

MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE

-----  
UNIVERSITE DE BAMAKO  
-----

REPUBLIQUE DU MALI  
Un Peuple – Un But – Une Foi

**FACULTE DE MEDECINE DE PHARMACIE ET  
D'ODONTO-STOMATOLOGIE**

ANNEE UNIVERSITAIRE 2004 – 2005

N° --- /

**QUALITE ORGANOLEPTIQUE DE L'EAU DE  
CONSOMMATION PRODUITE ET DISTRIBUEE  
PAR L'EDM.SA DANS LA VILLE DE BAMAKO :  
EVALUATION SAISONNIERE**

**THESE**

*Présentée et soutenue* publiquement le - 05 Mars 2005

Devant la *Faculté de Médecine de Pharmacie et D'odonto-stomatologie*

Par **Alpha Sidiki MAIGA**

Pour obtenir le *grade de Docteur en Pharmacie*.( DIPLOME D'ETAT)

**JURY**

*Président* : Professeur Boubacar Sidiki CISSE

*Membres* : Maître de conférences Massa SANOGO

Monsieur Mamadou DEMBELE

*Directeur de thèse* : Professeur Gaoussou KANOUTE

## DEDICACES

Au tout puissant Allâh

A toi la louange, Ô la lumière des cieux ; de la terre et de ce qu'ils renferment.  
Gloire à toi de nous avoir assisté de ta lumière et en toute circonstance matin et soir.

Au Prophète Mouhammad

Que les bénédictions et la paix de Dieu soient sur toi. Nous te témoignons nos respects et notre gratitude » pour tout ce que tu as fait pour le bien de l'humanité.

A mes défuntés sœurs

Elles nous ont quitté au moment où nous avons besoin d'eux. Mais leur souvenir est et restera toujours gravé dans nos esprits, car le temps peut diminuer la douleur mais n'amène jamais l'oubli.

Que Dieu Tout puissant vous accueille dans sa miséricorde !

A mon père Feu Sidiki Maïga

Vous avez fait d'énormes sacrifices pour vos enfants, et vous n'avez cessé de nous prodiguer des conseils pour le droit chemin. Que votre simplicité et votre respect pour les autres me servent d'exemples !

A ma mère Aïssata Théra

Vous avez guidé mes pas, veillé sur moi et vous m'avez toujours entouré de cette tendresse que seules les mères sont capables d'offrir. Je vous demande

pardon et votre bénédiction nuits et jours. Je ne trouverai pas le mot ici pour vous exprimer mes sentiments.

A mes frères et sœurs

Votre soutien sans réserve et vos encouragements m'ont permis d'affronter beaucoup d'épreuves. Ce travail est le votre. A vous toute ma reconnaissance.

## REMERCIEMENTS

- ▶ A l'Etat Malien :

Chère Patrie, Tu as fait de moi un homme éclairé.

Ce travail est l'aboutissement d'énormes efforts et de sacrifices consentis par  
Toi .

Je te mettrais au-dessus de toutes mes préoccupations.

- ▶ A tous mes maîtres et maîtresses de la première année de l'école fondamentale à la sixième année de faculté pour tout le savoir-faire et le savoir être que vous m'avez inculqué.

- ▶ A l'ensemble du personnel de la F.M.P.O.S, pour votre disponibilité constante.

- ▶ Au personnel du Laboratoire Central d'analyses des eaux de l'énergie du Mali (E.D.M ) et à tous les stagiaires qui y sont passés au cours de mon séjour :  
Pour votre contribution précieuse à ce travail, votre sympathie et votre solidarité à mon égard.

En témoignage des moments passés ensemble ; je n'oublierai jamais votre constante disponibilité.

Que Dieu préserve l'entente et la compréhension qui ont toujours existé entre nous.

- ▶ A Mr CISSE, chef de Département Aliments Eaux et Boissons du Laboratoire National de la Santé, pour votre disponibilité, votre rigueur

scientifique et votre sens élevé du devoir bien fait.

▶ Aux personnels du LNS de la Pharmacie les Halles, de la Pharmacie Sané Moussa Diallo, pour votre encouragements sans réserve.

▶ A mes oncles, tantes, cousins et cousines, pour votre courtoisie, votre sympathie et votre solidarité à mon égard.

▶ A toutes les personnes de près comme de loin qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

▶ A mes frères, sœurs, neveux et nièces : Votre soutien sans réserve et vos encouragements m'ont permis d'affronter beaucoup d'épreuves. Ce travail est le votre.

A vous tous ma reconnaissance.

▶ A mes camarades de promotion, pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble durant ces six petites années.

Que Dieu nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

▶ A mes ami(es) : Pour votre sympathie, et votre solidarité. Je n'oublierai jamais votre constante disponibilité.

► **AUX MEMBRES DU JURY**

**A notre Maître et président du jury**

**Professeur Boubacar Sidiki CISSE**

**Professeur de Toxicologie à la FMPOS**

**Ancien Recteur de l'université du Mali**

**Conseiller technique au Ministère de la Santé**

*Cher maître ,C'est un insigne honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury. Nous avons toujours été défiés et encouragés par votre lutte pour la cause des études et de la profession pharmaceutique. Nous vous remercions pour votre disponibilité. Vos critiques et suggestions ne feront qu'améliorer la qualité de ce travail.*

*Nous vous*

*prions de trouver ici cher Maître, l'expression de notre reconnaissance et*

*notre profond respect*

**Merci cher Maître**

**A notre Maître et juge**

**Maître de conférences Massa SANOGO**

**Maître de conférences en Chimie Analytique à la FMPOS et à la FAST.**

**Premier assesseur du doyen de la FMPOS**

*Cher maître, votre disponibilité, votre courage, votre courtoisie, votre*

*simplicité*

*à la faculté témoignent votre énorme sollicitation.*

*Nous avons apprécié à sa juste valeur votre enseignement.*

*Nous n'avons pas été surpris de vous voir accepter sans aucune difficulté*

*de siéger à ce jury.*

*Nous vous*

*prions de trouver ici cher Maître, l'expression de notre reconnaissance et*

*notre profond respect*

**Merci cher Maître**

**A Monsieur Mamadou DEMBELE**

**Ingénieur chimiste, spécialisé dans la protection de l'environnement et  
l'exploitation rationnelle des ressources naturelles**

**Chef de service du laboratoire central de l'eau EDM.SA**

*En nous acceptant au sein de votre service, vous nous ouvrez beaucoup de  
portes. Votre sens élevé du devoir bien fait et votre rigueur scientifique font de  
vous un chef de service compétent et responsable.*

*Ce travail est l'aboutissement d'énormes sacrifices consentis par vous.*

*Veillez accepter Monsieur nos sincères remerciements et notre profonde  
reconnaissance.*

**Merci Monsieur**

**A notre Maître et directeur de thèse**

**Professeur Gaoussou Kanouté**

**Professeur de Chimie Analytique à la FMPOS.**

**Inspecteur de la santé.**

**Directeur du laboratoire national de la santé.**

*Vous nous honorez en acceptant de diriger cette thèse malgré vos multiples  
préoccupations.*

*Votre simplicité, votre sérieux, vos qualités humaines, votre amour pour  
l'enseignement*

*font de vous un enseignant envié au sein de cette faculté.*

*Nous vous*

*prions de trouver ici cher Maître, l'expression de notre reconnaissance et  
notre profond respect*

**Merci cher Maître**

## Sigles et abréviations

**AFNOR** : Association Française de Normalisation  
**Asacodjip** : Association santé communautaire de Djicoroni Para  
**BASR** : Bactéries anaérobies sulfite-réductrices  
**Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>** : Bicarbonate de calcium  
**C.E.E** : Communauté Economique Européenne  
**Coli. Totaux** : Coliformes totaux  
**Cond** : Conductivité  
**E. coli** : Echerichia coli  
**E.D.M** : Energie Du Mali  
**E.D.T.A** : Acide éthylène diamine tétra-acétique  
**Entero** : Entérocoques  
**Fer T** : Fer total  
**H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** : Acide carbonique  
**Kg** : Kilogramme  
**KMnO<sub>4</sub>** : Permanganate de potassium  
**LCO** : Laboratoire central de l'eau EDM SA  
**m** : Mètre  
**MES** : Matières en suspension  
**mg/l** : Milligramme par litre  
**Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>** : Bicarbonate de Magnésium  
**Mn** : Manganèse  
**Moy** : Moyenne  
**Nacl** : Chlorures de sodium  
**NaHCO<sub>3</sub>** : Bicarbonate de sodium  
**Nbre** : Nombre  
**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Ammonium  
**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrites  
**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitrates  
**NTU** : Unité Néphrélométrique de Turbidité  
**O<sub>2</sub>** : Oxygène  
**O.M.S** : Organisation Mondiale de Santé  
**Oxyd** : Oxydabilité  
**pH** : Potentiel d'Hydrogène  
**Sal** : Salinité  
**T°** : Température  
**TH** : Titre Hydrométrique ( dureté)  
**T.D.S** : Solides Totaux Dissous  
**Turb** : Turbidité  
**UCV** : Unité de couleur vraie  
**USA** : United States of America ( Etats Unis )

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>13</b>
<b>PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>16</b>
<b>I. GENERALITES SUR LES EAUX DE SURFACES : .....</b>	<b>17</b>
1. Origine .....	17
2. Caractéristiques générales.....	17
3. Quelques paramètres: .....	18
4. Potabilité des eaux de surface : .....	18
5. Qualité :.....	18
6. Caractéristiques d'une eau potable : .....	19
<b>II. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES .....</b>	<b>20</b>
1. Couleur :.....	20
2. Turbidité :.....	20
3. Température : .....	20
4. Goûts et Odeurs.....	21
4.1 Définitions .....	21
4.2 Principaux types avec exemples :.....	22
<b>III. PARAMETRES AFFECTANT LA QUALITE</b>	
<b>ORGANOLEPTIQUE : .....</b>	<b>24</b>
1. Ammonium : ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	24
2. Nitrates et Nitrites : ( $\text{NO}_3^-$ et $\text{NO}_2^-$ ) .....	24
3. Matières organiques : .....	25
4. Fer et manganèse : .....	25
5. Phosphates : .....	25
6. Gaz dissous : .....	26
7. Sulfates: ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	26
8. Chlorures : .....	26
9. Chlore : ( $\text{Cl}_2$ ) .....	26
10. pH :.....	27
11. Solvants chlorés : .....	27
12. Phénols et dérivés : .....	27
13. Hydrocarbures : .....	27
14. Pesticides ou herbicides : .....	28
15. Impuretés de nature biologiques : .....	28
<b>IV. TRAITEMENTS ADAPTES POUR L'ELIMINATION DES</b>	
<b>PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES .....</b>	<b>30</b>
1. Coagulation-floculation : .....	30

2. Charbon actif : .....	30
3. Aération : .....	30
<b>V. CADRE DE L'ETUDE : .....</b>	<b>31</b>
1. La station de pompage de Bamako : .....	31
2. Le réseau EDM.SA à Bamako et environs: .....	31
3. Le laboratoire central de l'eau EDM.SA à Bamako : .....	31
<b>DEUXIEME PARTIE : ETUDE PERSONNELLE.....</b>	<b>34</b>
<b>I. OBJECTIFS.....</b>	<b>35</b>
1. Objectif général : .....	35
2. Objectifs spécifiques : .....	35
<b>II. METHODOLOGIE.....</b>	<b>36</b>
1. Prélèvements : .....	36
1.1 Captage: .....	36
1.2 Sortie station .....	36
1.3 Réseau : .....	36
2. Méthodes d'analyses : .....	37
2.1 Détermination des paramètres physico-chimiques.....	37
2.2 Détermination des paramètres bactériologiques : .....	49
2.3 Détermination du goût et odeur : .....	50
<b>III. RESULTATS ET COMMENTAIRES.....</b>	<b>53</b>
1. Résultats obtenus : .....	53
1.1 Captage : .....	53
1.2 Sortie Station: .....	55
1.3 Réseau de distribution : .....	57
2. Analyses et discussions : .....	59
2.1 Saison sèche.....	59
2.2 Hivernage : .....	61
3. Etude comparative : .....	63
3.1 Captage : .....	63
3.2 Sortie station : .....	65
3.3 Réseau de distribution : .....	65
<b>IV. CONCLUSION .....</b>	<b>67</b>
<b>V. RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>69</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>70</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>71</b>

## INTRODUCTION

L'homme a besoin de 25 à 50g d'eau par kilogramme de son poids pour vivre dans les conditions normales, c'est à dire pour un adulte de 2 à 3 litres par jour. L'eau entre pour 60 à 90% en poids dans la constitution des animaux et végétaux.

Généralement on ne peut survivre pendant plus de 2 jours sans eau ; on peut perdre 40% de son poids corporel, tout le glycogène, toute la graisse, la moitié de ses protéines et survivre encore. Mais la perte de 10% d'eau corporelle entraîne de graves conséquences surtout chez les nourrissons et les enfants. La perte de 20% entraîne la mort.

Selon l'OMS, 30.000 personnes par jour environ, approximativement 10 millions par an, meurent en raison de l'insuffisance ou de la mauvaise qualité de l'approvisionnement en eau et de conditions d'hygiène déplorables [16].

Cependant avec l'accroissement démographique et le développement socioéconomique, il est certain que les besoins en eau et les exigences de qualité ne cesseront de croître. Dans ces conditions, l'eau fait l'objet d'une attention particulière de la part des hygiénistes et des agents de la santé publique en général.

Lors des précipitations, l'eau ruisselle ou s'infiltré et se charge en composants des sols et des roches mères. Ainsi elle peut acquérir des sels minéraux en grande quantité (Ca, Mg, Mn, fer, Sulfates...) et, d'autres éléments liés à l'activité de l'homme peuvent être entraînés (matières organiques, nitrates, pesticides, micro-organismes...). La nature et l'occupation du sol joue donc un rôle prépondérant. L'eau contient des substances ou des micro-organismes qui par leur nature et leur concentration peuvent être indispensables, acceptables, indésirables, voire toxiques ou dangereux. Malgré tout cela, il est encore difficile de faire comprendre à certaines populations la nécessité d'une eau saine, c'est à dire, une eau dont la consommation ne provoque pas de maladies.

L'eau prélevée dans le milieu naturel n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit subir des traitements pour pouvoir être consommée sans danger par la population, ou pour des usages spécifiques, industriels ou pour limiter l'impact de la pollution dans le milieu naturel pouvant causer des maladies d'origine hydriques qui représentent un taux de mortalité élevé en Afrique, soit 80%. [8]

Aujourd'hui, le contrôle et l'amélioration de la qualité de l'eau sont une préoccupation permanente pour la protection de l'environnement et la santé des consommateurs.

De ce fait l'eau potable doit être nécessairement analysée, surveillée et l'évaluation de sa qualité repose sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

La surveillance permet de vérifier l'efficacité du traitement, déceler une pollution, et par conséquent arrêter la distribution au cas où la qualité de l'eau ne répond pas à certains critères de potabilité.

Ainsi donc, la qualité est désormais un concept managerial, car elle traduit la cohérence d'ensemble de l'entreprise avec comme credo que le produit offert soit apte à satisfaire l'utilisateur et sans incidence négative sur l'environnement. Depuis plusieurs années l'EDM assiste de façon répétitive à la dégradation de la qualité de l'eau distribuée à Bamako et Kati en début d'hivernage, avec des points critiques en 1984, 1988, 1993, 1998. [12]

Cette étude permettra d'évaluer les variations saisonnières de certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques pouvant influencer la qualité organoleptique de l'eau du robinet. Pour cela nous effectuerons de façon permanente certaines analyses pour s'assurer que l'eau distribuée répond aux normes OMS.

Depuis le stade primaire, on apprend que l'eau potable doit être incolore, inodore et sans saveur. L'eau distribuée ne répond malheureusement pas toujours à ces critères et les distributeurs d'eau enregistrent périodiquement de part le monde des plaintes de consommateurs d'eau concernant le goût de terre, de moisi, de <<pharmacie>> ou d'eau de javel pour l'eau prise au robinet. L'eau de robinet peut avoir une qualité différente de celle issue de l'usine de production. Elle est certainement le seul produit alimentaire que nous apprécions d'autant mieux qu'il nous semble inodore et sans saveur. Et pourtant, il existe de subtiles différences de goûts entre les eaux que nous buvons et autant de différences entre nos perceptions sensorielles.

