

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>0</b>
<b>DEDICACES</b> .....	<b>4</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>5</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES</b> .....	<b>6</b>
<b>SYNOPSIS DU MEMOIRE</b> .....	<b>7</b>
<b>ABREVIATIONS</b> .....	<b>8</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>9</b>
<b>CHAPITRE I L’EAU ET LA POLLUTION</b> .....	<b>11</b>
<b>I.1 Généralité sur l’eau</b> .....	<b>12</b>
I.1.1 Les propriétés de l’eau .....	12
I.1.2 Les eaux souterraines .....	12
I.1.3. L’eau de boisson.....	13
I.1.3.1 Les paramètres organoleptiques de l’eau de boisson .....	13
I.1.3.1.1 Couleur .....	13
I.1.3.1.2 Odeur .....	13
I.1.3.1.3 Goût.....	13
I.1.3.1.4 Saveur .....	14
I.1.3.1.5 Turbidité.....	14
I.1.3.2. Les paramètres physiques de l’eau de boisson .....	14
I.1.3.2.1.La température .....	14
I.1.3.2.2. Le pH .....	14
I.1.3.2.3.Conductivité électrique.....	15
I.1.3.3 Les paramètres chimiques de l’eau de boisson .....	15
I.1.3.3.1. Le Calcium .....	15
I.1.3.3.2.Le Sodium.....	15
I.1.3.3.3.Magnésium .....	15
I.1.3.3.4 Le Potassium .....	16
I.1.3.3.5. Chlorures .....	16
I.1.3.3.6. Les sulfates .....	16
I.1.3.3.7. Les Nitrates.....	17
I.1.3.3.8. Les Nitrites .....	17
I.1.3.3.9. Dureté totale.....	18
I.1.3.3.10. L'oxydabilité.....	18
I.1.3.4 Les paramètres microbiologiques de l’eau de boisson .....	18
I.1.4 Notion de norme.....	19
<b>I.2. Généralités sur la pollution de l’eau</b> .....	<b>20</b>
I.2.1 les différents modes de pollution de l’eau .....	21
I.2.2 Les Types de pollution .....	21
I.2.2.1 La pollution physique .....	22
I.2.2.2 La pollution chimique.....	22
I.2.2.3 La pollution microbiologique.....	22

I.2.4 Effet de la pollution de l'eau sur la santé.....	23
<b>CHAPITRE II PRESENTAION DE LA ZONE D'ETUDE .....</b>	<b>25</b>
<b>II.1 Géographie.....</b>	<b>26</b>
<b>II.2 le climat .....</b>	<b>27</b>
II.2.1 Températures.....	28
II.2.2 Précipitations.....	28
II.2.3 Les vents.....	28
<b>II.3 L'eau à Nouakchott.....</b>	<b>29</b>
II.3.1 Ressources.....	29
II.3.2 La distribution.....	29
<b>CHAPITRE III ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES....</b>	<b>31</b>
<b>III.1 Circuit de prélèvement et d'échantillonnage .....</b>	<b>32</b>
<b>III.2. Analyses des paramètres physiques .....</b>	<b>33</b>
III.2.1 température et pH.....	33
III.2.2 Conductivité électrique (C.E).....	33
<b>III.3. Analyses des paramètres chimiques.....</b>	<b>33</b>
III.3.1 Méthodes spectrophotométrie UV-Visible (7).....	33
III.3.1.1 Dosage des nitrates.....	34
III.3.1.2 Dosage des nitrites.....	35
III.3.1.3 Dosage des sulfates.....	36
<b>III.3.2. Méthodes photométriques à flamme.....</b>	<b>38</b>
<b>III.3.3 Méthode Volumétrique .....</b>	<b>38</b>
III.3.3.1 Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH).....	38
III.3.3.2 Dosage des ions calcium (Ca <sup>++</sup> ).....	39
III.3.3.3 mesure de magnésium.....	40
III.3.3.4 Dosage des chlorures :.....	40
III.3.3.5 Oxydabilité du permanganate de potassium (Indice Permanganate).....	41
<b>III.4 Analyses Bactériologiques.....</b>	<b>42</b>
III.4.1 Prélèvement des échantillons.....	42
III.4.2. Les milieux de cultures.....	43
III.4.2.1 T.T.C. et Tergitol 7.....	43
III.4.2.2 SLANETZ : base pour gélose de Slanetz.....	44
III.4.3 Préparation des milieux de cultures.....	44
III.4.3.1 préparation du milieu TTC et Tergitol 7.....	44
III.4.3.2 Préparation du milieu Slanetz.....	45
III.4.4. Méthode de filtration sur membrane.....	45
<b>III.4.5 Dénombrement.....</b>	<b>45</b>
III.4.5.1 Coliformes totaux et fécaux.....	46
III.4.5.2 Streptocoques fécaux.....	46
<b>CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSIONS.....</b>	<b>47</b>

