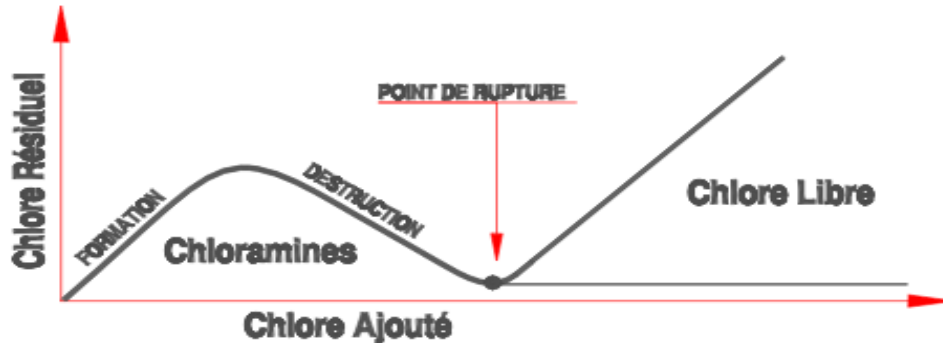


Figure 14: Type de courbe de Break Point

SOURCE : Notice 1578 -Janv. 98

Tableau 6 : Résultats des essais de Break Point

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
di mg/l	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
Vi ml	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
Cl ₂	Trace	0,1	0,15	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,35

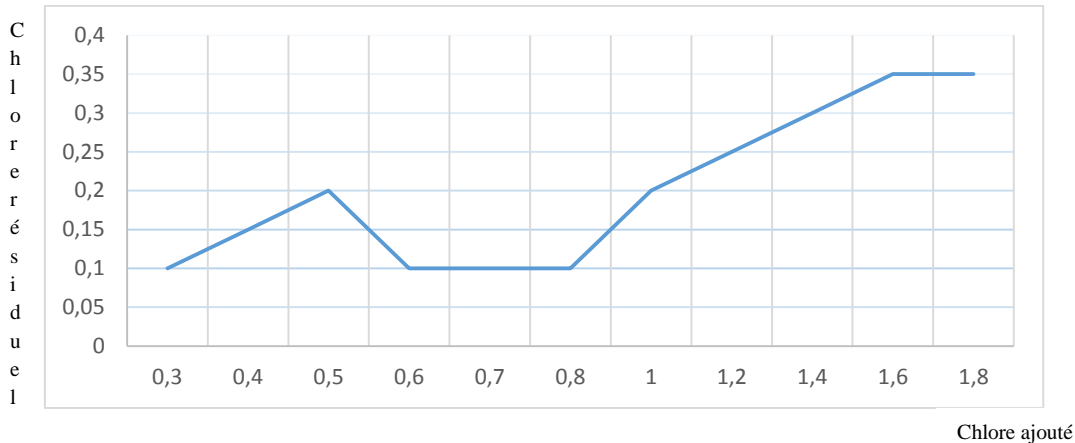


Figure 15: Courbe de Break Point

Entre 0 à 0,6 mg de chlore ajouté il y a formation des chloramines, le point de rupture est de 0,6 à 0,8 mg de chlore ajouté et le chlore libre se trouve entre 0,8 à 1,8 mg. Le point de rupture se trouve entre 0,6 mg à 0,8 mg de chlore par l1. D'après le type de courbe de Break point on doit avoir un seul point de rupture, or ici on a 2 points, alors on fait la moyenne et on a 0,7 mg/l d'hypochlorite pour traiter l'eau de source.

CHAPITRE VIII-ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

Pour connaître la qualité de l'eau de source, les analyses physico-chimiques et bactériologiques sont obligatoires.

VIII-1 Analyses physico-chimiques

Tableau 7 : Résultats physico-chimiques

Echantillon Paramètres	E1(EB)	E2 (EB)	E3 (eau du robinet)	NORME
pH	<i>7,70</i>	<i>7,74</i>	<i>7,52</i>	<i>6,5-9</i>
MES (mg/l)	<i>22,6</i>	<i>21</i>	<i>1,9</i>	<i><30</i>
Turbidité (NTU)	<i>3,52</i>	<i>0,58</i>	<i>0,49</i>	<i><5</i>
Conductivité (µs/cm)	<i>146</i>	<i>142</i>	<i>139</i>	<i><3000</i>
Température (°C)	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i><25</i>
TDS (mg /l)	<i>78</i>	<i>76</i>	<i>76</i>	
Salinité (mg/l)	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	
Nitrate (mg/l)	<i>1,332</i>	<i>2,633</i>	<i>2,795</i>	<i>50</i>
Nitrite (mg/l)	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,1</i>
Phosphate (mg/l)	<i>2,332</i>	<i>3,128</i>	<i>0</i>	<i>4</i>
Chlorure (mg/l)	<i>1,156</i>	<i>2,802</i>	<i>2,505</i>	<i>250</i>
Fluorure (mg/l)	<i>0,695</i>	<i>0,763</i>	<i>0,778</i>	<i>1,5</i>
Sulfate (mg/l)	<i>1,117</i>	<i>5,002</i>	<i>6,251</i>	<i>250</i>
Bromure (mg/l)	<i>0,256</i>	<i>0,582</i>	<i>0,763</i>	
DBO₅ (mg/l)	<i>3</i>	<i>2,5</i>	<i>0,5</i>	<i>1A</i>
DCO (mgO₂/l)	<i>27,4</i>	<i>22,2</i>	<i>18,4</i>	<i>1A</i>