Les procédés utilisés pour rendre l'eau potable ont aussi pour but de la débarrasser de tout goût ou odeur désagréable. Mais entre la station de traitement et notre robinet l'eau véhicule, et peut avoir un goût ou une odeur inhabituelle ou désagréable à sa sortie du robinet.

Ces deux paramètres purement organoleptiques ont une signification sanitaire, car leurs dégradations peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. Ils permettent aux consommateurs de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau. Malheureusement, le goût et l'odeur de l'eau sont les paramètres les plus difficiles à maîtriser en raison des multiples causes et interaction, telles que la nature et les caractéristiques de la ressource, les insuffisances de traitement, l'état des conduits.[10]

Cependant le réseau de distribution constitué par l'eau et son contenant (conduit) est le siège d'interactions physico-chimiques et biologiques. Les conditions de dégradation de la qualité de l'eau dans ces milieux sont complexes et doivent faire l'objet d'une recherche approfondie.

Compte tenu des capacités d'analyses du laboratoire central de l'eau EDM.SA; ce travail sera consacré à étudier les causes éventuelles de détérioration de la qualité organoleptique.

PREMIERE PARTIE :  
ETUDE  
BIBLIOGRAPHIQUE

## I. GENERALITES SUR LES EAUX DE SURFACES :

Ce terme englobe toutes les eaux circulant ou stockées à la surface du continent. Elles sont exposées à toute sorte de pollution que nous pouvons imaginer. Ce sont donc des eaux polluées. Elles contiennent des matières en suspension des micro-organismes provenant du sol, des déchets domestiques et industriels.

### 1. Origine

Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, de rivière, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles(lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisés par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable.[4]

### 2. Caractéristiques générales

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, ces eaux se chargent en gaz dissous( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ). Il faut noter :

- la présence quasi générale de gaz dissous, en particulier l' $O_2$ ,
- une concentration importante en matières en suspension, tout au moins pour les eaux courantes. Ces matières en suspension sont très diverses, allant des particules colloïdales aux éléments constitutifs entraînés par les rivières en cas d'augmentation du débit. Dans le cas des eaux de barrages, le temps de séjour provoque une décantation naturelle des éléments les plus grossiers : la turbidité résiduelle est alors colloïdale,
- la présence de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux et animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière et qui se décomposent après leur mort(végétaux ou animaux),
- la présence de plancton : les eaux de surface sont le siège d'un développement important de phytoplancton(algues...) et de zooplancton . Dans certaines conditions, une vie aquatique intense peut se développer : développement de végétaux saprophytes, de poissons,
- variations journalières(différence de température, d'ensoleillement) ou saisonnières : variations climatiques(température, fonte des neiges), de végétation(chute des feuilles). Elles peuvent être aléatoires : pluies soudaines, orages, pollutions accidentelles. Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface de l'eau jusqu'au fond de la retenue( $O_2$ , Fe, Mn Oxydabilité, plancton). Le profil de chacun de ces paramètres varie lui-même

en fonction des périodes de l'année,

- pollution organique conduisant souvent à l'eutrophisation des eaux.[4]

### **3. Quelques paramètres:**

- Température : variable suivant les saisons.
- Turbidité, Matières en suspension : variables parfois élevées.
- Couleur : liée aux MES(argiles, algues) sauf dans les eaux douces et acides.
- Fer et manganèse divalents à l'état dissous : généralement absents sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation.
- Minéralisation globale : variables en fonction des terrains, des rejets, des précipitations.
- CO<sub>2</sub> agressif : généralement absent.
- O<sub>2</sub> dissous : le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans les eaux très polluées.
- H<sub>2</sub>S : généralement absent.
- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> : présent dans les eaux très polluées.
- Nitrates : peu abondant en général.
- Silice : teneur en général modérée.
- Micro polluants minéraux et organiques : présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source.
- Eléments vivants : bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton(animal et végétal).
- Solvants chlorés :rarement présents. [4]

### **4. Potabilité des eaux de surface :**

Elles sont rarement potables sans aucun traitement. Outre les éléments constitutifs, les eaux de surface sont généralement polluées bactériologiquement. De plus, elles peuvent présenter plusieurs pollutions :

- d'origine urbaine : eaux usées provenant des latrines et des fosses septiques.
- d'origine industrielle : polluants et micro polluants organiques(hydrocarbures, solvants, produits de synthèse, phénols) ou inorganiques(métaux lourds, ammoniaque, produits toxiques),
- d'origine agricole : engrais et produits pesticides ou herbicides entraînés par les eaux de pluies et le ruissellement. Egalement rejets organiques dus à la présence d'élevages importants.[4]

### **5. Qualité :**

-Qualité physique et chimique :

Une eau de consommation ne doit être ni trouble, ni colorée. Cependant à part les eaux souterraines et celles de certaines sources, la couleur et la turbidité sont des conditions qu'on trouve généralement dans l'eau brute et qui ne peuvent être modifiées que par traitement. Le consommateur exige ainsi que l'eau n'ait ni goût ni odeur pouvant être décelées. Ceux-ci sont dus à la présence de certaines

substances chimiques ; leur correction entre dans le domaine du traitement.

-Qualité bactériologique :

L'eau contaminée par les excréta est susceptibles de transmettre des maladies gastro-intestinales. La qualité bactériologique se mesure donc par la présence d'organismes indicateurs de pollution, vivant normalement dans l'intestin. Ce sont le groupe des coliformes totaux, les coliformes thermotolérants, les entérocoques.

### **6. Caractéristiques d'une eau potable :**

Une eau potable est une eau propre à l'alimentation, donc dépourvue de tout éléments nocifs. Elle doit être :

- Limpide, incolore, inodore, fraîche(7-12°). Ces qualités sont facilement décelées par nos sens. Nous rejetons d'instinct une eau trouble (matières ou microbes en suspension), colorée, mal odorante (fermentation).
- Aérée (30cm<sup>3</sup> de gaz par litre). L'eau bouillie est indigeste.
- Pourvue d'une faible proportion de sels minéraux ( carbonates, sulfates, chlorures) qui lui donnent une saveur faible mais agréable et une certaine valeur nutritive. L'eau ne doit pas contenir plus de 0,50g/l de sels minéraux. Une eau trop salée est purgative. Trop riche en calcaire(eau dure) ou en sulfate de chaux(eau séléniteuse), elle cuit mal les légumes, dissous mal le savon.
- Dépourvue de matières organiques, dont la présence est un indice de souillure. On en tolère 5mg/l au maximum.(Ces matières décolorent le permanganate de k à l'ébullition). Favorables au développement des microbes, ces matières en se putréfiant, donnent une odeur désagréable et des produits toxiques.
- Dépourvue de germes, de vers, de parasites et de microbes pathogènes. L'eau potable n'est pas stérile. On y tolère de 100 à 1000 bactéries non pathogènes par cm<sup>3</sup>. Par contre elle ne doit contenir ni germes parasitaires(kystes d'amibes, œufs d'ascaris, d'oxyures), ni microbes pathogènes(bacilles typhiques, vibron cholérique, bacille dysentérique, virus de la poliomyélite). La présence de colibacilles, hôte habituel du gros intestin ou colon (d'ou son nom) indique une souillure par des excréments. On doit rejeter toute eau renfermant des colibacilles. Toute fois, on tolère jusqu'à 50 colibacilles par litre, soit 0,05/cm<sup>3</sup>. En effet, en comparant les résultats des analyses régulièrement effectuées, la brusque augmentation du nombre de colibacilles indique une contamination dangereuse(puits ou conduit d'eau potable mis en communication avec un conduit d'eau d'égout fissurée par exemple, origine fréquente des épidémies de typhoïde.[5]

## II. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES

### 1. Couleur :

Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. [13]

Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. L'élimination de la couleur s'accompagne également de celles de certaines matières organiques indésirables (précurseurs de composés haloformes). Cette élimination devra alors être effectuée à l'usine de traitement avant l'entrée de l'eau dans le réseau. Malheureusement la mesure de ce paramètre n'a pas été effectuée à cause du manque de réactif et de matériel d'analyse dans le laboratoire central eau EDM.SA.

### 2. Turbidité :

La turbidité traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur. En outre, elle nuit au taux de filtration et risque de diminuer l'efficacité de la désinfection, le contact entre les germes pathogènes et l'agent désinfectant étant défavorisé. L'un des buts primordiaux du traitement est de réduire la turbidité.

L'effet bactéricide est neutralisé et l'acide hypochloreux(HClO) ne se forme pas dans le cas d'une turbidité élevée et contenant des matières organiques.

D'après les normes la turbidité maximale acceptable est de 5 NTU (car elle est alors perceptible) et l'objectif est égal ou inférieur à 1. Les eaux convenablement filtrées et désinfectées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU. Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants :

- précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau,
- des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du floculant et polymérisation non achevée) dégradent la qualité organique.[10]

### 3. Température :

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité.

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles.[13]

Une température élevée peut favoriser des goûts et des odeurs désagréables. De

plus elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques.

Les acteurs des eaux peuvent difficilement agir sur la température de l'eau. Les efforts doivent donc se porter sur d'autres paramètres qui évoluent en fonction de la température.

#### 4. Goûts et Odeurs

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur « non désagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur.

Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère.

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre  $SO_2$  ou le sulfure d'hydrogène  $H_2S$  ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution.[13]

##### 4.1 Définitions

- **Goût** : << Ensemble complexe des sensations olfactives, gustatives perçues au cours de la dégustation >> [2]

- **Odeurs** : Propriété organoleptique par l'organe olfactif en <<flairant >> certaines substances volatiles. [2]

## 4.2 Principaux types avec exemples :

TABLEAU 1 :Principaux types de goûts

Goûts	
Caractéristiques	Exemples
Aromatique	Camphre, lavande, citron
Chimique	
Chlore	Chlore libre
Hydrocarbures	Pétrole
Pharmaceutique(Médicale)	Nombre de produits organiques
Chlorophénol	Chlorophénol
Sulfureuse	H <sub>2</sub> S
Très désagréable	Egout, poissons
Terreuse	Terre, argile
Métallique	Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup>
Moisi	Levures, champignons Inférieurs , moisissures, cave humide
Vase	Herbe ou feuille en décomposition
Bicarbonate alcalin	Eau de type de vichy
Mandarine	Très souvent apporté par l'oxydation de traces d'hydrocarbures d'hydrocarbures au cours du traitement d'élaboration de l'eau
Marée	Poissons, métabolites de certains organismes du plancton, certains composés organiques et industriels
Noix moisie	Campagne sucrière
Bouchon moisi	Herbicides et pesticides

**TABLEAU 2 : Principaux types d'odeurs**

<b>Odeurs</b>	
<b>Caractéristiques</b>	<b>Exemples</b>
Aromatique	Epice, camphre, girofle, Citron
Chimique	
Chlore	Chlore libre
Hydrocarbure	Pétrole et dérivés
Médicale ou pharmaceutique	Iodoforme, phénol
Sulfureuse(œuf pourri)	H <sub>2</sub> S
Terreuse	Terre ou argile humide
Fecaloïde	Fosse d'aisance, égout
Moisi	Cave humide, tiroir humide Rarement ouvert
Vase	Herbe ou feuille en décomposition(odeur de Rivière)
Acide	
Amère	
Salée	Sulfates et chlorures
Sucrée	
Salée et amère	Sels de magnésium

### III. PARAMETRES AFFECTANT LA QUALITE ORGANOLEPTIQUE :

#### 1. Ammonium : ( $\text{NH}_4^+$ )

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce qu'il réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables. Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates.

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution. Dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe. Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution.[10]

#### 2. Nitrates et Nitrites :( $\text{NO}_3^-$ et $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique et les nitrites de l'oxydation incomplète. Les principales sources de pollution sont l'utilisation des engrais, la fabrication d'explosifs, l'industrie chimique et alimentaire. La teneur en nitrates de l'eau est généralement plus élevée que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution bactériologique par suite de l'oxydation de l'ammoniac.

Aucun traitement classique de l'eau ne modifie considérablement la teneur en nitrates.

L'exposition à des fortes teneurs en nitrate augmente la concentration des nitrites salivaires. La réduction des nitrates en nitrites est optimale à  $\text{pH} > 4,6$ . Cette plage s'obtient chez les enfants et les malnutris.

Les nitrites jouent un rôle très important dans le cycle de l'azote. Sous l'action de bactéries de type nitrobacter (autotrophes et strictement aérobies, les nitrites sont rapidement oxydés en nitrates. Ces derniers sont donc le produit final de l'oxydation des dérivés azotés.

En plus de ces effets sur la qualité organoleptique, il a été reconnu que l'eau chargée en nitrates employée pour des biberons de lait en poudre était susceptible de faire apparaître chez les nourrissons une cyanose liée à la formation de méthémoglobine. Cette intoxication provoquée par l'absorption de petites doses de nitrates est en réalité due aux nitrites formés par réduction des nitrates sous l'influence d'une action bactérienne. Cette intoxication se traduit par une anoxie dont l'importance est fonction de la quantité de nitrites formés. Quant aux nitrites, la toxicité est très significative en raison de leur pouvoir oxydant. Les nitrites peuvent entraîner une méthémoglobinémie comme cela a été indiqué a propos des nitrates.

Les nitrites inhiberaient l'activité biologique de certaines vitamines (A, E, B6...).

En milieu acide (pH = 1 à 5), pH stomacal normal, les nitrites réagissent avec les amines primaires, secondaires et tertiaires généralement d'origine alimentaire pour donner les nitrosamines réputés cancérigènes. [15]

### **3. Matières organiques :**

D'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux et animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière et qui se décomposent après leur mort.

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité micro biologique de l'eau dans le réseau. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur.[10]

### **4. Fer et manganèse :**

Ce sont des impuretés minérales sans effets appréciables sur la santé. Ces métaux peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux. Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs ils affectent les paramètres organoleptiques comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc. Dans les eaux de surface, le fer et le manganèse se trouvent en général à l'état oxydé et précipité ; ils sont donc éliminés par les traitements classiques de clarification.[4]

### **5. Phosphates :**

On retrouve assez souvent des phosphates dans les eaux et habituellement la quantité ne dépasse pas 1mg/l en  $\text{PO}_4^{3-}$ . Dans l'eau de puits, la présence de phosphates peut être liée à une contamination par infiltration en provenance de fosses d'aisance ou de fumier. Dans le cas des eaux de surface ou de nappes, Il peut s'agir d'infiltration d'eaux résiduaires industrielles ou d'eau de puits ayant traversé des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés. Les phosphates sont des anions qui s'attachent très facilement aux minéraux du sol.

Dans certaines régions et en particulier dans les zones phosphatiques, la plupart des eaux renferme des traces dues aux terrains.

Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur développement dans les réservoirs et les grosses canalisations.

Enfin les phosphates rencontrés peuvent aussi provenir d'un traitement des eaux (poly phosphates). On peut admettre jusqu'à 1 mg de  $\text{PO}_4^{3-}$  par litre, surtout si la présence de phosphates n'est pas liée à une pollution humaine ou animale. Cependant, des doses supérieures peuvent être tolérées sans danger. La réglementation française prévoit que la teneur en  $\text{PO}_4^{3-}$  de l'eau livrée à la consommation ne dépassera pas 5 mg/l.

Les phosphates dégradent les qualités organoleptiques de l'eau (odeur, saveur, turbidité, couleur), bouleversent les conditions d'utilisation ne serait ce qu'en raison de son aspect inesthétique (putréfaction).