<b>IV .1 Résultats d'analyse physico-chimie.....</b>	<b>48</b>
<b>VI.2. Interprétation des résultats physico-chimiques .....</b>	<b>49</b>
<b>IV.2.1 Paramètres physiques.....</b>	<b>49</b>
IV.2.1.1 Température.....	49
IV.2.1.2 Le pH.....	49
IV.2.1.3 Conductivité électrique.....	50
<b>IV.2.2 Les paramètres chimiques .....</b>	<b>50</b>
IV.2.2.1 La dureté totale .....	50
IV.2.2.2. Calcium et Magnésium .....	51
IV.2.2.3 Sodium et potassium .....	52
IV.2.2.4 chlorure .....	53
IV.2.2.5 Nitrates.....	53
IV.2.2.6 Nitrites.....	54
IV.2.2.7 Les sulfates.....	55
IV.2.2.8 Matière organique.....	55
<b>VI.3 Résultats d'analyse bactériologique.....</b>	<b>56</b>
<b>IV.4 Interprétation des résultats bactériologiques.....</b>	<b>58</b>
IV.4.1 Coliformes totaux.....	58
IV.4.2. Coliformes fécaux.....	58
IV.4.3 Les streptocoques.....	59
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCESBIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>64</b>

## **DEDICACES**

Je dédie ce modeste travail :

A mon père Mody Mbery

A ma mère Coumba Abdoul

A ma tante Habi samba

A mes frères : Abdoulaye Mody, Alassane, Abou Mody, Mamoudou, samba demba, Barry  
Abdoulaye Mody

A mes cousins Sow Abou samba, Barry cherif, Dayel Barry : Abou Samba Thalle, Aliw  
Samba,

A mes amis: Boudi ould bilal, Ibrahima boli, Mbaye

A mes neveux :Hrouna djibirirou, kaldou, Hdji

A mes sœurs :Diari, Aminata ,dieynab sambourou

A mes compatriotes : Ghalana, Jemila, Ba Aissata, Ousmane Keyta

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au **Laboratoire de Chimie de l'eau** et au **Laboratoire Bactériologie alimentaire** à l'**Institut National de la Recherche en Santé Publique** Nouakchott (Mauritanie).

Ainsi, nous exprimons ici toute notre reconnaissance :