Les résultats trouvés sur l'analyse physico-chimique de l'eau brute est conforme à la norme de potabilité malagasy du Décret n°2004-635 du 15/06/04. En plus cette eau de source a déjà été étudié depuis longtemps par le chef de préfecture « Le Chevonto » pendant son époque, mais cette analyse doit continuer et évoluer car il se peut que la qualité de la source change à cause des facteurs du milieu ou autre chose afin que les clients puissent être satisfaits par le produit.

VIII-1-1 Interprétations des paramètres physiques

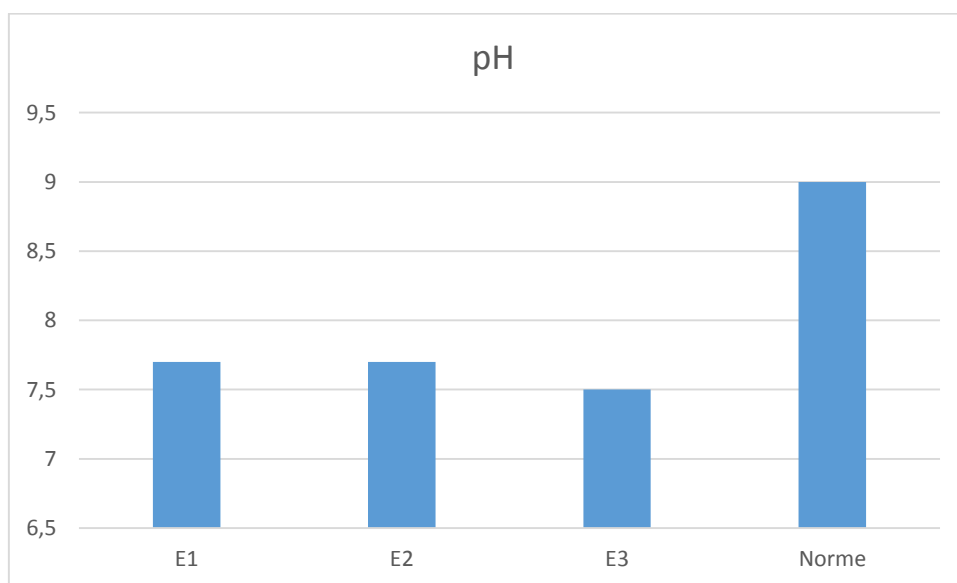


Figure 16 : pH

Le pH de l'eau est au-dessus de 7 ce qui montre que l'eau prend une nature basique, ceci est peut être due à l'activité autour de la source. Cette basicité de l'eau n'affecte pas la santé car elle suit la norme.

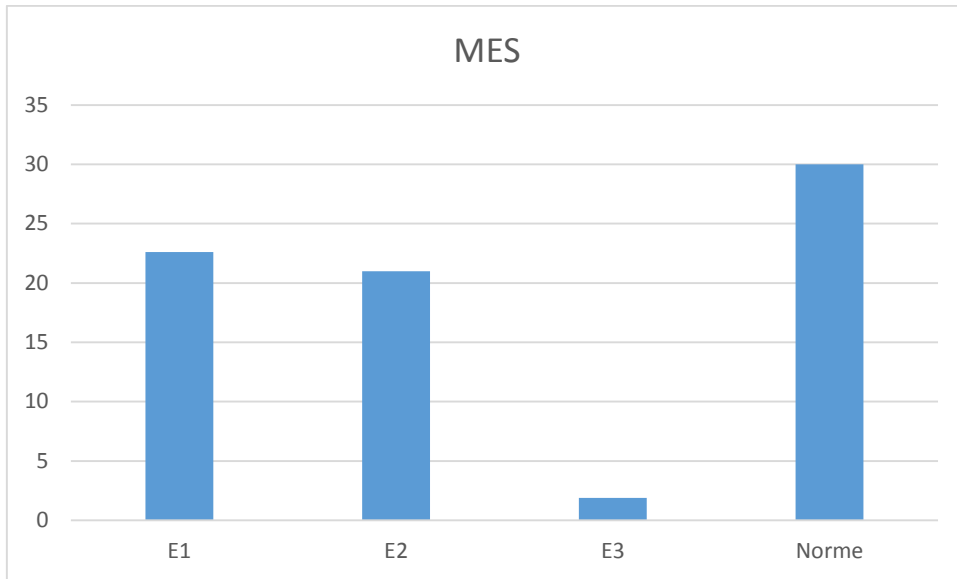


Figure 17 : MES

Le taux de MES n'est pas le même sur les échantillons car l'eau est filtré par deux point différente avant son entrer dans la bêche.