#### **6. Gaz dissous :**

L' $H_2S$  est révélateur de conditions anaérobies, et d'un potentiel d'oxydoréduction trop bas ; il provoque de mauvaises odeurs et peut être à l'origine de la corrosion. Il doit être éliminé.[4]

#### **7. Sulfates: ( $SO_4^{2-}$ )**

Les sulfates sont naturellement présents dans divers minéraux et ont de nombreuses applications commerciales, principalement dans l'industrie chimique. Leur présence dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphérique, mais les concentrations les plus élevées se rencontrent généralement dans les eaux souterraines et sont d'origine naturelle. L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toute fois des concentrations élevées peuvent avoir un effet purgatif ou entraîner une déshydratation et une irritation gastro-intestinale. La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut aussi lui communiquer un goût perceptible et contribuer à la corrosion du réseau de distribution.

Les doses de 1 à 2g de sulfates provoquent des effets purgatifs légers chez l'adulte et, chez l'enfant et le nourrisson la dose est de 21mg/kg. L'organisme humain s'adapte à des concentrations plus élevées en sulfates de l'eau de boisson.

Les seuils de détection gustative sont de 200-250 mg/l pour  $Na_2SO_4$ , 250-900mg/l pour  $CaSO_4$ , 400-600 mg/l pour  $MgSO_4$ . [14]

#### **8. Chlorures :**

La présence de chlorures dans l'eau de boisson peut être attribuée à des sources naturelles, aux eaux d'égouts et aux effluents industriels, à la pollution provenant du salage des routes et à des intrusions salines.

Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau et, accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau. Cela peut entraîner une augmentation de la concentration de certains métaux dans l'eau.[4]

#### **9. Chlore : ( $Cl_2$ )**

C'est un désinfectant utilisé dans le traitement de l'eau dans le but de tuer ou enlever les organismes capables de donner une infection. Il affecte le goût et l'odeur de l'eau. Le chlore est toxique pour l'homme et les animaux à forte dose. Les kystes tels que les protozoaires, agent de l'amibiase ne sont pas détruits par le chlore et ils ont une résistance très caractérisée au chlore et doivent être éliminés par la filtration.

### **10. pH :**

Ce paramètre est très important dans notre étude car non seulement il contrôle la corrosion mais aussi montre la stabilité de l'eau.

Le pH est lié à tous les paramètres de qualité de l'eau.

Aux pH inférieurs à 7 et dans les eaux polluées par les dérivés soufrés, il se forme le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) qui donne à ces eaux une odeur « d'œuf pourri ». [7]

Il faut noter que l'action bactéricide du chlore augmente ou tend à augmenter pour les valeurs faibles du pH de l'eau, en particulier une augmentation de la teneur en  $CO_2$  produisant une baisse du pH ; pour les eaux ayant une alcalinité, l'action du chlore sera plus grande pour les eaux contenant plus de  $CO_2$  que celle en contenant moins.

### **11. Solvants chlorés :**

Ils ont pour origine les rejets industriels, injection en puits perdus, lixiviation de charge. Ils sont cancérigènes ou mutagènes.

Exemple : Tétrachlorure de carbone ; 1,2 dichloroethane ; 1,1 dichloroéthène ; 1,1,1trichloroethane.[4]

### **12. Phénols et dérivés :**

Ils sont l'indice d'une pollution industrielle. Leur nuisance la plus marquante est le goût du chlorophénol qui apparaît dans l'eau en présence de chlore pour des teneurs extrêmement faibles. Si normalement il suffit de réduire la teneur en phénol pur à  $1\mu g/l$  pour être à l'abri des goûts, on peut dans certains cas déceler des traces de goûts de chlorophénol avec une teneur de 0,1 à  $0,01\mu g/l$ . Le seuil de détection organoleptique de chlorophénol est largement inférieurs aux valeurs qui seraient dangereuses pour la santé des consommateurs : on éliminera ces substances jusqu'à les rendre indétectables au goût. [4]

### **13. Hydrocarbures :**

Susceptibles de polluer l'eau ; ils ont pour sources les rejets pétroliers, d'huiles de vidanges, d'effluents de différentes industries ou d'usines à gaz de vapeurs. Les hydrocarbures aromatiques sont particulièrement solubles.

Exemples : Pétrole, kérosène, l'essence, du mazout, du fuel, des huiles ou lubrifiants.

NB: Leur biodégradabilité est lente pour les eaux de surface et longue pour les eaux souterraines. Leur nuisance, c'est l'apparition de goûts et odeurs pour des seuils extrêmement variables suivant les produits ( $0,5\mu g/l$  pour l'essence à  $1mg/l$  pour les huiles et lubrifiants).

Toxicité : elle serait à craindre dans les eaux de boisson pour des doses supérieurs aux seuils d'apparition de goûts et odeurs. On a constaté des affections cutanées dues à des produits d'addition du mazout. [4]

#### **14. Pesticides ou herbicides :**

D'origine agricole, ils sont destinés à la protection, à l'amélioration de la production végétale et à la préservation des récoltes. Ils sont entraînés par les eaux de pluie ou de ruissellement. Ce sont des produits toxiques et peuvent affecter le goût et l'odeur à une certaine dose.

En 1993 la dégradation de la qualité de l'eau du réseau d'EDM était attribuée à la présence de pesticides ( DDT : Dichloro-diphenyl-trichloroethane )

#### **15. Impuretés de nature biologiques :**

- Bactéries test de contamination fécale : proviennent des rejets d'eau résiduaux urbaines effectuées dans l'environnement que ce soit ou sans traitement.

Le développement de germes banals peut créer de graves problèmes dans le réseau de distribution : consommation d'oxygène dissous, corrosion, apparition de mauvais goûts. [4]

- Micro-organismes divers : Les eaux de surfaces contiennent de nombreux organismes constituant le phytoplancton et le zooplancton. Plusieurs de ces organismes, dont certains actinomycètes et certains cyanophycées, sécrètent des composés (comme la géosmine) donnant à l'eau un goût et une odeur désagréable.

NB : Les germes totaux ; par définition selon la norme AFNOR sont des micro-organismes revivifiables à 37°C ( Bactéries, moisissures, levures ). [1]

-Champignons : Caractérisés par des spores abondantes et des membranes de cellules épaisses, ils sont suspectés d'être à l'origine de problèmes de goût, réactions allergiques, voire toxiques ( par voie d'inhalation uniquement).

-Algues : Caractérisées par une forte variation saisonnière dans certaines eaux superficielles, elles parviennent à franchir parfois les filières de traitement notamment lorsque la charge dans la source est très élevée, elles apportent des teneurs élevées en matières organiques et génèrent une sapidité de l'eau.

- Spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices : Ce sont des formes de résistance de micro-organismes se développant en anaérobiose à  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  à 24h et ou 48h en gélose viande foie en donnant des colonies typique réduisant le sulfite de sodium.

La recherche et le dénombrement des spores de BASR, ou de leur seule forme sporulée, permettent d'avoir des indications très variées sur la qualité des eaux et leurs aptitudes à diverses utilisations. La méthode décrite dans la norme AFNOR peut permettre de contrôler l'efficacité d'une filtration (naturelle ou mise en œuvre dans le traitement ), d'apprécier l'état de propreté d'un réseau, d'envisager l'éventualité ( mais pas la certitude ) d'une pollution fécale, notamment ancienne, ou encore d'amorcer la recherche de certaines espèces constituants plus particulièrement des nuisances pour la santé des consommateurs.

Les sulfates et les chlorures participent indirectement à leur cycle et au

développement des corrosions biologiques.

Ces bactéries favorisent la formation de sulfure d'hydrogène, par réduction des sulfates, qui donne un goût et une odeur désagréable à l'eau.[1]

#### **IV. TRAITEMENTS ADAPTES POUR L'ELIMINATION DES PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES**

Les procédés utilisés pour rendre l'eau potable ont aussi pour but de corriger les paramètres organoleptiques en dehors de la température avec laquelle les acteurs de l'eau peuvent difficilement agir. Les efforts doivent donc se porter sur d'autres paramètres qui évoluent en fonction de la température. [10]

Les principales techniques utilisées sont :

##### **1. Coagulation-floculation :**

La coagulation est par définition le phénomène de déstabilisation des particules colloïdales, il peut notamment être obtenu par neutralisation de leurs charges électriques.

L'agrégation des particules déchargées par transport et mise en contact les unes avec les autres, constitue la floculation. Elle conduit à la formation de flocons, ou floc, capables d'être retenus dans une phase ultérieure du traitement de l'eau.

NB : La coagulation-floculation permettent la neutralisation des colloïdes de l'eau et leur adsorption à la surface des précipités formés lors de la floculation. Certaines substances dissoutes peuvent également être adsorbées sur le floc. La coagulation-floculation ont pour but d'enlever la couleur, la turbidité, les algues, les bactéries, certaines substances responsables de goûts et odeurs.

##### **2. Charbon actif :**

Le charbon actif a tout d'abord été utilisé pour améliorer les qualités organoleptiques d'une eau par élimination de matières organiques responsables de goûts, d'odeurs et de couleur.

Mais avec l'accroissement de la pollution ; son emploi s'est étendu à l'élimination de nombreux polluants et micro polluants tels que les phénols, les hydrocarbures les pesticides, les détergents et même certains métaux lourds qui ne sont pas totalement éliminés par les procédés de coagulation –floculation - décantation et filtration sur sable. Il participe également à l'élimination des précurseurs de trihalométhanes (THM) et autres sous produits de chloration.

##### **3. Aération :**

Une aération de l'eau peut être nécessaire si l'eau contient des gaz en excès tel que le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ), qui donne un goût très désagréable et s'élimine aisément par une simple aération atmosphérique.

## **V. CADRE DE L'ETUDE :**

### **1. La station de pompage de Bamako :**

Les villes de Bamako et Kati sont alimentées par les eaux du fleuve Niger à partir d'une station de traitement sis à Djicoroni Para (Bamako).

La tour de prise qui est reliée à la station d'exhaure installée sur ses rives par le moyen d'un conduit de 1100 mm de diamètres et 318m de long assure la pompage de 100.000 m<sup>3</sup> d'eau brute par jour. Cette eau brute est ensuite dirigée vers le centre de traitement.

La filière de traitement se compose d'une coagulation-floculation, d'une décantation, d'une filtration d'une chloration et d'un traitement d'affinage par le charbon actif (pendant l'hivernage).

Les installations de la station de traitement de Bamako ont été construites progressivement en 1952 et 1997.

En 1991/92, la station a fait l'objet d'une expertise poussée ; à la suite de laquelle un important programme de réhabilitation a été retenu. Ce programme a bénéficié d'un financement de l'Agence Française de Développement à hauteur de 1,5 milliards de FcFa. Parallèlement, une augmentation de capacité de cette station a été financée par l'Agence Française de Développement pour près de 2 milliards de FcFa.

A ce jour, le complexe de production d'eau potable alimentant Bamako et Kati a une capacité nominale de 90 millions de litres par jour extensible à 100 millions de litres par jour en saison sèche.[12]

Aujourd'hui, L'EDM.SA produit 137000 m<sup>3</sup> d'eau par jour en saison sèche sur Bamako et Kati ; ce volume proche des capacités maximales de production : Urgence du chantier de Kabala- Rive droite.

### **2. Le réseau EDM.SA à Bamako et environs:**

L'agglomération de Bamako compte environ 1,6 millions d'habitants qui s'alimentent à partir de diverses sources que l'on peut regrouper en trois ensemble (Réseau, Forages, Puits traditionnels).

On estime environ 50% de la population s'approvisionne en permanence à partir de ce système dont 25% ont le robinet disponible à la maison, les autres s'alimentant à partir des bornes fontaines publiques. Il est cependant à souligner que 75% d'habitants de Bamako et environs s'alimentent à partir du réseau EDM.SA en saison sèche (Mars- Avril- Mai) directement ou par le biais des revendeurs d'eau.

### **3. Le laboratoire central de l'eau EDM.SA à Bamako :**

Le laboratoire central de la qualité de l'eau de l'E.D.M. est un laboratoire qui contrôle la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau produite et distribuée à Bamako et les centres extérieurs .

Il est situé à Djicoroni Para dans l'enceinte de la station de pompage .

Ce laboratoire a comme fonction majeure, le suivi et le contrôle de la qualité de l'eau produite par l'EDM sur l'ensemble du Mali conformément aux normes O.M.S en vigueur .

Pour atteindre son objectif, le laboratoire dispose d'un ensemble de matériels d'analyse et de mesure de certains paramètres. Il s'agit notamment :

pH-mètres WTW pH 340 i;

turbidimètres HACH 2100 AN ;

spectrophotomètres HACH DR 4000, DR 2010, DR 890 ;

floculateur Fischer Bioblock scientific ;

l'oxymètre WTW OXI 197-S ;

conductivimètre WTW LF 197-S ;

bain marie Memmert ;

réfrigérateur ;

étuves Memmert ;

hotte à flux laminaire ;

Microscope Motic ;

Compteur colonie Bioblock ;

balance de précision, et d'autres accessoires (pipettes, erlenmeyer, glacières);

Le personnel du laboratoire se compose de 5 techniciens de laboratoire , un microbiologiste, un chimiste, et un ingénieur spécialisé dans la protection de l'environnement et l'exploitation rationnelle des ressources naturelles.

Les paramètres suivants sont mesurés au sein de ce laboratoire : ( tableau N°3 Page suivante)

**Tableau 3 :Paramètres analysés dans le LCO**

Paramètres	Méthodes d'analyse	Méthode de référence
pH	Electrochimie	NF T 90-008
Turb	Méthode Néphélométrique	NF EN 27027
Cond	Electrochimie	NF EN 27888
Cl <sup>-</sup>	Méthode DPD	HACH
O <sub>2</sub>	Electrochimie	NF EN 25814
TA	Titrimétrique	NF EN ISO 9963-1
TAC	Titrimétrique	NF EN ISO 9963-1
Fe <sup>2+</sup>	Méthode Ferrozine	HACH
Mn <sup>2+</sup>	Méthode P.A.N	HACH
NH <sub>4</sub>	Méthode Salicylate	NF EN ISO 11732
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Méthode acide chromotrope	NF EN ISO 13395
NO <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	Méthode Diazotation	NF EN ISO 13395
Al <sup>3+</sup>	Méthode ECR	HACH
Oxyd	Méthode à chaud en milieu acide	NF EN ISO 8467
TDS	Electrochimie	
Sal	Electrochimie	
T°	Electrochimie	
TH	Colorimétrique	HACH
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Méthode Sulfaver4	HACH
Demande en oxygène	DBO <sub>5</sub> ; DCO	NF EN 1899-2
MES	Méthode de filtration sur filtre en fibre de verre	NF EN 872
Spore de bactéries anaérobies sulfito-réductrices	Méthode générale par incorporation en gélose en tubes profonds	NF T 90-415
Germes totaux	Méthode par incorporation en gélose	XP T 90-401
Coliformes totaux	Méthode miniaturisée-ensemencement en milieu liquide (NPP )	NF T 90-413
Echerichia.coli	Méthode miniaturisée-ensemencement en milieu liquide (NPP )	XP T 90-433
Entérocoques	Méthode miniaturisée-ensemencement en milieu liquide (NPP )	XP T 90-432
Goût et Odeur	Evaluation	NF EN 1622

**DEUXIEME PARTIE :  
ETUDE  
PERSONNELLE**

## **I. OBJECTIFS**

### **1. Objectif général :**

Etudier les causes de détérioration de la qualité organoleptique de l'eau produite et distribuée par EDM.SA à la fin de la saison sèche et pendant l'hivernage.

### **2. Objectifs spécifiques :**

- Evaluer la qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par L'EDM.SA,
- Rechercher les causes possibles,
- Etablir une corrélation entre la qualité organoleptique et certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

## II. METHODOLOGIE

Ce travail a été réalisé dans le district de Bamako pendant **6** mois ( **29** Mars au **27** Septembre **2004**).L'étude était prospective.

L'objectif est d'évaluer ces paramètres en fonction des réglementations de la France ou celles de L'OMS.

La procédure de corrélation avec les paramètres physico-chimiques concernés s'effectue lorsqu'on dépasse les normes de dilution ( 2 à 12°C et 3 à 25°C ) après analyse sensorielle. Par ailleurs ces paramètres( fer, manganèse, matières organiques, ammonium, nitrites, les nitrates, sulfates, chlorures, germes totaux, spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices) sont contrôlés sous une fréquence hebdomadaire à la source et en sortie station.