- Au docteur Sidi ould **ALOUEIMINE** pour son encadrement, ses remarques constructives ainsi que pour ses encouragements infatigables et assistances dans les aspects de recherche. Qu'il trouve ici le témoignage de ma reconnaissance.
- Au Mme Aminata DIASSE-SARR Maître de Conférences en Chimie Inorganique département de chimie, pour sa disponibilité, ses suggestions et critiques et surtout ses conseils ont été un grand atout pour la réalisation de ce travail. Il m'a beaucoup aidé pour la réalisation de ce document.
- Au professeur titulaire UCAD Abdoulaye Samb, vous nous faites l'honneur d'être le président de ce jury ; nous avons profité de votre savoir et de votre expérience lors de notre formation en A.E.A. ; cette occasion nous sommes heureux de vous témoigner notre profonde reconnaissance ;
- **Au** professeur titulaire UCAD Emmanuel Bassene c'est un grand plaisir que vous nous faites en acceptant d'être membre de jury ; nous vous eu le privilège de profiter de vos conseils et de votre savoir lors de notre formation en A.E.A; veuillez trouver ici le témoignage de nos sincères remerciement ;
- **Au** Monsieur Aliou Barry professeur à la faculté des Sciences et technique de Nouakchott, Mauritanie pour leur aide. Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma grande reconnaissance.
- Au Mr Mohamed Ould Sid'Ahmed Ould KANKOU et Mr Bakari Mohamed SEMEGA professeurs à la faculté des Sciences et technique de Nouakchott, Mauritanie pour leurs aides. Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma grande reconnaissance.
- Au Professeur LO Baidy, Directeur de l'I.N.R.S.P de Nouakchott, pour m'avoir accepté en stage dans son établissement, qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde gratitude.
- Nos remerciements vont aussi à t out le personnel du Laboratoire chimie de l'eau et Bactériologie alimentaire de l'I.N.R.S.P particulièrement Mr Brahim ould Dich, Mr Mouhamed EL Kowri, Kalidou Bokare Mbayem, Abdoulaye Demba Ndiaye, Sidi Abdala, Baba et Mouktare, Roghueya Dieye, Ooumare Falle, Mr dioppe ;

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 : Qualité physico-chimique de l'eau de boisson.....	20
Tableau 2 : Qualité bactériologique de l'eau de boisson .....	20
Tableau 3: Résultats d'analyse physico-chimie en $t_1$ .....	48
Tableau 4 : Résultats d'analyse physico-chimie en $t_2$ .....	48
Tableau 5: Résultats d'analyse physico-chimie en ( $t_3$ ).....	48
Tableau 6: Moyennes des Résultats d'analyse physico-chimies.....	49
Tableau 7: Résultats d'analyse bactériologique en ( $t_1$ ).....	56
Tableau 8: Résultats d'analyse bactériologique à $t_2$ .....	57
Tableau 9: Résultats d'analyse bactériologique à $t_3$ .....	57
Tableau 10: moyennes des résultats analyses bactériologiques.....	57
Figure 1: Carte géographique de la Mauritanie.....	27
Figure 2 : Evolution de la pluviométrie à Nouakchott (ASECNA, 1960 à 2005).....	28
Figure 3: Le schéma de circuit de prélèvement.....	32
Figure 4 : Variations moyennes de la température en fonction des niveaux de prélèvement..	49
Figure 5: Variations moyennes du pH en fonction des niveaux de prélèvement.....	50
Figure 6: Variations moyennes de la cond en fonction des niveaux de prélèvement .....	50
Figure 7: Variations moyennes de la dureté total en fonction des niveaux de prélèvement ....	51
Figure 8: Variations moyennes de calcium en fonction des niveaux de prélèvement .....	51
Figure 9: Variations moyennes de magnésium en fonction des niveaux de prélèvement.....	52
Figure 10: Variations moyennes de sodium en fonction des niveaux de prélèvement .....	52
Figure 11: Variations moyennes de potassium en fonction des niveaux de prélèvement.....	53
Figure 12 : Variations moyennes de chlorure en fonction des niveaux de prélèvement.....	53
Figure 13: Variations moyennes de nitrate en fonction des niveaux de prélèvement.....	54
Figure 14: Variations moyennes de nitrite en fonction des niveaux de prélèvement .....	55
Figure 15: Variations moyennes de sulfate en fonction des niveaux de prélèvement .....	55
Figure 16: Variations moyennes de matière organique en fonction des niveaux de prélèvement.....	56
Figure 17: Variations moyennes de CT en fonction des niveaux de prélèvement.....	58
Figure 18: Variations moyennes de CF en fonction des niveaux de prélèvement .....	59
Figure 19: Variations moyennes de streptocoques fécaux en fonction des niveaux de prélèvement.....	60

## **SYNOPSIS DU MEMOIRE**

Titre : Etude de la pollution secondaire de l'eau de boisson distribuée par charrette à Nouakchott.