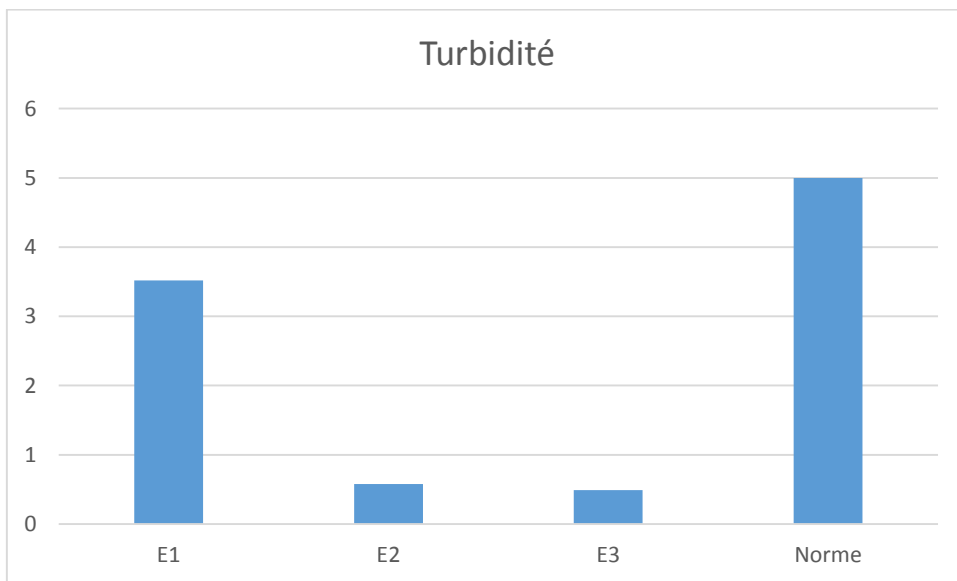


Figure 18 : Turbidité

On a constaté que l'échantillon E1 est très différent de E2 et E3. Sa valeur de turbidité est plus élevé car elle possède des matières en suspension les plus élevés à cause des filtrages subit à E2 et E3

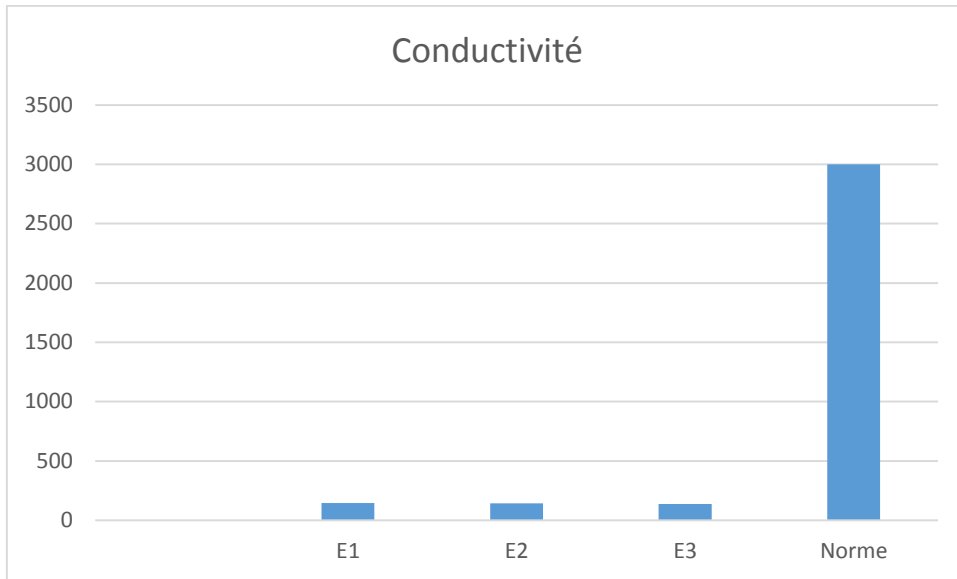


Figure 19 : Conductivité

La conductivité permet de déterminer la capacité de l'eau à conduire l'électricité et de connaître la quantité de sels dissous dans l'eau et de vérifier aussi l'existence de pollution dans l'eau. Ces valeurs sont très inférieures à la norme.