La corrélation en bactériologie concerne les germes totaux et les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices sur tous les échantillons à cause de leur abondance dans la source.

Dans l'esprit de mieux cerner les variations, le contrôle se fait à trois niveaux (source, sortie station, réseau de distribution) ; car la qualité d'une eau dépend de son origine, de son état au captage, de l'efficacité du traitement et de l'état des conduits. De plus une bonne connaissance des facteurs qui peuvent influencer la qualité de l'eau du réseau est indispensable pour les services d'exploitation afin d'anticiper et éviter les problèmes potentiels.

### **1. Prélèvements :**

#### **1.1 Captage:**

Les prélèvements ont été effectués à 8h. Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés le même jour. Les paramètres bactériologiques nécessitent 24h à l'incubation.

#### **1.2 Sortie station**

Les prélèvements ont été effectués à 8h. Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés le même jour. Les paramètres bactériologiques nécessitent 24h à l'incubation.

#### **1.3 Réseau :**

Les prélèvements ont été effectués entre 8h00 et 12h30. La détermination de la turbidité, la température, le pH, le chlore résiduel, se fait immédiatement après les prélèvements.

Le goût et l'odeur ont été déterminés dans l'après midi entre 14h00 et 16h00. La détermination des germes totaux et les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices nécessite 24h à l'incubation.

## 2. Méthodes d'analyses :

### 2.1 Détermination des paramètres physico-chimiques

#### 2.1.1 pH :

Il exprime l'acidité et l'alcalinité de l'eau.

##### **Principe :**

Pour la détermination de ce paramètre , nous avons utilisé une méthode électrométrique avec électrode combinée selon la norme AFNOR. La méthode consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique étalonnée.

##### **Mode opératoire :**

- Appuyer sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre.
- Plonger l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres,
- Attendre que la valeur soit stable avant la lecture,
- Rincer à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable propre pour réaliser la mesure suivante.

#### 2.1.2 Turbidité :

Elle est due à la présence de matières en suspension finement divisées( argiles limons grains de silice, matières organiques etc....).

##### **Principe :**

La méthode nephélométrique a été utilisée. Le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet tyndall grâce aux particules en suspension. Le photomultiplicateur d'électron située à un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux capte les photons diffusés et transforme cette énergie en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité.

#### 2.1.3 Température :

Elle a été déterminée sur les lieux de prélèvement à l'aide d'un thermomètre incorporé au pH-mètre, étalonné chaque semaine. On lit directement la température exprimée en degré celsius.

### 2.1.4 Chlore résiduel

#### Principe :

Le chlore présent dans l'échantillon sous forme d'acide hypochloreux et ou d'ion hypochlorite (chlore libre ou chlore libre disponible) réagit avec le DPD (N,N diethyl-p-phénylène-diamine) en même temps que le chlore libre présent dans l'échantillon pour former une coloration rouge proportionnelle à la concentration du chlore.

#### Mode opératoire :

- . Remplir une cuvette de 10ml d'échantillon (le blanc ).
- . Remplir une autre cuvette avec 10ml d'échantillon et ajouter le contenu d'une gélule de réactif DPD pour chlore libre (coloration rose avec le chlore ). Agiter pendant 20secondes, pour mélanger.
- . Placer d'abord le blanc dans le compartiment de mesure, fermer le capot. Appuyer sur la touche zéro ; l'appareil effectue la mesure du zéro.
- . Enlever le blanc et placer la cuvette contenant le DPD, fermer le capot et appuyer sur READ.
- . Lire le résultat affiché en mg/l de chlore libre.
- . Laver les cuvettes et les rincer à l'eau distillée.

### 2.1.5 Dosage du fer :

Principe :Le réactif Ferrozine forme un complexe de couleur violette avec les traces de fer dans l'échantillon tamponné à pH 3,5 . Cette méthode est applicable pour la détermination des traces de fer dans l'eau et peut être utilisée pour analyser les échantillons contenant de la magnétite (oxyde de fer) ou des ferrites.

#### Mode opératoire

##### Réactifs nécessaires

Désignation	Quantité nécessaires par essai	Unité
Ferrozine, solution	1 gélule	Paq de 50
Accessoires nécessaires :		
Adaptateur de cuvette 1(22,4mm) DR/400	1	1
Pince coupante	1	1

### **Prélèvement, conservation et stockage :**

Prélever les échantillons dans des flacons en verre ou en plastique lavés à l'acide.

Ajuster le pH à 2 ou au dessous avec de l'acide nitrique (environ 2ml /l) .

Les échantillons préservés peuvent être stockés jusqu'à six mois à température ambiante . Si le fer dissous seul doit être déterminé, filtrer l'échantillon immédiatement après le prélèvement et avant l'addition d'acide .

Avant l'analyse, ajuster le pH entre 3 et 5 avec l'ammoniac de qualité pour analyse, Ne pas dépasser pH 5 car le fer peut précipiter . Corriger le résultat de l'analyse pour les ajouts de volume .

**Méthode :** Méthode Ferrozine

(0 à 1,400mg/l)

- Champ d'application : pour eau et eau résiduaire .

La limite de détection estimée pour le programme numéro 2475 est 0,004 mg/l FEN .

-Technique :

.Allumer le spectrophotomètre DR/4000 .

. Presser la touche de fonction PROGRAM . HACH. Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour le fer (Fe), méthode Ferrozine en entrant 2175 au clavier numérique . Presser ENTER.

. L'affichage indique : PROGRAM . HACH : 2175 Fer, Ferrozine. La longueur d'onde ( $\lambda$ ) 562 nm, est automatiquement sélectionnée .

. Remplir une cuvette jusqu'au trait 25 ml avec l'échantillon .

. Ajouter le contenu d'une gélule de solution de Ferrozine à la cuvette ( l'échantillon préparé), agiter.

. Presser la touche de fonction DEMAR . MINUT . Une période de réaction de 5 minutes commence .

**NB :** En présence de fer, une coloration violette se développe .

. Remplir une autre cuvette (le blanc) avec 25 ml d'échantillon .

. Lorsque le minuteur sonne , placer le blanc dans le compartiment de mesure . Fermer le capot.

. Presser la touche de fonction ZERO . L'affichage indique : 0,000mg /l de Fer .

.Placer l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure . Fermer le capot. Le résultat en mg / l de Fer (ou l'unité choisie) s'affiche.

### **2.1.6 Dosage de l'ammoniac libre :**

#### **Principe de la méthode**

Cette méthode détermine << l'ammoniac libre >> en présence de monochloramine. La monochloramine et l'ammoniac libre ( $\text{NH}_3$  et  $\text{NH}_4^+$ )

peuvent exister dans les échantillons d'eau potable lorsque la désinfection à la chloramine est utilisée.

L'hypochlorite est ajouté pour se combiner à l'ammoniac libre et former plus de monochloramine. La monochloramine réagit avec le salicylate pour former le 5-aminosalicylate. Ce composé est oxydé en présence d'un catalyseur au nitroprussiate pour former un complexe coloré bleu. La coloration bleue est masquée par la coloration jaune du réactif en excès pour donner une solution finale de couleur verte. L'ammoniac libre est déterminé en mesurant les intensités de couleur, avec et sans addition d'hypochlorite.

### Mode opératoire

<b>* Réactions nécessaires</b>		
<u>Désignation</u>	Quantité nécessaire / essai	Unité
Réactif monochloramine en gélules	2gélules	Paq de 25 ml
Solution d'hypochlorite	1 goutte (0,04ml)	15ml CG
<b>* Accessoires nécessaires</b>		
Cuvettes, 10ml avec bouchon	3	Paq de 6
Pince coupante	1	1

### Prélèvement et stockage :

Prélever les échantillons dans des flacons propres en verre. Les résultats les plus fiables sont obtenus lorsque les échantillons sont analysés aussitôt que possible après le prélèvement.

### Méthode :

Méthode salicylate (0,00 à 0,50 mg /l N-NH<sub>2</sub> Cl ou N-NH<sub>3</sub>)

. Champ d'application : pour eau potable

. La limite de détection estimée pour le programme numéro 2470 est 0,01 mg/l .

### Technique

.Allumer le spectrophotomètre DR/4000. Presser la touche de fonction PROGRAM . HACH . Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour la

monochloramine et l'ammoniac libre en entrant 2470 au clavier numérique .

Presser ENTER .

**NB** : pour de meilleurs résultats, analyser les échantillons aussitôt que possible après le prélèvement.

. L'affichage indique : PROGRAM . HACH : 2470 N, monochloramine, la longueur d'onde ( $\lambda$ ) 655 nm, est automatiquement sélectionnée.

. Remplir trois cuvettes rondes de 10 ml jusqu'au trait 10ml avec l'échantillon . Etiqueter une cuvette « blanc », une cuvette « ammoniac libre » et une cuvette « monochloramine ».

. Boucher la cuvette marquée blanc . Aucun réactif ne sera ajouté .

. Pour la mesure de l'ammoniac libre ajouter une goutte de solution d'hypochlorite à la cuvette marquée ammoniac . Boucher la cuvette et mélanger .

. Ajouter rapidement le contenu d'une gélule de réactif monochloramine à la cuvette marquée ammoniac libre et celle marquée monochloramine . Boucher et agiter pour dissoudre .

. Presser la touche de fonction DEMAR . MINUT .

Une période de 15 minutes commence .

Essuyer les marques de doigts et traces de liquide sur les cuvettes .

. Lorsque le minuteur sonne, placer le blanc dans le compartiment de mesure Fermer le capot .

. Presser la touche de fonction ZERO.L'affichage indique :0,01 mg /l N -NH<sub>2</sub> Cl

. Placer la cuvette marquée monochloramine dans le compartiment de mesure .

Fermer le capot . La concentration de monochloramine en mg/l d'azote N-NH<sub>2</sub> Cl (ou l'unité choisie) s'affiche .

**NB** : Ne pas retirer la cuvette du compartiment de mesure

. Presser la touche de fonction ZERO . l'affichage indique : 0,01 mg / l N-NH<sub>2</sub> Cl .

**NB** : Une valeur négative est affichée lors du réglage du zéro pour corriger le blanc de réactif .

.Placer la cuvette marquée ammoniac libre dans le compartiment de mesure

.Fermer le capot . La concentration d'ammoniac en mg/l d'azote N-NH<sub>3</sub> s'affiche .

### **2.1.7 Dosage des nitrites :**

#### **Principe :**

Les nitrites dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotrope pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrites présents.

**Mode opératoire**

* Réactifs nécessaires		
Désignation	Quantité nécessaire par Essai	Unité
Nitriver 3 en gélules	1 gélule	Paq 100
* Accessoires nécessaires		
Adaptateur de cuvette 1" (25,4mm) DR/4000	1	1
Cuvettes en verre 2,5 cm (1"), appariées avec bouchon	2	Paire

**Prélèvement conservation et stockage :**

Prélever les échantillons dans les flacons propres en verre ou en plastique .  
 .Stocker à 4°C ou au dessous si les échantillons doivent être analysés dans les 24  
 ou 48 heures . Ils doivent être réchauffés à la température ambiante avant  
 l'analyse .

**Méthode** : Méthode Diazotation (0, à 0, 300mg/l N- NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

- Champ d'application : pour eau, eau résiduaire, eau de mer .
- La limite de détection estimée pour le programme numéro 2610 est  
0,008 mg / l N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>
- Technique :
  - . Allumer le spectrophotomètre DR/4000, presser la touche de fonction  
PROGRAM . HACH . Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour les  
nitrites 2610 et presser ENTER . La longueur d'onde ( $\lambda$ ) 507 nm est  
automatiquement sélectionnée .
  - . Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon .
  - . Ajouter le contenu d'une gélule de nitriver 3 à la cuvette (l'échantillon préparé)  
Boucher et agiter pour dissoudre .
- NB** : En présence de nitrite, une coloration rose se développe .
  - . Presser la touche de fonction DEMAR . MINUT . Une période de réaction de  
20 minutes commence .
  - . Lorsque le minuteur sonne, remplir une autre cuvette (le blanc) avec 10 ml  
d'échantillon . Placer le blanc dans le compartiment de mesure .
  - . Presser la touche de fonction ZERO . L'affichage indique : 0,000mg / l N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>
  - . Retirer le bouchon . Placer l'échantillon préparé dans le compartiment de  
mesure . Fermer le capot et lire la valeur affichée en mg/l de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> .

### 2.1.8 Dosage des nitrates

#### Principe :

Les nitrates présents dans l'échantillon réagissent avec l'acide chromotropique en milieu fortement acide pour former un produit de couleur jaune avec un maximum d'absorbance à 410 nm.

#### Mode opératoire

* Réactifs nécessaires		
. Désignation	Quantité nécessaire par essai	Unité
Test N tube Nitriver Réactif A	1 tube	Paq 25
Nitriver Réactif B en gélules	1 gélule	Paq 100
* Accessoire nécessaires		
Adaptateur de tube à essai	1	1
Embouts pour pipette Ten Sette 0,1-1,0ml	1	Paq 50
Entonnoir, micro	1	1
Pipette Ten Sette 0,1-1,0 ml	1	1

#### Prélèvement, conservation et stockage :

Prélever les échantillons dans les flacons propres en verre ou en plastique. Stocker à 4°C ou au dessous si l'échantillon doit être analysé dans les 24 ou 48 heures .

Réchauffer à la température ambiante avant d'effectuer l'analyse .Pour des temps de stockage plus longs, jusqu'à 14 jours, ajuster le pH à 2 ou au dessous avec de l'acide sulfurique concentré pour analyse (environ 2ml/l) .

La réfrigération de l'échantillon est nécessaire .

Avant l'analyse de l'échantillon préservé, le réchauffer à la température ambiante .

Neutraliser l'échantillon avec la solution d'hydroxyde de sodium 5,0 N.

Ne pas utiliser de dérivés du mercure comme conservateur .

Corriger le résultat de l'analyse pour les ajouts de volume .

**Méthode** : Méthode acide chromo tropique (0 à 30,0 mg /l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

- Champ d'application : Pour eau et eau résiduaire

- La limite de détection estimée pour le programme numéro 2511 est 0,2 mg /l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

### **Technique**

. Allumer le spectrophotomètre DR/4000. Presser la touche de fonction PROGRAM.HACH . Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour le nitrate, méthode Test' N tube en entrant 2511 au clavier numérique Presser ENTER .

NB : Si les échantillons ne peuvent pas être analysés immédiatement, voir prélèvement, conservation et stockage à la suite de cette technique ; avant l'analyse, ajuster le pH des échantillons conservés .

. L'affichage indique : PROGRAM . HACH : 2511 N, Nitrate GH T.N.T . La longueur d'onde ( $\lambda$ ) , 410 nm est automatiquement sélectionnée.

. Placer et aligner l'adaptateur de tube à essai dans le compartiment d'échantillon de l'appareil . Le fixer avec le bouton moleté .

. Retirer le bouchon d'un tube Test N tube de Nitraver x Réactif A et ajouter 1,00ml d'échantillon. (ceci sera le blanc)

. Boucher hermétiquement le tube et le retourner 10 fois pour mélanger

NB : Si ces instructions ne sont pas suivies, des résultats trop faibles seront obtenus.

Tenir le tube vertical avec le bouchon vers le haut . Retourner le tube et attendre que la solution s'écoule vers le bouchon . Remettre le tube à l'endroit et attendre que toute la solution s'écoule vers le fond du tube . Ceci est un retournement . Répéter 10 fois.

. Essuyer l'extérieur du tube avec un tissu propre.

NB : Essuyer avec un tissu mouillé puis avec un tissu sec pour éliminer les traces de doigts et autres marques.

. Placer le blanc dans le compartiment de mesure. Fermer le capot.

. Presser la touche de fonction ZERO. L'affichage indique : 0,0mg /l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

. Retirer le tube de l'appareil. Retirer le bouchon du tube.