Prénom, nom, titre et fonction du candidat : Moussa Moudi Diallo

Titulaire de l'A.E.A. de Chimie et Biochimie des Produits Naturels

Type de mémoire : Diplôme de Etude Approfondies (D.E.A.) en Chimie et Biochimie des Produits naturels

Jury : Président : Abdoulaye Samb professeur titulaire UCAD

Membre : Aminata Diassé-Sarr Maître conférence en Chimie

Inorganique département de Chimie FST UCAD

: Mr Abdoulaye DIOP Maître de Conférences UCAD FST

### **Résumé**

Dans les quartiers périphériques de la ville de Nouakchott, le réseau de distribution de l'eau se limite à des bornes fontaines. En effet les usagers achètent l'eau soit directement à la borne fontaine soit au niveau des nombreux revendeurs qui véhiculent l'eau prélevée à ces bornes fontaines.

L'objectif de ce travail est d'étudier la pollution secondaire de l'eau de boisson distribuée par charrette à Nouakchott. Pour se faire les caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau ont été déterminés suivant les schémas de distribution qui a permis de les comparer afin de voir l'état d'évolution de la pollution dans le temps et dans l'espace.

Les différents sites échantillonnés indiquent des résultats aléatoires qui ne dépendent pas de la période de collecte. Les paramètres obtenus à partir des résultats des analyses physico-chimiques sont conformes aux normes de l'eau potable, par contre les résultats des analyses bactériologiques montrent que l'eau des bornes fontaines, des charrettes et des ménages sont bactériologiquement pollués.

*Mots clés* : pollution secondaire ; charrette ; bornes fontaines ; eau de boisson ; Nouakchott ;

## ABREVIATIONS

TH : Titre Hydrotimétrique

°F : Degrés Français

I.N.R.S.P : l'Institut National de la Recherche en Santé Publique

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et agriculture

TTC : triphényl-2, 3,5-tétrazolium chlorure

C.T : Coliformes totaux

C.F : Coliformes fécaux

E.D.T.A : Acide Ethylène Diamine Tétracétique

$\text{HCO}_3^-$  : bicarbonate de calcium

$\text{K}^+$  : ion potassium

m : mètre

mg : milligramme

ml : millilitre

mg/l : milligramme par litre

%: pourcentage

$\text{Na}^+$ : ion sodium

$\text{NO}_2^-$ : nitrates

$\text{NO}_3^-$ : nitrate

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

pH : potentiel d'hydrogène

$\mu\text{s}/\text{cm}$  : microsiemens par centimètre

$\text{SO}_4^-$  : ions sulfates

SNDE : Société Nationale de Distribution d'Eau

C.E : Conductivité électrique

Q.s.p. : quantité suffisante pour

N.E.T : Noir ériochrom T

## INTRODUCTION

L'eau est le composant essentiel de tous les êtres vivants. Il n'existe pas de forme de vie en l'absence de l'eau. Cependant elle peut être aussi une source de maladie. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson. [18]

L'eau est une ressource vitale, d'autant plus vitale qu'elle réside dans une certaine conjoncture, notamment en contexte côtier, de surcroît aride et d'explosion démographique importante. A Nouakchott, la maîtrise de l'eau est un enjeu de taille compte tenu d'une part de l'absence de ressources disponibles directement mobilisables, de la faiblesse et l'irrégularité des précipitations et, d'autre part, du développement urbain, pression importante sur les ressources.

L'analyse de la desserte en eau de la ville de Nouakchott qui vit des pénuries chroniques depuis plus d'un demi-siècle tant sur le plan quantitatif que qualitatif, permet d'apprécier l'acuité de cette problématique de l'eau.

La distribution de l'eau dans la ville de Nouakchott, est beaucoup plus une affaire de transport ambulant que de réseau.

Des centaines de bornes fontaines de tous genres : primaires (potences), secondaires (connectées au réseau) et même tertiaires (bassins de stockage non connectés) sont à pied d'œuvre pour ravitailler 80 % de la population.

La ville de Nouakchott a connu une croissance exceptionnelle, passant de 5 500 habitants en 1960 à plus de 600 000 habitants en 2000.

La ville est alimentée par l'eau provenant de la nappe d'Idini localité située à 56 Km à l'est de Nouakchott. C'est une eau de source, qui est potable elle répond sans traitement aux normes des eaux potables.