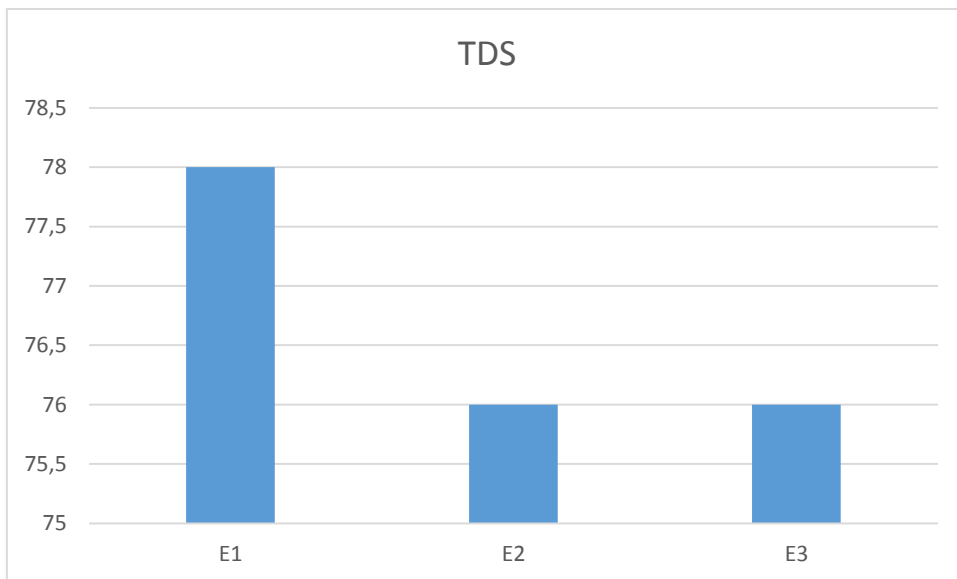


Figure 20 : TDS

La concentration des solides dissous indique le taux de sels inorganiques et de matières organiques présents dans l'eau en présence des égouts ou des ruissellements autour de la zone de captage. Ces valeurs trouvées sont très inférieures à la norme de l'OMS et selon la norme Malagasy il n'y a pas de limite sur le TDS.

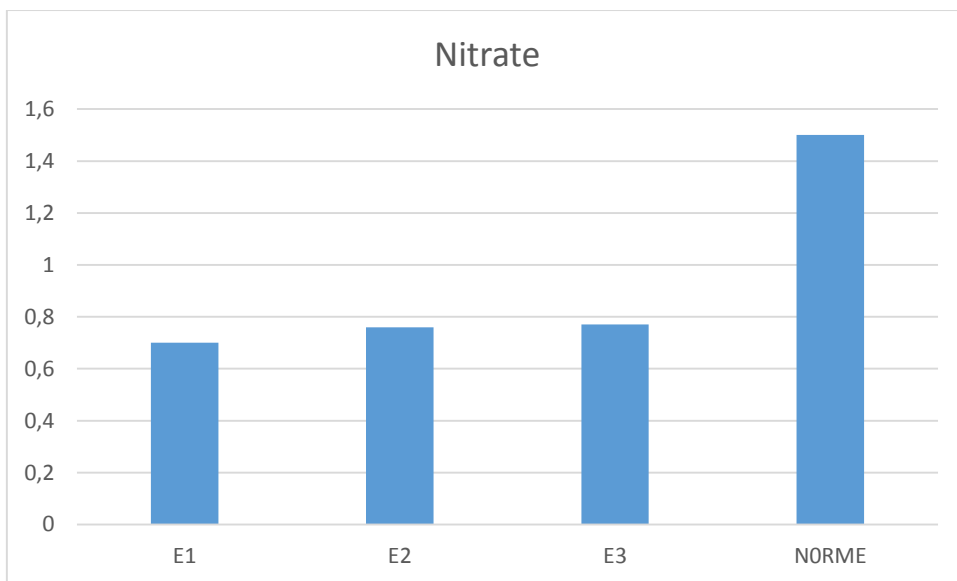
VIII-1-2 Interprétations des paramètres chimiques

D'après les résultats trouvés tout le paramètre chimique suit la norme de potabilité. La présence de ces paramètres dans l'eau de source est à cause du milieu environnant la source comme :

La présence des nitrates est souvent liée à l'activité agricole qui se trouve dans la zone de la source

Les phosphates sont d'origine anthropique, issus des engrais et des détergents. Ils constituent une forme soluble de phosphore.

Le fluorure est la forme ionique du fluor que l'on trouve en abondance dans la nature, principalement dans l'eau et dans le sol