. En utilisant un entonnoir, ajouter le contenu d'une gélule de réactif Nitraver x Réactif B au tube. Boucher hermétiquement le tube et retourner 10 fois pour mélanger. (Ceci sera l'échantillon préparé).

NB : Voir étape 5 pour les instructions de retournement.

. Une petite quantité de poudre ne se dissout pas.

. Presser la touche de fonction DEMAR . MINUT

Une période de réaction de 5 minutes commence .Ne pas retourner le tube de nouveau

NB : En présence de nitrate, une coloration jaune se développe.

. Lorsque le minuteur sonne, essuyer l'extérieur du tube avec un tissu propre.

.Placer l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure . Fermer le capot.

La concentration de nitrate en mg /l d'azote (N) (ou l'unité choisie) s'affiche.

NB : Lire l'échantillon moins de 5 minutes après la sonnerie du minuteur.

### 2.1.9 Oxydabilité au permanganate à chaud :

#### Principe

L'opération consiste à mesurer, en milieu acide et en milieu alcalin, la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques d'origine animale ou végétale contenues dans une eau.

#### Mode opératoire

##### Réactifs :

- . Solution d'acide sulfurique ( $H_2SO_4 = 2 \text{ mol / l}$ )
- . Solution de permanganate de potassium  $c(KMnO_4) = 2 \text{ mmol/l}$
- . Solution étalon d'oxalate de sodium  $c(Na_2C_2O_4) = 5 \text{ mmol / l}$

##### Accessoires

- . Tubes à essai : 65 ml
- . Flacons
- . Pipette de 25 ml  $\pm 0,025$  ml
- . Burette de 25 ml
- . Chronomètre
- . Bain marie

##### Technique :

- . Vérifier que les tubes à essai et les flacons sont parfaitement propres.
- . Mettre à l'aide d'une pipette 25ml  $\pm 0,25$  ml d'échantillon dans un tube à essai. Ajouter 5ml  $\pm 0,5$  ml d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) 2 mol /l et mélanger en agitant doucement.
- . Ajouter 5 ml  $\pm 0,05$ ml de la solution étalon de permanganate de potassium  $c(KMnO_4) = 2 \text{ mmol/l}$
- . Placer le tube à essai dans le bain d'eau bouillante pendant 10 mn  $\pm 2$  mn. Démarrer le chronométrage.
- . Après 10 mn  $\pm 15$ s, retirer le tube à essai, ajouter 5 ml  $\pm 0,05$  ml de la solution étalon d'oxalate de sodium  $c(Na_2C_2O_4) = 5 \text{ mmol/l}$  et attendre que la solution se décolore.
- . Titrer pendant que la solution est encore chaude avec la solution étalon de permanganate de potassium  $c(KMnO_4) = 2 \text{ mmol/l}$  jusqu'à une coloration rose pâle persistante pendant environ 30 secondes.
- . Noter le volume  $V_1$  de la solution de permanganate consommée.
- . Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire mais en remplaçant la prise d'essai par 25 ml d'eau distillée.
- . Noter le volume  $V_0$  de la solution de permanganate consommée.
- . Conserver la solution titrée pour l'étalonnage de la solution étalon de permanganate de potassium  $c(KMnO_4) = 2 \text{ mmol / l}$

. Ajouter 5,00ml  $\pm$  0,05 ml de la solution d'oxalate de sodium  $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5$  mmol /l à la solution conservée de la détermination de blanc.

.Réchauffer la solution si nécessaire pendant 1 mn à environ 80°C et titrer avec le permanganate  $c(\text{KMnO}_4) = 2$  mmol/l jusqu'à apparition d'une coloration rose persistante pendant environ 30 secondes.

.Noter le volume  $V_2$  de la solution de permanganate de potassium consommée.

### Expression des résultats

Indice permanganate :

$$I = \frac{(V_1 - V_0) \times F}{V_2} \text{mgO}_2 / \lambda$$

$V_0$  = Volume en ml de la solution de permanganate consommée dans le dosage du blanc

$V_1$  = Volume en ml de la solution de permanganate consommée de la prise d'essai

$V_2$  = Volume en ml de la solution de permanganate consommée pour l'étalonnage

F = Facture en mg/l pour recalculer l'oxygène et pour tenir compte du volume utilisé.

$$F = \frac{V_4 \times c\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times \text{Mo} \times 1000}{1000 \times V_5}$$

$V_4$  = Volume en ml de la solution étalon d'oxalate de sodium consommée ;

$V_4 = 5$

c = concentration

$c\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 5$  mmol/l

1000(numérateur) = Facteur utilisé pour calculer  $c\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  de mmol /l en mmol / ml .

Mo = masse molaire en mg d'oxygène par mmol = 16.

$V_5$  = Volume d'échantillon utilisé en ml = 25

1000(dénominateur) = Facteur utilisé pour recalculer la valeur mesurée à 1 litre du volume d'échantillon, en ml/l.

### 2.1.10 Dosage du Manganèse :

#### Principe :

La méthode PAN est une technique très rapide et extrêmement sensible pour la détection des traces de manganèse. L'acide ascorbique est d'abord utilisé pour réduire toutes les formes oxydées du manganèse en  $\text{Mn}^{2+}$ .

Un réactif cyanure-alkalin est ajouté pour masquer toutes les interférences potentielles. L'indicateur PAN est alors ajouté pour se combiner à  $\text{Mn}^{2+}$  et former un complexe de couleur orange.

**Mode opératoire**

* Réactifs nécessaires		
Désignation	Quantité nécessaire par essai	Unité
Acide ascorbique en gélule	2 gélules	Paq 100
Eau désionisée	10 ml	litres
Indicateur PAN, solution 0,1 %	gouttes	50 ml CG
Réactif cyanure-alkalin	30 gouttes	50 ml CG
* Accessoires nécessaires		
	Quantité nécessaire par essai	Unité
Adaptateur de cuvette 1''(25,4mm)DR/40000	1	1
Eprouvette graduée 25 ml	1	1
Pince coupante	1	1

**Prélèvement et stockage :**

Prélever les échantillons dans des flacons propres en verre ou en plastique .

Ajuster le pH à 2 ou au dessous avec de l'acide nitrique (environ 2ml /l) .

Les échantillons préservés peuvent être stockés jusqu'à six mois à température ambiante .

Avant l'analyse, ajuster le pH entre 4,0 et 5,0 avec l'hydroxyde de sodium 5,0N.

. Ne pas dépasser pH 5,0 car le manganèse peut précipiter .

Corriger le résultat de l'analyse pour les ajouts de volumes.

**Méthode :** Méthode P.A.N (0 à 0,700 mg /l)

- champ d'application : pour eau et eau résiduaire

- La limite de détection estimée pour le programme numéro 2260 est de 0,005 mg/ l Mn total.

**Technique :**

.Allumer le spectrophotomètre DR/4000. Presser la touche de fonction

PROGRAM . HACH . Sélectionner le numéro de programme mémorisé pour le manganèse , gamme basse (Mn) en entrant 2260 au clavier numérique . Presser ENTER .

. L'affichage indique : PROGRAM .HACH : 2260 manganèse, GB.

La longueur d'onde ( $\lambda$ ) 560 nm est automatiquement sélectionnée .

. Verser 10,0ml d'eau désionisée dans une cuvette (le blanc)

. Verser 10,0 ml d'échantillon dans une autre cuvette (l'échantillon préparé) .

. Ajouter le contenu d'une gélule d'acide ascorbique à chaque cuvette .

Agiter pour mélanger

**NB** : Pour les échantillons ayant une dureté élevée (plus de 300 mg /l en  $\text{Ca CO}_3$ )

Ajouter 10 gouttes de Rochelle après l'addition de l'acide ascorbique.

. Ajouter 15 gouttes de réactif de cyanure-alcalin en solution à chaque cuvette

Agiter pour mélanger .

. Ajouter 21 gouttes de solution d'indicateur P.A.N. à 0,1% à chaque cuvette .

Agiter pour mélanger .

**NB** : En présence de Mn, une coloration orange se développe .

. Presser la touche de fonction DEMAR . MINUT

Une période de réaction de 2 minutes commence .

**NB** : Si l'échantillon contient beaucoup de fer (plus de 5 mg /l), attendre 10 mn le développement complet de la coloration .

. Lorsque le minuteur sonne, placer le blanc dans le compartiment de mesure .

Fermer le capot .

. Presser la touche de fonction ZERO . L'affichage indique : 0,000mg / l Mn .

. Placer l'échantillon préparé dans le compartiment de mesure . Fermer le capot

. Le résultat en mg /l Mn (ou l'unité choisie) s'affiche .

### 2.1.11 Dosage des sulfates :

#### Principe :

Les ions sulfates réagissent avec le baryum du réactif sulfaVer4 et produit un précipité de sulfate de baryum insoluble. La quantité de turbidité formée est proportionnelle à la concentration du sulfate. Le réactif sulfaVer4 contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension.

#### Mode opératoire :

- Allumer le spectrophotomètre DR4000, presser la touche fonction programme, sélectionner le N° de programme mémorisé pour les sulfates et faire ENTER
- Remplir une éprouvette jusqu'au trait de 25 ml avec l'échantillon
- Ajouter le contenu d'une gélule de réactif sulfaver 4 dans l'éprouvette, boucher et agiter
- Presser la touche de fonction DEMAR minut et une période de 5mn commence (turbidité blanche se développe)
- Lorsque le minuteur sonne, remplir une cuvette avec 25 ml d'échantillon (blanc) ; placer le dans compartiment de mesure en face de la source lumineuse.
- Transvaser le contenu de l'éprouvette dans une autre cuvette (l'échantillon préparé uniquement le même échantillon que celui du blanc) et placer dans un

autre compartiment de mesure derrière le blanc dans le sens de rotation des compartiments.

- Fermer le capot et appuyer sur Demar, l'appareil effectue la mesure du zéro le blanc et ensuite celle de l'échantillon.
- Lire le résultats en mg/l de sulfates
- Laver l'éprouvette et les cuvettes et rincer les avec de l'eau distillée.

### **2.1.12 Dosage des chlorures :**

#### **Principe :**

Le chlorure présent dans l'échantillon réagit avec le thiocyanate mercurique pour former du chlorure mercurique et libérer l'ion thiocyanate. Les ions thiocyanate réagissent avec les ions ferriques pour former un complexe orange de thiocyanate ferrique. La concentration de ce complexe est proportionnelle à la concentration de chlorure. Le chlorure à ces concentrations peut aussi être déterminé directement en utilisant l'électrode sélective chlorure.

#### **Mode opératoire :**

- Allumer le spectrophotomètre DR4000, presser la touche fonction programme, sélectionner le N° de programme mémorisé pour les chlorures et faire Enter
- Remplir une éprouvette jusqu'au trait de 25 ml avec l'échantillon
- Remplir une autre éprouvette jusqu'au trait de 25 ml avec de l'eau distillée (blanc) l'échantillon
- Ajouter 2ml de thiocyanate mercurique dans les éprouvettes y compris le blanc, boucher et agiter
- Ajouter 1ml de solution ferrique dans les éprouvettes y compris le blanc, boucher et agiter (coloration orange se forme)
- Presser la touche fonction DEMAR minut et une période de 2mn commence
- Lorsque le minuteur sonne, transvaser le contenu des éprouvettes dans les cuvettes et placer les dans les compartiment de mesure, le blanc étant en face de la source lumineuse, et fermer le capot
- Sélectionner Demar et l'appareil effectue la mesure du blanc le zéro et ensuite celle de l'échantillon,
- Lire le résultat en mg/l de chlorures
- Laver l'éprouvette et les cuvettes et rincer les avec de l'eau distillée

### **2.2 Détermination des paramètres bactériologiques :**

#### **Prélèvement :**

- Enlever s'il existe les tuyaux en caoutchouc adaptés au robinet choisi
- .Se laver soigneusement les mains et avant bras avec un produit désinfectant et les rincer abondamment avec de l'eau propre .
- . Fermer le robinet .

- . Flamber le robinet pendant au moins 2 à 3 mn en utilisant de préférence une lampe à souder portative à gaz butane .
- . Ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 mn .
- . Maintenir pendant ce temps la lampe à souder allumée un peu au dessus du robinet par un assistant .
- . Ouvrir le flacon toujours à proximité de la flamme juste avant de faire le prélèvement .
- . Remplir le flacon tout en maintenant près de la flamme le col du flacon de la face intérieure du bouchon .
- . Fermer immédiatement le flacon après le prélèvement, ne pas ouvrir le flacon avant l'analyse réalisée au laboratoire ; si non il faut absolument refaire le prélèvement .

Inscrire sur le flacon les indications nécessaires à son identification .

- . Mettre l'échantillon prélevé dans une glacière maintenue à 4°C .

Remarque : Dans le cas de prélèvement d'eaux traitées par le chlore, le chlore peut au cours du transport, continuer d'exercer son action sur les bactéries éventuellement présentes . Il est donc nécessaire de détruire ce chlore . Pour cela, ajouter dans le flacon de prélèvement avant sa stérilisation quelques gouttes d'une solution d'hyposulfite de sodium à 10% (elle-même de préférence stérilisée).

### **2.2.1 Détermination des germes totaux :**

#### **Principe :**

Ensemencement par mélange à un milieu de culture défini, en boîtes de pétri, d'un échantillon non dilué ou de diverses dilutions de cet échantillon.

Incubation des boîtes ensemencées à  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  durant  $22\text{h} \pm 2\text{h}$ .

### **2.2.2 Détermination des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices :**

#### **Principe :**

Incorporation d'un échantillon après destruction des formes végétatives des bactéries par un chauffage approprié dans un milieu de culture, contenant du sulfite de sodium et des sels de fer. Dénombrement, après incubation pendant 24h et ou 48h à  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ , sous anaérobiose, des colonies entouré d'un halo noir.

### **2.3 Détermination du goût et odeur :**

Ce sont des aspects qualitatifs dont les sens sont les seuls juges : seul le nez est apte à identifier une odeur, et seule la langue est apte à identifier un goût. Cependant pour que des normes puissent être définies, il a fallu établir des systèmes de mesure.

L'odeur est mesurée par le nombre de dilutions nécessaires dans de l'eau inodore pour faire disparaître l'odeur de l'échantillon.

Pour la saveur, en le goûtant à des dilutions diverses, on compare l'échantillon à une eau sans goût ou à des solutions de référence.

La température du liquide jouant un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation (odeur ou saveur), on opère à des températures différentes.

Pour que l'eau soit conforme à la norme, il ne faut pas avoir besoin de la diluer plus de deux fois à 12°C, de trois fois à 25°C.

L'eau de référence est obtenue en faisant passer de l'eau potable sur une colonne remplie de charbon actif en grains à une vitesse déterminée.

### **2.3.1. Prélèvement :**

Environ 30 échantillons sont prélevés chaque semaine entre 8h00 et 12h30. Laisser couler l'eau 2 à 3 minutes, ensuite faire le prélèvement dans des flacons en verre complètement remplis sans volume d'air résiduel. Le transport des échantillons s'effectue à froid.

#### **Principe :**

L'odeur et la flaveur d'un échantillon d'eau sont évaluées par un jury en comparant cet échantillon et/ou ses dilutions avec une eau de référence.

### **2.3.2 Local utilisé pour l'analyse :**

A cause de l'absence de salle pour l'évaluation du goût et odeur au laboratoire central de l'eau EDM.SA ; une partie de la salle physico-chimique était utilisée.

#### **Mode opératoire :**

Avant de procéder à l'analyse ; un certain nombre de précautions générales sont indispensables, c'est à dire que le local soit climatisé dépourvu de toute odeur et de toutes causes de distraction. Egalement l'opérateur ne doit ni manger, ni fumer au moins 30 minutes avant la mesure. Ces précautions sont valables pour le goût et l'odeur.

Tous les échantillons et l'eau de référence doivent être ramené à la même température en utilisant un bain marie capable d'homogénéiser à  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Au cours de notre étude ; l'échantillon et l'eau de référence étaient déposés à la température ambiante de la salle pendant au moins 1 heure. Il serait souhaitable de vérifier avant l'analyse. Cette méthode nous a permis d'avoir des températures approximatives.