L'objectif de ce présent travail est d'étudier l'effet, sur sa qualité, des conditions d'approvisionnement et de la distribution de l'eau dans les quartiers périphériques de Nouakchott, le réseau de distribution se limitant à des bornes fontaines. Il s'agira de mettre en

exergue les éventuelles dégradations des paramètres essentiels de qualités de l'eau, particulièrement les paramètres microbiologiques tels que coliformes totaux et les coliformes fécaux.



# **CHAPITRE I L'EAU ET LA POLLUTION**

## **I.1 Généralité sur l'eau**

### **I.1.1 Les propriétés de l'eau**

L'eau est composée de l'hydrogène et d'oxygène de formule chimique  $H_2O$  et peut se trouver sous les formes liquide, solide, ou vapeur. L'eau sur terre est chargée de sels minéraux, de matières organiques, de bactéries en plus ou moins grande quantité selon le lieu où elle se trouve. C'est pourquoi l'eau est un milieu hétérogène, relativement peu pur et dont la composition est fonction de la nature des terrains géologiques traversés. L'eau contient des substances ou des micro-organismes qui par leur nature et leur concentration peuvent être indésirables, acceptables, voire toxiques ou dangereux. L'eau prélevée dans le milieu naturel n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine. Elle doit subir des traitements pour être consommée sans danger par l'ensemble de la population. [3]

### **I.1.2 Les eaux souterraines**

Les eaux souterraines proviennent des pluies pour une faible part, puisqu'en effet, la proportion la plus notable retourne dans l'atmosphère par évaporation et qu'une autre fraction rejoint les océans par les fleuves et les rivières. Cette eau de pluie qui arrête son mouvement à partir du moment où elle atteint une couche imperméable constitue l'eau souterraine. La percolation à travers des terrains perméables laisse libre cours à toutes sortes de processus physico-chimiques tels que échange d'ions, adsorption, précipitation, transformation chimiques, biodégradation et c'est la raison pour la quelle l'eau souterraine diffère de l'eau de surface à la fois sur le plan chimie et biologique.

Normalement l'eau souterraine est débarrassée des organismes qui sont retenus ou adsorbés au niveau des particules du sol. Si l'épaisseur du sol, sa texture, la structure et son activité biologique sont suffisants, l'eau souterraine peut atteindre une qualité microbiologique acceptable. Il est pourtant fréquent que des eaux souterraines contiennent les germes de contamination ce qui est dû à l'insuffisance du pouvoir de filtration des couches protectrices. Du point de vue historique, les eaux souterraines ont toujours été une source d'eau de haute qualité pour l'alimentation, par opposition aux eaux de surface, polluées par les activités humaines, agricoles, industrielles, ou autre. Elle sont aussi beaucoup moins coûteuse comparativement, les eaux de surface exigeant en effet des traitements de plus en plus

complexe. Enfin, d'un point de vue quantitatif, les gisement des eaux souterraines sont beaucoup plus important que les eaux de surface. [5]

### **I.1.3. L'eau de boisson**

#### **I.1.3.1 Les paramètres organoleptiques de l'eau de boisson**

Il s'agit de la sa saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais par leur dégradation peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. Ils permettent au consommateur de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau.

##### **I.1.3.1. Couleur**

La couleur d'une eau peut être due à la présence de matières organiques colorées (substances humiques, d'éléments métalliques provenant de la dissolution des roches, tels que le manganèse (noir), le cuivre (bleu), le fer (rouge) et de particules colloïdales en suspension.

La couleur peut avoir une origine biologique par exemple l'eutrophisation engendrée par la pollution d'algues ou la présence de bactérie qui colore l'eau en vert ou en rouge. Les colorants chimiques, les phénols et leurs dérivés, les pigments..., dans l'eau, confèrent à celle-ci leur coloration caractéristique.

##### **I.1.3.1.2 Odeur**

Elle a pour origine principalement la présence de composés organiques volatils ou de gaz. Les odeurs peuvent révéler la présence des micro-organismes dont les métabolismes sont odorants, de la terre, de moisissures, d'herbe pourrie, de poisson, de fosse septique,...