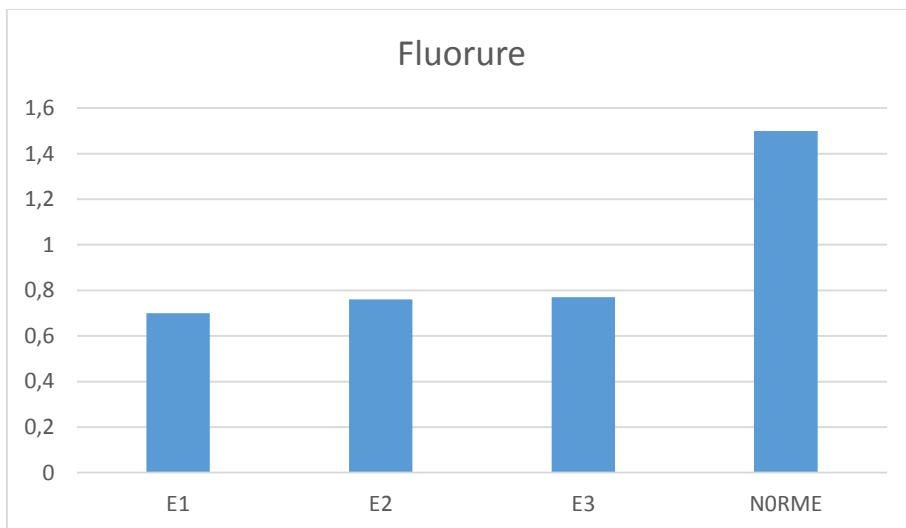
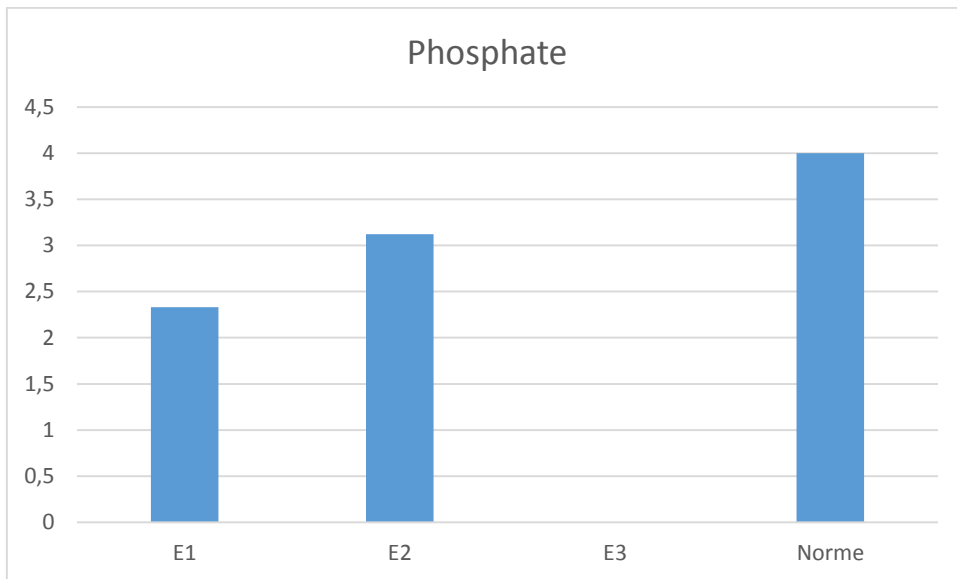


Figure 21 : Paramètres Chimiques

VIII-2 Analyse bactériologiques

L'objectif de cette analyse est de rechercher soit celle qui est susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui sont indicatrices de contamination fécales.

On prélève 100 ml d'eau à analyser ou 100ml de ses dilutions décimales. Puis, on filtre à travers une membrane stérile de porosité 0,45µm et de diamètre 47mm. La dilution consiste à mélanger des quantités exactes de l'échantillon et de l'eau distillée stérile jusqu'à l'obtention d'une concentration adéquate pour le dénombrement des germes

Tableau 8: Résultats de l'analyse bactériologiques de l'eau brute

Paramètres	<i>Coliformes fécaux</i> /100ml	<i>Escherichia coli</i> /100ml	<i>Spores de bactérie anaérobie sulfito-réductrices</i> /20ml	<i>Streptocoques fécaux</i> /100ml
Résultats	<1	<1	<1	<1
NORME MALAGASY	0	0	<2	0

Tableau 9 : Résultats de l'analyse bactériologiques de l'eau traitée

Paramètres	<i>Coliformes fécaux</i> /100ml	<i>Escherichia coli</i> /100ml	<i>Spores de bactérie anaérobie sulfito-réductrices</i> /20ml	<i>Streptocoques fécaux</i> /100ml
Résultats	<1	<1	<1	<1
NORME MALAGASY	0	0	<2	0

Les résultats de l'analyse microbiologique de l'eau ont toute une valeur inférieure à 1 ce qui n'est pas conformes à la norme Malagasy que ce soit en eau brute ou eau traitée. Ces résultats montrent que le passage de l'eau de source depuis les puits jusqu'au robinet est quasi le même, ceci est due au matériel utilisé par la société depuis la source jusqu'au point de stationnement, pour garder la qualité de l'eau et qu'il y a présence des bactéries. Le nombre de ces bactéries sont négligeable car dans 100 ml d'échantillons il existe des bactéries au nombre négligeable. Cette valeur n'a pas d'influence sur la santé des clients qui utilise cette eau car aucun de ces clients n'a encore mentionnée à la société que l'eau les rend malade.

PARTIE IV : RECOMMANDATIONS

D'après la descente sur terrain, l'entourage de la source d'Ambatondrazaka n'est pas très convaincant pour garder la qualité de l'eau :

-Il faut mettre des clôtures pour protéger la source afin que les villageois n'entre pas dans l'enceinte.