Avant l'essai, les échantillons d'eaux chlorés doivent être déchlorés selon le mode opératoire indiqué à l'annexe 4.

La verrerie doit être bien nettoyée et la rincer à l'eau de référence.

**- Détermination de l'odeur :**

Secouer chaque verre 3 ou 4 fois avant de sentir. Pour augmenter la précision respirer tour à tour l'eau de référence et l'échantillon de dilution inconnue. Classifier les verres qui ont une odeur et ce qui n'en n'ont pas ; noter le seuil. Le nombre de dilution dépend de la capacité de l'opérateur à déceler une faible variation d'odeur et de la raison pour laquelle on veut mesurer l'intensité de la dite odeur.

**- Détermination du goût :**

Avant chaque dégustation l'opérateur se rincera la bouche avec l'eau de référence.

Pour déguster, deux méthodes que l'on peut d'ailleurs employer conjointement, sont recommandées :

**METHODE A :**

Prendre un peu d'eau dans la bouche, et la faire voyager d'un côté à l'autre (éventuellement, faire passer un peu d'air au travers) puis la rejeter.

**METHODE B :**

Laisser une petite quantité d'eau dans la partie antérieure de la bouche en contact, pendant 5 ou 10 secondes avec les papilles gustatives de la pointe de la langue, sans l'agiter. Avaler ensuite doucement, certains goûts se font alors sentir immédiatement après la déglutition.

Faire effectuer les mesures par au moins 3 dégustateurs.

**Technique d'analyse : valable dans les deux cas.**

Préparer à partir d'eau à examiner et l'eau de référence des dilutions indiquées dans le tableau et faire déterminer par chacun des opérateurs celle correspondant au seuil d'apparition du goût et l'odeur.

Débuter les opérations par les solutions les plus diluées.

Par rapport au goût lorsque le seuil est atteint, se rincer la bouche et recommencer la dégustation de la dilution correspondante pour s'assurer du bien fondé de la première impression.

**Tableau(4) de dilution**

Volume ramené à 120 ml	120	100	<b>80</b>	60	30	20	10
Seuil d'odeur ou de goût	1	1,2	1,5	2	4	6	12

### III. RESULTATS ET COMMENTAIRES

Les résultats obtenus à la saison sèche, et les résultats obtenus pendant l'hivernage (période qui débute avec l'utilisation du charbon actif) seront présentés dans le même tableau.

#### 1. Résultats obtenus :

Pendant toute la période d'étude 295 échantillons ont été prélevés et analysés à la fin saison sèche et, 469 pendant l'hivernage.

##### 1.1 Captage :

Les résultats correspondent à la moyenne par semaine de 9 analyses sur 9 échantillons pendant la saison sèche et, de 18 analyses sur 18 échantillons pendant l'hivernage.

**Tableau 5 : Résultats paramètres physico-chimiques**

Paramètres	Fréquence	Saison sèche		Moy	Hivernage		Moy
		<	>		<	>	
pH	Hebdomadaire	7,18	7,60	7,38	7,0	7,5	7,37
Turb		2,5	3,90	2,95	5,5	82,3	38,83
Fer		0,07	0,19	0,12	0,22	1,31	0,77
Mn		0,01	0,057	0,005	<0,01	0,16	0,03
Sulfates		0,5	2,4	1,73	0,3	6	2,67
Chlorures		0,47	3	1,13	<0,02	3,1	1,65
Oxydabilité		1	4,37	1,80	0,9	4,6	2,49
Ammonium		0,03	0,12	0,08	<0,01	0,17	0,05
Nitrites		0,006	0,04	0,02	<0,01	0,15	0,03
Nitrates		0,03	0,2	0,04	<0,01	0,6	0,13
T°		27	29,8	29,2	23	29,9	29,4

#### Commentaire des résultats de la saison sèche :

Au cours de l'étude, nous avons eu des variations de pH de 7,18 à 7,60.

La turbidité varie de 2,5 à 3,9 NTU. Aucune non conformité n'a été notée. Ces résultats sont dus au fait que pendant la période Avril-Mai, l'eau n'est pas très chargée. Mais aussi il y a une décantation naturelle qui est surtout favorable au traitement.

La teneur en fer varie de 0,07 à 0,19 mg/l. C'est un élément généralement absent dans le cas des eaux de surfaces.

Les variations de manganèse étaient de 0,01 à 0,06 mg/l. Deux (02) cas de non conformités ont été notées, soit 22,2 %. Généralement cet élément est aussi absent dans le cas des eaux de surface comme le fer.

Les sulfates et les chlorures étaient à des teneurs très faibles sinon négligeables avec des variations respectives de 0,5 à 2,4 mg/l et de 0,47 à 3 mg/l.

Les matières organiques varient de 1 à 4,37 mg/l.

La teneur en ammonium varie de 0,03 à 0,12 mg/l.

Les nitrites varient de 0,006 à 0,04 mg/l. Tous les résultats sont conformes à la norme OMS.

Les nitrates varient de 0,03 à 0,2 mg/l et sont tous conformes à la norme.

La température varie de 27 à 29,2°C. Toutes les valeurs dépassent la norme et, sont donc non conformes.

### Commentaires des résultats d'hivernage

Au cours de l'étude, nous avons eu des variations de pH de 7,0 à 7,5.

La turbidité varie de 5,5 à 82,3 NTU. Tous les résultats dépassent les normes.

Ces résultats sont dus au fait que pendant la période Juin-Septembre, l'eau devient très chargée en tas d'ordures.

La teneur en fer varie de 0,22 à 1,31 mg/l. Nous avons enregistré quatorze (14) cas de non conformité, soit 77,8% dans l'ensemble.

Les variations de manganèse étaient d'une teneur < 0,01 à 0,16 mg/l. Six (06) cas de non conformités ont été notées, soit 33,3% dans l'ensemble.

Les sulfates et les chlorures étaient à des teneurs très faibles sinon négligeables avec des variations respectives de 0,3 à 6 mg/l et d'une teneur < 0,2 à 3,1 mg/l.

Les matières organiques varient de 0,9 à 4,6 mg/l.

La teneur en ammonium varie d'une teneur <0,01 à 0,17 mg/l.

Les nitrites varient d'une teneur <0,01 à 0,15 mg/l.

Les nitrates varient d'une teneur <0,01 à 0,04 mg/l. Ces valeurs sont toutes conformes à la norme.

La température varie de 23 à 29,9°C. Nous avons eu cinq (05) cas de non conformités, soit 27,8% dans l'ensemble.

### Tableau 6 : Résultats paramètres bactériologiques

Paramètres	Fréquence	Saison sèche		Hivernage	
		<	>	<	>
Germes totaux dans 1 ml	Hebdomadaire	>300	>300	>300	>300
Spores de bactéries anaérobies sulfitoreductrices dans 2,5 ml		0	>100	0	>100

### Commentaire des résultats de la saison sèche

Les résultats obtenus après analyses des germes totaux étaient tous supérieurs à 300 dans 1 ml d'échantillons.

Les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices varient de 0 à une teneur supérieure à 100 dans 2,5 ml d'échantillons.

## Commentaire des résultats d'hivernage

Les résultats obtenus après analyses des germes totaux étaient tous supérieurs à 300 dans 1 ml d'échantillons. Ceux-ci s'expliquent par le fait que les eaux de surfaces contiennent des micro-organismes provenant du sol, des déchets domestiques et industriels.

Les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices varient de 0 à une teneur supérieure à 100 dans 2,5 ml d'échantillons.

### 1.2 Sortie Station:

Elle est constituée par 4 zones.

#### • Saison sèche (fin Mars-fin Mai)

Au niveau de la zone normale (ZN) et la zone basse (ZB), les résultats obtenus correspondent à la moyenne de 4 analyses sur 4 échantillons.

Au niveau du réseau haut (RH) et KATI, les résultats correspondent à une moyenne de 5 analyses sur 5 échantillons.

#### • Hivernage (début Juin-fin Septembre)

Au niveau de la zone normale (ZN) et la zone basse (ZB), les résultats obtenus correspondent à la moyenne de 9 analyses sur 9 échantillons.

Au niveau du réseau haut (RH) et KATI, les résultats correspondent à une moyenne de 9 analyses sur 9 échantillons.

**Tableau 7 : Résultats paramètres physico-chimiques**

Paramètres	Fréquence	Saison sèche		Moy	Hivernage		Moy
		<	>		<	>	
pH	Bihebdomadaire	7,3	7,4	7,35	7,2	7,2	7,2
Turb		0,21	0,27	0,22	0,2	0,4	0,27
T°		29,5	31	30,42	25,8	28,3	26,9
Chlore		1	1,6	1,3	1,5	1,8	1,62
Fer		0,011	0,016	0,015	0,01	0,03	0,017
Mn		0,014	0,044	0,026	0,01	0,01	0,01
Sulfates		8,62	11,9	10,66	11,8	15,6	13,62
Chlorures		2,22	3,23	2,73	1,9	2,1	2
Oxydabilité		0,24	0,58	0,36	0,6	0,9	0,67
Ammonium		0,02	0,03	0,025	0,01	0,02	0,017
Nitrites		0,01	0,03	0,017	0,01	0,02	0,012
Nitrates		0,05	0,26	0,11	0,09	0,12	0,1

### Commentaire des résultats de la saison sèche

Au cours de cette étude, nous avons noté des variations dans toutes les zones pour tous les paramètres.

Le pH varie de 7,3 à 7,4.

La turbidité varie de 0,21 à 0,27 NTU. Selon l’OMS les eaux convenablement traitées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU.

La teneur en fer varie de 0,011 à 0,019 mg/l.

La teneur en manganèse varie de 0,014 à 0,044 mg/l.

Les sulfates et les chlorures varient respectivement de 8,62 à 11,32 et, de 2,22 à 3,23 mg/l.

Les matières organiques varient de 0,24 à 0,58 mg/l.

La température varie de 29,5 à 31°C et tous les résultats dépassent la norme.

La teneur en chlore varie de 1,01 à 1,6 mg/l.

Les nitrites varient de 0,01 à 0,02mg/l.

Les nitrates varient de 0,05 à 0,26 mg/l.

L’ammonium varie de 0,02 à 0,03 mg/l.

### Commentaire des résultats d’hivernage

La moyenne de pH ne varie pas (7,2).

La turbidité varie de 0,2 à 0,4 NTU.

La teneur en fer varie de 0,01 à 0,03 mg/l.

Le manganèse varie d’une teneur <0,01 à 0,01 mg/l.

Les sulfates et les chlorures varient respectivement de 11,8 à 15,6 et ; de 1,9 à 2,1 mg/l.

Les matières organiques varient de 0,6 à 0,9 mg/l.

La température varie de 25,8 à 28,3°C et, tous les résultats dépassent la norme.

La teneur en chlore varie de 1,5 à 1,8 mg/l.

Les nitrites varient de 0,01 à 0,02mg/l.

Les nitrates varient de 0,09 à 0,12 mg/l.

L’ammonium varie de 0,01 à 0,02 mg/l.

### Tableau 8 : Résultats paramètres bactériologiques

Paramètres	Fréquence	Saison sèche		Hivernage	
		<	>	<	>
Germes totaux dans 1 ml	Hebdomadaire	2	3	4	10
Spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices dans 2,5 ml		0	0	0	0

### Commentaire des résultats de la saison sèche :

Les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices ne varient pas. Tous les résultats sont conformes à la norme.

Concernant les germes totaux, il s’agissait de la présence ou l’absence. Des cas de non conformités ont été notés.

## Commentaire des résultats d'hivernage

Les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices ne varient pas. Tous les résultats sont conformes à la norme.

Concernant les germes totaux, il s'agissait de la présence ou l'absence. Des cas de non conformités ont été notés dans toutes les zones.

### 1.3 Réseau de distribution :

Au cours de notre travail 268 échantillons ont été prélevés et analysés à la saison sèche et, 415 échantillons pendant l'hivernage.

**Tableau 9 : Résultats paramètres physico-chimiques**

Paramètres	Fréquence	Saison sèche		Moy	Hivernage		Moy
		<	>		<	>	
pH	Hebdomadaire	6,69	7,61	7,40	6,60	7,90	7,8
Turb		0,17	1,01	0,1	0,1	2,2	0,3
Chlore		0,13	>2,20	1,3	0,22	>2,20	1,6
T°		29,9	36,7	34,5	24,6	33	31,6

### Commentaire des résultats de la saison sèche :

Au cours de l'étude, le pH varie de 6,69 à 7,61. Ces valeurs sont donc conformes aux normes OMS.

La turbidité varie de 0,17 à 1,01 NTU. Ces valeurs sont aussi conformes.

La température varie de 29,9 à 36,7°C. Ces valeurs dépassent la norme AFNOR (25°C).

La teneur en chlore varie de 0,13 à une teneur > à 2,20 mg/l. Un seul (01) cas de non conformité a été notée à Bacodjicoroni sud soit 0,37 %.

### Commentaire des résultats d'hivernage :

Le pH varie de 6,6 à 7,9. Ces valeurs sont conformes.

La turbidité varie de 0,1 à 2,2. Ces valeurs sont aussi conformes.

La T° varie de 24,6 à 33 avec deux (02) cas de conformité et les autres dépassent la norme AFNOR, soit 0,48 %.

La teneur en chlore résiduel varie de 0,08 à une teneur > à 2,20 mg/l.

**Tableau 10 : Résultats Goûts et Odeurs**

Paramètres	Fréquence	Saison sèche Taux de dilution		Hivernage Taux de dilution	
		<	>	<	>
Odeur	Hebdomadaire	0	3	0	4
Saveur		0	1	0	2

**Commentaire des résultats de la saison sèche :**

Pendant la fin de la saison sèche 268 échantillons ont été prélevés et analysés. Nous avons noté 57 dilutions pour les odeurs avec des taux limites variant de 0 à 3 ; et 15 pour les goûts avec des taux limites variant de 0 à 1. Comparativement aux normes, les résultats sont tous conformes.

**Commentaire des résultats d'hivernage :**

Pendant l'hivernage 415 échantillons ont été prélevés et analysés. Nous avons noté 120 dilutions pour les odeurs avec des taux limites variant de 0 à 4, et 18 dilutions pour les goûts avec des taux limites variant de 0 à 2. Comparativement aux normes, les résultats sont tous conformes.

**Tableau 11 : Résultats paramètres bactériologiques**

Paramètres	Fréquence	Saison sèche		Hivernage	
		<	>	<	>
Germe totaux dans 1 ml	Hebdomadaire	0	>300	0	>300
Spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices dans 2,5 ml		0	0	0	0

**Commentaire des résultats de la saison sèche :**

La teneur en germes totaux varie de 0 à une teneur > 300 dans 1 ml d'échantillon.

Au cours de la période Avril-Mai aucune non conformité n'a été enregistré pour les spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices. Ces résultats témoignent une très bonne filtration.

**Commentaire des résultats d'hivernage :**

Les germes totaux varient de 0 à une teneur > à 300 dans 1 ml d'échantillon. Les spores de BASR sont absentes dans 2,5 ml pour tous les échantillons

## 2. Analyses et discussions :

Cette partie concernera uniquement les réclamations clients et les non conformités.

### 2.1 Saison sèche

#### 2.1.1 Réclamations clients :

A la fin de la saison sèche, nous avons enregistré deux (02) réclamations clients portant sur une odeur légère à Bacodjicoroni ACI et, une odeur de fosse septique à Médine Nouveau Marché . Les résultats correspondent à la moyenne de 3 analyses successives pour chaque zone.

**Tableau 12 : Résultats paramètres physico-chimiques et bactériologiques**

Analyses	Bacodjicoroni ACI	Médine Nouveau Marché
pH	7,3	7,1
Turb	0,2	0,4
Chlore résiduel	1,85	1 ,62
Fer	0,02	0,05
Mn	0,01	0,01
Sulfates	10,3	10,7
Chlorures	1,7	1,9
Matières organiques	0,3	0,7
L'ammonium	0,02	0,01
Nitrites	0,01	0,01
Nitrates	0,03	0,02
Germes totaux	0	0
Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices	0	0
Température	33	32,4

A Bacodjicoroni ACI, les résultats des paramètres concernés étaient tous conformes aux normes. On notera que le prélèvement de l'échantillon a eu lieu après purge effectuée sur la zone.