-Le traitement de l'eau est un traitement simple, il faut faire un traitement complet même si la désinfection est efficace

-Pour le moment la production en eau d'Ambatondrazaka reste le même depuis longtemps, or le nombre de la population ne cesse d'augmenter et la demande en eau potable continuera de grimper. Il faut donc chercher un moyen pour pouvoir approvisionner la ville dans quelque année, comme chercher une autre source pour combler le besoin en eau, mais il faut aussi refaire l'étude sur la potabilité car la présence d'une autre source remet tout en question la potabilité de l'eau et le traitement convenable pour que les clients restent satisfaits.

-Les matériels de la JIRAMA devrait être remplacé car les matériels sont ancienne et peut causer des problèmes sur la production en eau

CONCLUSION

Pour conclure, l'eau de source d'Ambatondrazaka existe depuis longtemps et est utilisée par les villageois. Cette eau de source peut constituer des effets sur la santé des gens s'il n'est pas étudié de près. Le traitement est nécessaire pour que les gens puissent boire de l'eau en sécurité sans se soucier d'être malade. Ce traitement est aussi choisi suivant la qualité de l'eau à traiter. Le traitement de l'eau de source d'Ambatondrazaka est l'utilisation de l'hypochlorite de Calcium qui est un traitement simple à cause de la qualité de l'eau. L'eau de source a un bon paramètre physico-chimique et microbiologique d'après les analyses effectuées car cette qualité de l'eau suit la norme malagasy de potabilité, donc l'eau de source d'Ambatondrazaka est potable. Le traitement effectué est efficace pour que l'eau devienne potable, en plus personne n'a encore plaidé auprès de la société pour la potabilité de cette eau, les gens sont donc satisfaits du travail de la société JIRAMA Ambatondrazaka. Ce qui confirme encore la potabilité de l'eau mais, il reste encore quelque progrès à faire pour garder cette qualité de l'eau, et la société doit faire beaucoup de soin surtout au près du lieu de la source car tôt ou tard la qualité de l'eau se dégradera si la source n'est pas bien protégée.

Et il faut ajouter des réservoirs d'eau et ou renforcer la source existante car la ville continue de grandir et le besoin en eau sera encore beaucoup plus qu'aujourd'hui.

REFERENCE BIBLIOGRPHIQUE

- [1] Source : JIRAMA Ambatondrazaka, 2007 ; JIRAMA Moramanga, 2007 ; 5 Districts de la Région Alaotra-Mangoro
- [4] information tirée par les personnels de la commune urbaine d'Ambatondrazaka
- [5]Angelika Kessler et Rebecca Kabura, Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, 2008
- [6]OFSP Aout 2010, Procédés reconnue destinés au traitement de l'eau potable
- [7]H. JARID ET K. AMZIL, Traitement de l'eau par filtration sur sable, 2011-2012
- [8]FINDAE N°14 2002 Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau
- [9]MAUREL A (1993), Techniques séparatives à membranes : osmose inverse, nanofiltration, ultrafiltration, microfiltration tangentielle – Considérations théoriques, in Techniques de l'Ingénieur, p.p. 1-24.
- [10]H. Amadou et al. / Larhyss Journal, 20 (2014), 25-41
- [11]Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud (PROD/2013/-00073/OT/PF/VL/MC) du 18/11/13
- [12]Ludovic JEZEQUEL, BTS chimiste-lycée Coeffin-Baie Mahault, 2002
- [13]ACF, (2007), Eau Assainissement hygiène pour les populations à risque, 2e édition
- [15]Mme HERIARIVONY Soanirina Claudeline Analyses physicochimiques, microbiologiques et traitement de l'eau destinée à la consommation dans la commune rurale d'AntanifotsyVakinakaratra (D.E.A.) avril 2013
- [16]RODIER Jean et all - L'analyse de l'eau - Dunod - 8ème édition – 1996
- [17]RODIER : « L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.EdDunod, Paris ». (2005)
- [18]SAUNIER B. Kinetics of breakpointchlorination and disinfection. Thèse de doctorat. Berkeley Avril 1976

WEBOGRAPHIE

[2] www.Waterisgoodforyou.be

[3] http://environnement.ecoles.free.fr/pollution_eau.htm

[14] Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation

ANNEXE

ANNEXE 1

Les critères de potabilité :

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts. Fixés par le ministère de la santé, les critères d'une eau "propre à la consommation" sont au nombre de 63, ils portent sur :

* La qualité microbiologique :

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène.

* La qualité chimique :

Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites "indésirables " ou " toxiques".

* La qualité physique et gustative :

L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable.

* Les substances "indésirables":

Leur présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (le fluor et les nitrates par exemple).

* Les substances aux effets toxiques :

Le plomb et le chrome en font partie. Les teneurs tolérées sont extrêmement faibles.

* Les eaux adoucies ou déminéralisées:

Les eaux traitées par un adoucisseur d'eau doivent contenir une teneur minimale en calcium ou en magnésium, de même qu'en carbonate ou en bicarbonate.