A Médine nouveau marché, selon les consommateurs le problème d'odeur persistait depuis des mois. Les moments critiques étaient le petit matin et le soir souvent avec des turbidités élevées et un changement de couleur (jaunâtre). Quelques heures après l'eau redevient normale.

Les résultats d'analyses n'ont rien montré de particulier. Par conséquent, ce problème était donc lié au conduit plutôt qu'à la source ou le traitement.

#### 2.1.2 Non conformités

Pendant la fin de la saison sèche seulement 3 paramètres seront concernés ; il s'agit de la température du chlore et les germes totaux..

Par rapport au chlore, nous avons eu un (01) cas de non conformité sur 268 échantillons soit 0,37%. Ce pourcentage très faible ne nous permet pas de préciser la cause réelle de cette baisse du résiduel de chlore car plusieurs raisons peuvent l'expliquer, compte tenu du fait que le produit est instable, volatil et très souvent la faible consommation au niveau de certains robinets.

Les valeurs de la température dépassent légèrement la norme AFNOR. Ces élévations sont surtout liées à la période Avril – Mai ou il fait excessivement chaud à Bamako avec des températures du milieu variant entre 30 et 45°C. Il est important de noter que les services de l'eau peuvent difficilement agir sur la température. Les efforts doivent donc se porter sur d'autres paramètres qui évoluent en fonction de la température. Par exemple les algues génératrices de goûts et odeurs désagréables dont la prolifération est accentuée par l'élévation de la température. Malheureusement ces algues ne feront pas l'objet de cette étude à cause des moyens limités dont dispose L'EDM.SA pour leur identification.

Concernant les germes totaux, il y a eu onze (11) cas de non conformité soit 4,1%. Le chlore était conforme dans dix (10) cas. Ces résultats ne sont pas étonnants, dans la mesure où l'eau traitée n'est jamais stérile. Par ailleurs, si une baisse du désinfectant résiduel peut entraîner une croissance bactérienne dans le réseau, l'expérience montre que le maintien du résiduel n'assure pas totalement la prévention d'une telle reviviscence. En outre le chlore est un désinfectant et non un stérilisant.

Les germes totaux qui par définition englobent les bactéries, moisissures et les levures pouvant générer des goûts et odeurs dans l'eau.

Nous avons constaté que pour tous les cas de non conformité, il n'y a pas eu de non conformité en goût et en odeur. Face à cette situation il est important de savoir que pendant la période Avril-Mai le réseau d'eau est fortement sollicité, l'eau produite est directement distribuée et consommée. L'odeur et le goût provoqués par ces germes ne surviennent qu'après leur développement dans le réseau.

## 2.2 Hivernage :

### 2.2.1 Réclamations clients

Pendant l'hivernage trois (03) réclamations clients (portant sur une légère odeur à Korofina nord, sur une odeur d'hydrocarbures à l'Asacodjip, sur une odeur de fosse septique à Médine Nouveau Marché) ont été traitées. Ces résultats correspondent à la moyenne de 3 analyses successives pour chaque zone.

**Tableau 13 : Résultats paramètres physico-chimiques et bactériologiques**

Analyses	Korofina nord	Asacodjip	Médine Nouveau Marché 5h	Médine Nouveau Marché 11h
pH	7,3	7,1	7,3	7,1
Turb	0,4	0,2	72	0,3
Chlore résiduel	1,89	0,88	0,02	1,82
Fer	0,02	0,086	0,6443	0,01
Mn	0,01	< 0,01	0,03	0,02
Sulfates	13,2	12,3	11,8	14,6
Chlorures	1,5	1,8	1,9	1,4
Matières organiques	0,1	1,16	28,7	0,14
L'ammonium	0,01	0,02	0,9	0,05
Nitrites	0,01	< 0,01	0,7	0,02
Nitrates	0,02	0,02	0,8	0,03
Germes totaux	0	0	> 300	0
Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices	0	0	0	0
Température	31	27	25,3	29

A korofina nord, les résultats d'analyses des paramètres concernés correspondent aux normes. Le problème d'odeur à ce niveau était dû à la faible consommation.

A l'asacodjip, tous les résultats étaient également conformes. Le problème d'odeur était lié à leur conduit intérieur.

A Médine nouveau marché, à part le pH, le manganèse, les sulfates, les chlorures, les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, tous les autres paramètres étaient non conformes.

Le problème était lié à une fuite au niveau de la dite zone, mais aussi à l'état de la conduite car non seulement souvent cette zone perd la pression ; mais aussi la canalisation était vieille. Ceux-ci entraînent des dépôts qui se forment et qui se décrochent avec l'entrée de l'air. Par conséquent, sont drainés par l'eau dès que la pression s'établit. Après quelques heures, l'eau retrouve son aspect normal.

La mise en place de campagne systématique de nettoyage, rénovation ou remplacement des conduits permet d'éviter les risques liés à la remise en suspension de ces dépôts.

### **2.2.2 Non conformités**

Pendant l'hivernage, nous avons eu des cas de non conformités pour les mêmes paramètres comme à la fin de la saison sèche.

Par rapport à la T°, il y a eu 99,47% de non conformité. Les valeurs dépassaient encore légèrement les normes. Cela était dû encore une fois de plus que pendant l'hivernage, il y a une alternance chaleur et fraîcheur avec des T° élevées.

Pour le chlore le pourcentage de non conformité est très faible (1,07%). A ce niveau on ne peut pas dire de façon précise la cause réelle de la baisse du chlore résiduel.

Concernant les germes totaux nous avons enregistré 29 cas de non conformité sur 469 échantillons soit 6,18%. Les explications sont similaires à celles de la période Avril – Mai.

### 3. Etude comparative :

Au cours de l'étude, nous avons constaté que les valeurs de certains paramètres varient selon la période de l'année.

Nous avons utilisé en statistique le test t (cas des échantillons inférieurs à 30) pour la comparaison des moyennes saison sèche et l'hivernage au niveau du captage et de la sortie station.

Si  $|t| <$  à la valeur lue dans la table de t pour d.d.l (degré de liberté) au risque 5% : la différence n'est pas significative ; dans le cas contraire elle est significative.

**NB** : la formule de t et la table de t seront données dans l'annexe 7.

#### 3.1 Captage :

##### 3.1.1 Paramètres physico-chimiques:

**Tableau 14 : La moyenne des paramètres physico-chimique**

Paramètres	Moyenne Saison sèche	Moyenne Hivernage	$ t $	t dans la table au risque 5%	Différence
pH	7,38	7,37	0,07	2,06	N'est pas significative
Turb	2,95	38,83	5,9	2,06	significative
Fer	0,12	0,77	8,12	2,06	significative
Mn	0,005	0,03	2,5	2,06	significative
Sulfates	1,73	2,67	0,95	2,06	N'est pas significative
Chlorures	1,13	1,65	0,74	2,06	N'est pas significative
Oxydabilité	1,8	2,49	0,89	2,06	N'est pas significative
Ammonium	0,05	0,08	3	2,06	significative
Nitrites	0,02	0,03	1	2,06	N'est pas significative
Nitrates	0,04	0,13	0,9	2,06	N'est pas significative
T°	29,2	29,4	0,04	2,06	N'est pas significative

-pH : Au cours de l'étude les moyennes obtenues (7,38 et 7,37) avec la détermination du pH sont presque les mêmes.

-Turbidité : L'eau est plus trouble pendant l'hivernage (38,83NTU) par rapport à la saison sèche (2,95NTU). La turbidité en saison pluvieuse est ainsi plus élevée par rapport à la valeur recommandée par l'OMS qui est de préférence inférieure à 1NTU pour une désinfection efficace.

L'élévation de la turbidité en cette période est due aux apports des eaux de pluie qui déversent des tas d'ordures dans le fleuve.

-Couleur : A l'œil nu, nous avons constaté que l'eau est plus colorée pendant l'hivernage que pendant la saison sèche. Ceci est dû au fait que la teneur des

particules en suspension responsables de la couleur apparente est très élevée. La coloration des eaux naturelles a surtout pour origine le lessivage des fractions organiques des sols.

-Fer : La teneur en fer est très élevée pendant l'hivernage (**0,77**). Par contre en période sèche elle est de (**0,12**)mg/l . Cette augmentation en saison pluvieuse est due à l'arrivée d'eau de ruissellement et au déversement des ferrailles le long du fleuve. Ceci a pour conséquence de tâcher les linges sur le plan domestique et de colmater les conduits sous l'action des ferrobactéries entraînant des risques de corrosion.

-Manganèse : il est plus élevé en saison pluvieuse (**0,03**) que pendant la période sèche (**0,005**).

-Chlorures : Les résultats sont presque les mêmes dans les deux saisons (**1,13 et 1,65**)

-sulfates : Les concentrations sont plus élevées en saison pluvieuse (**2,67**) que celles de la saison sèche (**1,73**). Leur présence dans l'eau peut provenir des effluents industriels et de dépôts d'origine atmosphérique. Mais les concentrations les plus élevées se rencontrent dans les eaux souterraines.

-Matières organiques : La teneur en matières organiques est plus élevée pendant l'hivernage (**2,49**) que pendant la période sèche (**1,80**) .

-Nitrates et nitrites :

Les nitrates sont plus élevés pendant l'hivernage (**0,13**) par rapport à la saison sèche (**0,04**). Cette élévation est due à l'utilisation des engrais dans le lit du fleuve pour les cultures maraîchères.

Les nitrites sont pratiquement les mêmes durant les deux périodes.

- Ammonium : les concentrations sont quasiment les mêmes pendant les deux périodes(**0,05 et 0,08**) .

### **3.1.2 Paramètres concernant la qualité bactériologique :**

Au cours de l'étude les germes totaux et les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices dépassent les normes OMS.

### 3.2 Sortie station :

**Tableau 15 : La moyenne des paramètres physico-chimique**

Paramètres	Moyenne Saison sèche	Moyenne Hivernage	t	t dans la table au risque 5%	Différence
pH	7,35	7,2	0,02	2,44	N'est pas significative
Turb	0,22	2,27	0,8	2,44	N'est pas significative
T°	30,42	26,9	0,3	2,44	N'est pas significative
Chlore	1,3	1,62	0,05	2,44	N'est pas significative
Fer	0,015	0,017	0,32	2,44	N'est pas significative
Mn	0,026	0,01	0,30	2,44	N'est pas significative
Sulfates	10,66	13,62	0,38	2,44	N'est pas significative
Chlorures	2,73	2	2,1	2,44	N'est pas significative
Oxydabilité	0,36	0,67	0,13	2,44	N'est pas significative
Ammonium	0,025	0,017	0,1	2,44	N'est pas significative
Nitrites	0,017	0,012	0,07	2,44	N'est pas significative
Nitrates	0,11	0,1	0,14	2,44	N'est pas significative

En dehors de la température et les germes totaux, tous les paramètres analysés étaient conformes.

La température est plus élevée pendant la fin de la saison sèche (**30,42**) par rapport à l'hivernage (**26,9**).

### 3.3 Réseau de distribution :

Durant toute la période d'étude en dehors des réclamations clients et de certains paramètres comme le chlore, la température et les germes totaux, nous n'avons enregistré aucune non conformité. Mais nous avons remarqué une évolution légèrement notable de certains paramètres organoleptiques entre les deux saisons. Mais toujours les résultats restent dans la fourchette des normes recommandées par L'OMS.

### 3.3.1 Paramètres physico-chimiques :

**Tableau 16 : La moyenne des paramètres physico-chimique**

Paramètres	Moyenne Saison sèche	Moyenne Hivernage
pH	7,4	<b>7,8</b>
Turb	0,1	<b>0,3</b>
Chlore	1,3	<b>1,6</b>
T°	<b>34,5</b>	31,6

-pH : il augmente légèrement pendant l'hivernage (**7,80**) par rapport à la saison sèche (**7,40**). Cela est dû au fait que pendant l'hivernage on augmente le taux de sulfate d'alumine qui élève le pH.

-Turbidité : elle est plus élevée pendant l'hivernage (**0,3NTU**) que pendant la saison sèche (**0,1**) à cause de la charge élève au niveau de la source.

-Température : elle est également élevée pendant la période sèche (**34,5**) par rapport à l'hivernage (**31,6**). Ceci est dû à notre climat.

-Chlore : les valeurs du résiduel chlore sont plus élevées à l'hivernage (**1,6**) par rapport à la saison sèche (**1,3**). Pendant l'hivernage le taux de chlore est plus élevé dans le but d'avoir une désinfection acceptable car les germes deviennent de plus en plus nombreux pendant cette période.

-Indicateurs de qualité : les seuils de détection limite pour l'odeur sont plus élevés pendant l'hivernage par rapport à la saison sèche.

Le goût n'évolue pas et reste quasiment stable. Cela est surtout lié à l'utilisation du charbon actif pendant l'hivernage.

### 3.3.2 Paramètres concernant la qualité bactériologique :

Les germes totaux sont plus nombreux pendant l'hivernage par rapport à la période sèche.

Concernant les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices, le résultats sont conformes au cours des deux périodes.

#### IV. CONCLUSION

Bien que selon L'OMS, les goûts et les odeurs sont sans effets sur le consommateur, certes, ils sont considérés comme des indicateurs de qualité ; dans la mesure où leurs dégradations peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. En effet, compte tenu que ce sont des paramètres les plus difficiles à maîtriser en raison des multiples causes et interactions à savoir :

la source d'approvisionnement, au sein de laquelle, suite à la pollution observée en Juillet 1993 par les pesticides, deux expertises avaient été effectuées :

- La première étude était une reconnaissance environnementale du bassin du NIGER supérieur à la demande conjointe des gouvernements du MALI et de la GUINEE, sur un financement de la coopération des PAYS - BAS.

- La deuxième était un audit environnemental des complexes de production d'eau potable de Bamako commandé par L'EDM.[13]

Des conclusions de la première étude, il ressort que dans l'ensemble le NIGER est un fleuve encore vivant et propre. Il est cependant recommandé de traiter avec sérieux les pollutions ponctuelles mises en évidence.

De la deuxième étude, il ressort la présence de sources de pollution ou de risques majeurs pour la station de traitement. Les pollutions sont d'origines diverses :

- domestiques (déchets liquides et solides);
- agriculture (pesticides, engrais) : les plantations et les cultures qui utilisent les produits phytosanitaires, le maraîchage dans le lit du fleuve.
- Pêche : utilisation de produits toxiques et explosifs en vue du ramassage de poissons.
- Industries : usine céramique, usine de pavés (ancienne briqueterie)
- Artisanat (teintures sur les rives)
- l'utilisation du fleuve comme débarras de produits de toutes sortes (aire d'abattage, nettoyage de cuve de produits pétroliers ou autres). [13]

Le traitement : le type et dosage du désinfectant et le passage du désinfectant résiduel dans le réseau.

Le réseau : les matériaux rencontrés dans le réseau et les conditions chimiques présentes ( corrosion, perméabilité à travers le revêtement... ) . La micro biologie : la bio production et la bioconversion des composés par les micro-organismes échappés ou blessés au cours de la désinfection.[10]

Ce travail s'est déroulé dans la ville de Bamako, avec comme objectif général : étudier les causes de détérioration de la qualité organoleptique de l'eau produite et distribuée par EDM.SA à la fin saison sèche et pendant l'hivernage.

L'étude a montré :

**-Au niveau du captage :**

La turbidité, la température, le fer, le manganèse, les matières organiques, les nitrates, les sulfates sont plus élevés pendant l'hivernage que pendant la saison sèche. Les paramètres bactériologiques dépassent de loin les recommandations de L'OMS durant toute l'étude. Par conséquent l'eau du captage est impropre à la consommation humaine.

Cependant nous n'avons pas pu déterminer certains paramètres tels que la couleur, les micro polluants organiques, les algues, les champignons, les phosphates en raison de l'absence de réactifs et de matériels d'analyse.

**-Au niveau de la sortie station :**

Au terme de notre étude tous les paramètres étaient conformes aux recommandations OMS sauf la température et les germes totaux. Ces derniers étant plus nombreux pendant l'hivernage par rapport à la période sèche.

**-Au niveau du réseau de distribution :**

Le pH, la turbidité, les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont tous conformes durant toute l'étude.

Le chlore résiduel est plus élevé pendant l'hivernage par rapport à la saison sèche. Le pourcentage (1,44%) de non conformité en baisse du résiduel chlore est quasiment négligeable durant toute l'étude.

Les germes totaux avec (10,28%) de non conformité, sont plus nombreux pendant l'hivernage que pendant la fin de la saison sèche.

Concernant l'analyse sensorielle, nous avons noté une évolution de l'odeur pendant l'hivernage, et une quasi stabilité pour les goûts qui est surtout liée à l'utilisation du charbon actif pendant l'hivernage. Par ailleurs on a tendance à associer facilement la présence de goûts et odeurs à une mauvaise qualité de l'eau, mais les analyses montrent que dans la plupart des cas une eau sapide peut se révéler conforme aux normes de potabilité.

Enfin ces résultats traduisent l'efficacité du traitement de l'EDM.SA à propos des paramètres qui ont fait l'objet de cette étude.

## V. RECOMMANDATIONS

En vue de mieux garantir la qualité organoleptique de l'eau du robinet, les différents résultats obtenus nous permettent de formuler les recommandations suivantes :

– **A la population :**

- de respecter les règles d'hygiène au niveau des points de prélèvements,
- l'utilisation des matériaux adéquats pour leur installations intérieures,
- d'alerter immédiatement les responsables de l'eau en cas de constats d'anomalies.

– **Au laboratoire central eau EDM.SA :**

- renforcer correctement l'équipement du laboratoire surtout pour l'analyse des métaux lourds et micro polluants organiques,
- veiller au respect des règles de prélèvement,
- analyser l'eau dans les moindres délais après pollution ou constats d'anomalies ; de répondre aux demandes et plaintes des consommateurs de manière efficace et complète.

– **Aux autorités supérieures :**

- Veiller à l'application des mesures réglementaires concernant les rejets d'eaux usées dans le fleuve et sur le voisinage des cours d'eau.
- de procéder à l'amélioration de la recherche en matière de qualité des eaux, en mettant à la disposition des entreprises et des organismes d'inspection des laboratoires correctement équipés.
- de créer un espace d'échange avec les laboratoires agréés ; car nul ne doute que la démarche qualité connue par les professionnels de l'eau ne manquera pas de faire progresser les méthodes, mais aussi les moyens mis en œuvre pour atteindre une fiabilité maximale sur la qualité de l'eau distribuée.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **AFNOR** : Qualité biochimique et micro biologique de l'eau. 1999, Tome 4.
- 2- **AFNOR** : Qualité physique et chimique de l'eau. 1999, Tome 4
- 3- **Dégrèmont** : Memento Technique de l'eau. 8<sup>ème</sup> Ed 1978.
- 4- **Dégrèmont** : 9<sup>ème</sup> Ed. 1984 Tome 1.
- 5- **G. Menant – M.Oria – J. Raffin** : Anatomie, physiologie, hygiène, 3<sup>ème</sup> élément de Médecine Tropicale, Janvier 1984
- 6- **Gueye F.A.B**: L'eau et les problèmes de stratégies sanitaires liées a l'eau au Mali ; Thèse de pharmacie, Bamako 1988 N°10
- 7- **Hunter J. Rey L et Scott D** : L'action de prévention et de lutte contre les maladies dans le cadre des grands travaux hydrauliques 1980
- 8- **IGOR.R** : La décennie ; pas seulement une question de pompes ou de tuyaux ; Santé du Monde, O.M.S 1983
- 9- **J. Rodier** : L'analyse de l'eau, 7<sup>ème</sup> édition. Dunod.1974
- 10- **Jean Juc Celleric**: La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Paris 2002
- 11- **Kané B** : Evaluation saisonnière de quelques paramètres du contrôle de la qualité de l'eau du réseau d'adduction de la ville de Bamako ; Thèse pharmacie, Bamako 2000 N°25.
- 12- **Ministères des mines et de l'énergie** : Rapport sur la qualité de l'eau distribuée à Bamako, Octobre 1998.
- 13- **Monique Henry** : Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent 1991
- 14- **O.M.S** : Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Genève 1985 Vol 1
- 15- **O.M.S** : Nitrates, Nitrites et composés N- nitroso.O.M.S série critères d'hygiène de l'environnement, Genève 1980, N°5
- 16- **O.M.S** : Surveillance de la qualité de l'eau de boisson, Genève 1977
- 17- **Traoré S** : Problématique de la qualité de l'eau consommée par les populations des quartiers de Bamako et environs non approvisionnés par le réseau d'adduction d'eau potable de l'Energie du Mali (EDM.SA) ; Thèse pharmacie, Bamako 2003.N°41

## ANNEXES

**Annexe 1** : Réglementations concernant la qualité d'eau de consommation

Paramètres	Directives Niveau guide	CEE Conc maxi	France	OMS
Odeur-dilution	0	2 à 12°C	2	Sans
		3 à 25°C	3	Effet sur
Saveur-dilution	0	2 à 12°C	2	la santé
Température	12°C	25°C	25°C	
pH				6,5-8
Chlorures mg/l	25		250	250
Sulfates mg/l	25	250	250	400
Magnésium mg/l	30	50	50	
Oxydabilités auKMnO4 mg/l	2	5	5	
Chlore				5
Turbidité				5
Phénols µg/l		0,5	0,5	
Fe <sup>2+</sup> mg/l	50	200	200	0,3
Mn <sup>2+</sup> mg/l	20	50	50	0,1
Ammonium mg/l				0,5
Nitrites mg/l				0,2
Nitrates mg/l			Total des substances 0,5	50
Germes totaux dans				10
Bactéries sulfito- réductrices dans				1

**Annexe 2** : Charbon actif (Adsorption et caractéristiques)

L'adsorption définit la propriété de certaines substances de fixer à leur surface des molécules extraites de la phase liquide ou gazeuse dans laquelle ils sont immergés.

Parmi les matériaux adsorbants (qui comprennent également les zéolites naturelles, certaines résines synthétiques etc....), seul le charbon actif est actuellement utilisé en traitement d'eau potable.

Le charbon actif est issu de diverses origines (minérale, noix de coco, tourbe, bois de pin, etc....) et préparé par des procédés très élaborés (séchage, carbonisation à 500- 600°C sans air et oxydation ménagée à 850- 1000°C en présence de vapeur d'eau) ; sous l'influence de ce traitement, il ne subsiste que

le squelette carboné et le matériau a acquis une très grande porosité, en présentant en outre une grande diversité dans la taille et la structure des pores (macro pores et micro pores, grâce à cette porosité hétérogène et à la grande surface spécifique développé (500 à 1500G/m<sup>2</sup> suivant le cas). Le charbon actif est un adsorbant qui peut retenir à sa surface des molécules de toute taille. Le charbon actif a tout d'abord été utilisé pour améliorer les qualités organoleptiques d'une eau par élimination de matières organiques responsables de goûts, d'odeurs et de couleur.

Mais avec l'accroissement de la pollution ; son emploi s'est étendu à l'élimination de nombreux polluants et micro polluants tels que les phénols, les hydrocarbures les pesticides, les détergents et même certains métaux lourds qui ne sont pas totalement éliminés par les procédés de coagulation –floculation - décantation et filtration sur sable. Il participe également à l'élimination des précurseurs de trihalométhanes (THM) et autres sous produits de chloration.

### **Formes du charbon actif**

Il se présente sous deux formes :

**Charbon actif en poudre (CAP)** : utilisé sous forme de suspension que l'on introduit dans l'eau brute au voisinage du point d'injection du coagulant. Il se trouve donc éliminé dans les décanteurs avec le floc et les autres matières en suspension : par conséquent il ne peut être récupéré et réutilisé.

A ce niveau, il ne travaille que sur la micro pollution que par un effet physique d'adsorption.

Par l'effet de flux fluidisé de son lit de boue, le pulsator est un décanteur particulièrement adapté pour retirer le maximum d'efficacité du CAP.

La mise en oeuvre du CAP nécessite des coûts d'investissement modérés. Toutefois, son utilisation de façon continue et à des taux importants (>20g/m<sup>3</sup>) peut entraîner des coûts d'exploitation élevés. Il est donc surtout utilisé pour lutter contre les pollutions légères et/ou de courte durée. Néanmoins il représente un traitement de sécurité appréciable pour faire face à une pollution accidentelle et soulager une chaîne d'affinage plus élaborée placée en aval.

**Charbon actif en grains(CAG)** : est utilisé sous forme de lits filtrants permettant éventuellement d'utiliser dans un même ouvrage les propriétés filtrantes et adsorbantes du charbon. Les filtres peuvent être installés soit : à la place des filtres à sable : <<filtration sur CAG en 1<sup>er</sup> étage>> (rôles simultanés de clarification et d'affinage) ; soit après une filtration rapide sur sable >>filtration sur CAG en 2<sup>ème</sup> étage>> (rôle d'affinage principalement beaucoup préférable pour l'efficacité et la durée de vie du charbon).

**Annexe 3** : Méthode de préparation de l'eau de référence

Appareillage et réactifs :

Colonne en verre, de diamètre 80mm et de longueur 500mm, remplie avec du charbon actif neuf.

Charbon actif, qualité technique, taille de grains de 1,5mm à 2,5mm.

Mode opératoire :

-Remplir la colonne en verre avec du CAG neuf. Il convient de protéger le système de la lumière.

-Introduire l'eau potable dans la colonne à un débit continu ne dépassant pas 30L/H. Jeter les trois premiers volumes d'eau traitée.

-Recueillir l'eau dans des récipients propres avec bouchons en verre.

**Annexe 4** : Elimination du chlore

Les échantillons d'eaux chlorées doivent être déchlorés avant l'analyse :

Mesurer la teneur en chlore résiduel dans l'échantillon. Ajouter 1ml de réactif thiosulfate pour chaque milligramme par litre de chlore présent dans l'échantillon.

**Annexe 5** : Expression des résultats d'analyse du goût et l'odeur.

Sujets	Seuil (TON)	Seuil (TFN)
1	TON1, TFN1	
2	TON2, TFN2	
-	-	
n	TONn, TFNn	

Calculer le TON et TFN comme étant la moyenne géométrique de tous les résultats individuels, à l'aide respectivement des équations 1 et 2 :

$$\text{TON} = \sqrt[n]{\text{TON}_1 \times \text{TON}_2 \times \dots \times \text{TON}_n} \quad (1)$$

$$\text{TFN} = \sqrt[n]{\text{TFN}_1 \times \text{TFN}_2 \times \dots \times \text{TFN}_n} \quad (2)$$

Considérer le résultat comme de précision acceptable si plus de 70% des sujets qualifiés obtiennent des résultats individuels compris dans l'intervalle de dilution de la moyenne géométrique.

## Annexe 6 :Nettoyage et réhabilitation des canalisations

Les réseaux de distribution possèdent des secteurs particulièrement sensibles à la formation de dépôts. Il peut s'agir de tronçons à faible vitesse, des zones d'équilibres entre plusieurs sources d'alimentations, des zones de distribution dans lesquelles le sens de circulation est fluctuant en fonction du soutirage des consommateurs. Ces dépôts rencontrés en réseau résultent essentiellement des phénomènes de corrosion et de précipitation ainsi que des développement bactériens à l'intérieur du réseau. La mise en place de campagne systématique de nettoyage, rénovation ou remplacement des conduits permet d'éviter les risques liés à la remise en suspension des ces dépôts.

**NB :** La programmation des purges à réaliser doit correspondre aux conditions hydrauliques de fonctionnement du réseau et non pas répondre ponctuellement au plaintes des consommateurs.

**Annexe 7:**données statistiques

$$d.d.l = n_a + n_b - 2$$

$$t = \frac{m_a - m_b}{\sqrt{\frac{S_a^2}{n_a} + \frac{S_b^2}{n_b}}}$$

d.d.l = degré de liberté

m = moyenne

a = saison sèche

b = hivernage

S<sup>2</sup> = variance

n = nombre d'échantillons

**Table de t :**

La table donne la probabilité  $\alpha$  pour que  $t$  égale ou dépasse, en valeur absolue, une valeur donnée, en fonction du nombre de degrés de liberté (d.d.l).

d.d.l	$\alpha$	0,90	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1		0,158	1,000	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
2		0,142	0,816	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,598
3		0,137	0,765	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4		0,134	0,741	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5		0,132	0,727	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6		0,131	0,718	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7		0,130	0,711	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8		0,130	0,706	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9		0,129	0,703	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10		0,129	0,700	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11		0,129	0,697	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12		0,128	0,695	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13		0,128	0,694	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14		0,128	0,692	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15		0,128	0,691	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16		0,128	0,690	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17		0,128	0,689	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18		0,127	0,688	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19		0,127	0,688	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20		0,127	0,687	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21		0,127	0,686	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22		0,127	0,686	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23		0,127	0,685	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,767
24		0,127	0,685	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25		0,127	0,684	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26		0,127	0,684	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27		0,127	0,684	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690
28		0,127	0,683	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29		0,127	0,683	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659
30		0,127	0,683	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,346
		0,126	0,674	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291

Exemple : avec d.d.l=10, pour  $t=2,228$  la probabilité est  $\alpha=0,05$ .

## FICHE SIGNALÉTIQUE

**NOM :** MAIGA

**PRENOM :** Alpha Sidiki

### TITRE DE LA THESE :

**QUALITE ORGANOLEPTIQUE DE L'EAU DE CONSOMMATION  
PRODUITE ET DISTRIBUEE PAR L'EDM.SA A BAMAKO :  
EVALUATION SAISONNIERE.**

**Numéro de la thèse :** N°

**Année de soutenance :** 2005

**Ville de soutenance :** BAMAKO

**Faculté :** Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie (FMPOS )

**Pays d'origine :** Mali

**Lieux de dépôt :**

- Bibliothèque de la FMPOS
- Laboratoire central de l'E.D.M SA
- Laboratoire National de la Santé

### RESUME :

Notre étude a été réalisée à Bamako. Elle avait pour :

#### **Objectif général :**

Etudier les causes de détérioration de la qualité organoleptique de l'eau produite et distribuée par EDM.SA à la fin de la saison sèche et pendant l'hivernage.

#### **Objectifs spécifiques :**

- Evaluer la qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par EDM S.A,
- Rechercher les causes possibles,
- Etablir une corrélation entre la qualité organoleptique et certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Les prélèvements ont été effectués directement au niveau de la tour pour l'eau brute, en quatre points au niveau de la sortie station et en cinquante deux points dans les différents quartiers de Bamako.

Au cours de notre étude, nous avons prélevés 27 échantillons d'eau brute, 54 échantillons à la sortie station, 683 échantillons sur le réseau de distribution et, 16 paramètres ont été recherchés.

Tous les échantillons ont été analysés au laboratoire central de contrôle de qualité de l'eau EDM.SA.

L'étude a montré :

**-Au niveau du captage :**

les paramètres physico-chimiques sont plus élevés pendant l'hivernage que pendant la saison sèche.

Les paramètres bactériologiques dépassent les recommandations de l'OMS durant toute l'étude.

Par conséquent cette eau est impropre à la consommation humaine.

**- Au niveau de la sortie station :**

Tous les paramètres étaient conformes aux normes OMS sauf la température et les germes totaux.

La température est plus élevée à la fin de la saison sèche par rapport à l'hivernage.

Les germes totaux sont plus nombreux pendant l'hivernage par rapport à la période sèche.

**- Au niveau du réseau de distribution :**

Le pH, la turbidité, l'odeur, le goût, les spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont tous conformes durant toute l'étude.

Le chlore résiduel est plus élevé pendant l'hivernage par rapport à la saison sèche.

Les germes totaux sont plus nombreux pendant l'hivernage que pendant la saison sèche.