ANNEXE 2

Norme de traitement :

Tableau 10 : normes de potabilité Malagasy

(Décret n°2004-635 du 15/06/04)

PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES	NORME
ODEUR	ABSENCE
COULEUR	INCOLORE
SAVEUR DESAGREABLE	ABSENCE

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

PARAMETRES CHIMIQUES	UNITE	NORME	
		MINIMA	MAXIMA
			ADMISSIBLE

ELEMENTS NORMAUX

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

ELEMENTS INDESIRABLES

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

ELEMENTS TOXIQUES

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

GERMES PATHOGENES ET INDICATEURS DE

POLLUTIONS FECALE:

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

ANNEXE 3

Recommandations OMS

Conditions normales de chloration (permettant un abaissement de 99 % de la concentration en bactéries telles qu'Escherichia coli) :

- temps de contact du chlore avant utilisation de l'eau traitée de 30 minutes
- pH de l'eau brute inférieur à 8
- turbidité de l'eau traitée inférieure à 5 NTU

Lorsque la turbidité se situe entre 5 NTU et 30 NTU, l'eau est turbide, elle doit être traitée par filtration et/ou décantation avant de subir une désinfection.

Lorsque l'eau est fortement turbide ($NTU > 30$), un traitement par décantation doit être effectué, puis suivi par une filtration, et une désinfection. Si elles ne sont pas possibles, il est recommandé de rechercher une nouvelle source d'eau

Mesure du pH à la JIRAMA

ANNEXE 4

Mesure du pH et Chlore par la JIRAMA

Principe (pH)

L'eau à analyser en présence de réactif colorimétrique prend, avec les ions H⁺, une coloration dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en H⁺

Matériels utilisés

- Comparateur standard
- Cuvettes graduées A/B
- Plaquettes étalon choisie dans la liste ci-dessous (tableau 11)

Mode Opérateur

Prendre une cuvette, la rincer deux fois avec l'eau à analyser et la remplir jusqu'au trait B.

Ajouter le réactif colorimétrique selon la plage du pH de l'eau.

Boucher la cuvette, agiter la solution colorée obtenue. La placer dans le comparateur du côté repère « Réactif »

Rincer et remplir l'autre cuvette avec de l'eau à analyser, la placer à côté de la précédente.

Au moyen du comparateur et d'une plaquette étalon correspondant, déterminer le pH en faisant coulisser la plaquette sous la face antérieure jusqu'à égalisation de couleur.

Lire la valeur du pH.

REMARQUES

- Faire la comparaison de couleur face à la lumière mais non au soleil.
- Si la teinte de l'eau analysée est comprise entre celles de deux écrans colorés, prendre la moyenne des valeurs correspondant à ces deux écrans.

Tableau 11: mode d'emploi su la mesure 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	Rouge de Chlorophénol	Rouge de Chlorophénol	6
6,0 à 7,6	Bleu de Bromothymol	Bleu de Bromothymol	6
7,0 à 8,6	Rouge de Phénol	Rouge de Phénol	4
8,6 à 10.2	Phénolphtaléine	Phénolphtaléine	6

Détermination du Chlore par méthode de « break point »

Tableau 12 : méthode de break pointe

<p><u>CHLORE :</u></p> <p><u>Matériel :</u> plaquette chlore libre (0.1-2 g/l)</p> <p>Comparateur</p> <p>Tube à essai</p> <p>Orthotolidine (réactif d'analyse)</p> <p><u>Préparation :</u> ouvrir le robinet a débit constante</p> <p>Laisser pendent 2-5mn</p> <p>Verser 1/2d'eau dans ce tube</p> <p>6 goutes d'Orthotolidine</p> <p>Mélanger</p> <p>Vérifier par la plaquette en utilisant de couleur jaune</p> <p>Pour vérifier le taux de chlorure d'hydrogène</p>	<p><u>BLEU DE BROMOTHYMOLE :</u></p> <p><u>Matériel :</u> plaquette BBT (0.1-8g/l)</p> <p>Comparateur</p> <p>Tube à essai</p> <p>BBT (réactif d'analyse)</p> <p><u>Préparation :</u> ouvrir le robinet a débit constante</p> <p>Laisser pendent 2-5mn</p> <p>Verser 1/2d'eau dans ce tube</p> <p>6 goutes de BBT</p> <p>Mélanger</p> <p>Vérifier par la plaquette en utilisant de couleur bleu</p> <p>Pour vérifier le taux de chlorure d'hydrogène</p>
---	---

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

Principe

La méthode consiste à ajouter à un même volume d'eau des doses croissantes d'hypochlorite de calcium. Le taux de chlore résiduel mesuré au bout d'un temps donné en fonction de la dose à ajouter passe par un minimum appelé Break Point avant d'augmenter régulièrement. Le taux de chlore optimal sera supérieur à ce taux minimal.

Réactifs

Hypochlorite de calcium 1g/L (1ml contient 1mg d'hypochlorite)

Orthotolidine

Matériels

12 récipients (Béchers de 1l, 500ml ou 250ml)

Pipettes de 1ml ou 2ml

Comparateur Hydrocure

Plaquette chlore libre 0,1 à 2 mg/l

Mode opératoire :

Dans une série de 12 récipients d'un volume donné. Introduire V ml d'eau à désinfecter.

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

Agiter et couvrir chaque récipient d'une feuille de papier. Laisser en contact 30 mn.

Agiter au milieu et à la fin de l'expérience.

Mesurer le chlore résiduel dans les 12 Béchers.

Expression des résultats :

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

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

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

ANNEXE 5

Comment détermine-t-on la pollution de l'eau ?

Pour mesurer la pollution de l'eau, on utilise aussi le phosphore total, les phosphates des paramètres microbiologiques, tels que le nombre de coliformes fécaux, et des paramètres chimiques variés, envisagés en fonction de l'environnement local, tels que teneur en métaux lourds, pesticides, etc. A partir de ces paramètres, des grilles définissent des classes de qualité de l'eau. Ainsi, pour la qualité générale on a

Tableau 13 : qualité de l'eau

Classes		1A	1B	2	3	HC
DBO5	mgO2/l	<= 3	de 3 à 5	de 5 à 10	de 10 à 25	> 25
DCO	mgO2/l	<= 20	de 20 à 25	de 25 à 40	de 40 à 80	> 80
O2 dissous	mg/l	> = 7	de 5 à 7	de 3 à 5	< 3	
NH4+	mg/l	< = 0,1	de 0,1 à 0,5	de 0,5 à 2	de 2 à 8	> 8

1A : Bonne. Absence de pollution de l'eau significative.

1B : Assez bonne. Pollution de l'eau modérée.

2 : Médiocre. Pollution de l'eau nette.

3 : Mauvaise. Pollution de l'eau importante.

HC : Hors Classe. Pollution de l'eau très importante.

DCO : Demande chimique en oxygène.

Ces grilles permettent d'établir des cartes de la qualité des cours d'eau (donc de la pollution de l'eau), de définir des objectifs de qualité servant de cadre pour déterminer les autorisations de rejet et l'importance des traitements à effectuer.

Nom: RATOLOJANAHARY

Prénoms: Tojo Mahenintsoa

E-mail: tojojo8888@gmail.com

Titre: Evaluation de la qualité d'une eau de source : cas de la source d'Ambodiakondro eau de captage pour JIRAMA Ambatondrazaka

Nombre des pages : 51

Nombre des figures : 21

Nombre des tableaux : 13



Résumé

Ce travail a pour but d'évaluer la qualité d'une eau de source. Un diagnostic des paramètres physico-chimiques de l'eau de source a été effectué à la société JIRAMA Ambatondrazaka. Une proposition de traitement été choisi selon la qualité de l'eau pour pouvoir atteindre la potabilité de l'eau. Les résultats obtenus montrent un pH de 7,52 ; un taux de MES 1,9 mg/l suivit de turbidité de 0,49 NTU ; avec un taux de conductivité de 139 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et une température de 20°C, de TDS = 76mg/l et de salinité 0,1mg/l. Parmi les paramètres chimiques nous avons obtenu une valeur de $\text{NO}_3^- = 2,79 \text{ mg/l}$; de $\text{Cl}^- = 2,5 \text{ mg/l}$; pour le $\text{F}^- = 0,77 \text{ mg/l}$ et de $\text{SO}_4^{2-} = 6,28 \text{ mg/l}$. Ces analyses montrent que l'eau est potable car la source respecte la norme de potabilité Malagasy. Toutefois l'eau est menacée car les moyens de protection contre la pollution ne sont pas très efficaces.

Mots clés : eau potable, traitement, désinfections, norme, pollution

Abstract

This work aims to evaluate the quality of a spring water. A diagnosis of the physicochemical parameters of the spring water was carried out at the company JIRAMA Ambatondrazaka. A proposal of treatment was chosen according to the quality of the water to be able to reach the potability of the water. The results obtained show a pH of 7.52; a MES of 1.9 mg / l followed by turbidity of 0.49 NTU; with a conductivity of 139 $\mu\text{S} / \text{cm}$ and a temperature of 20 ° C, TDS = 76mg / l and a salinity of 0.1mg / l. Among the chemical parameters we obtained a value of $\text{NO}_3^- = 2.79 \text{ mg / l}$; of $\text{Cl}^- = 2.5 \text{ mg / l}$; for $\text{F}^- = 0.77 \text{ mg / l}$ and $\text{SO}_4^{2-} = 6.28 \text{ mg / l}$. These analyzes show that the water is potable because the source respects the standard of Malagasy potability. However, water is threatened because the means of protection against pollution are not very effective.

Key words: drinking water, treatment, disinfection, norm, pollution

Encadreur : RAVELONANDRO Pierre Hervé, Professeur Titulaire