##### **I.1.3.1.3 Goût**

Le goût peut être défini comme étant l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

#### **I.1.3.1.4. Saveur**

La saveur peut être défini comme l'ensemble de sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs la qualité de cette sensation particulière provoquée par ces substances. Il existe quatre saveurs élémentaires : Saveur acide, saveur sucrée, saveur amère saveur salée.

#### **I.1.3.1.5. Turbidité**

La turbidité de l'eau est due essentiellement à la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses, particules organiques, plancton, organisme microscopiques) qui donnent un aspect trouble à l'eau. [3]

### **I.1.3.2. Les paramètres physiques de l'eau de boisson**

#### **I.1.3.2.1. La température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. Parce que la température est un facteur écologique important. En effet, chaque être vivant à un référendum thermique. Cependant, certains rejets présentent des écarts de température importants par rapport au milieu récepteur ce qui peut perturber fortement le milieu donnant lieu à une pollution thermique. [6]

La température agit aussi sur la solubilité de certains gaz, notamment l'oxygène dissous. Une augmentation de la température se traduit par une diminution de l'oxygène dissous, provoquant le processus de fermentation anaérobique. Par ailleurs, cette carence en oxygène dissous va conduire à la disparition de certaines espèces de poissons et de bactéries.

#### **I.1.3.2.2. Le pH**

Le pH de l'eau représente son acidité ou son alcalinité dont le facteur le plus important est la concentration de gaz carbonique liée à la minéralisation totale, autrement dit, le pH diminue avec le gaz carbonique et par conséquent, augmente avec l'oxygène dissous, le pH est surtout gouverné par l'origine de l'eau elle-même la nature du bassin versant et celle du cours d'eau. C'est ainsi que dans la nature, le pH de l'eau varie habituellement entre 7,2 et 7,6.

Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant de terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7 et quelquefois un peu inférieur [7]

#### **I.1.3.2.3. Conductivité électrique**

La conductivité électrique d'une eau exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indique son degré de salinité. La variation de ce facteur entraîne un déséquilibre écologique de la vie aquatique [8]

### **I.1.3.3 Les paramètres chimiques de l'eau de boisson**

#### **I.1.3.3.1. Le Calcium**

Le calcium est le composé principal de la dureté de l'eau, il se trouve en générale à une concentration de 5 à 500mg/l en  $\text{CaCO}_3$  (2-200mg/l en  $\text{Ca}^{++}$ ). Il est présent dans un grand nombre de minéraux principalement dans les calcaires et le gypse ainsi que dans les dépôts calcaires liés à des organismes aquatiques microscopiques [7].

#### **I.1.3.3.2. Le Sodium**

Le sodium sous forme de chlorures de sodium à une grande importance alimentaire et industrielle. Il peut être soit d'origine marine, il est alors obtenu par évaporation progressive des marais salants, soit extrait à partir de sous sol ou il existe sous forme de sel gemme.

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500mg/l et même plus. Le sel peut provenir de la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marines, de la venue de l'eau salée dans les nappes aquifères, des nombreux usages industriels...etc. [7].

#### **I.1.3.3.3. Magnésium**

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre, la plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau [10]. C'est un constituant important de nombreux minerais tels que la dolomite, la magnésite de nombreuses variétés d'argiles. Le magnésium est utilisé dans plusieurs types d'industries (chimie de la potasse, alliage, batteries sèches...).

Les teneurs du magnésium dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à quelques plusieurs centaines de milligrammes par litre. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaire dolomitique). La dureté maximale de l'eau présente ordinairement le tiers de dureté totale, les deux tiers restant correspondent à la dureté calcique. Le magnésium à une concentration de 10 à 50 mg/l (environ 40 à 200mg/l) exprimé en  $\text{CaCO}_3$ .

#### **I.1.3.3.4 Le Potassium**

Le potassium est étroitement rattaché au sodium à tel point qu'il est rarement analysé comme un constituant à part entière dans les analyses d'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature, ce qui explique qu'on le trouve à des concentrations plus basses que celle du sodium.

#### **I.1.3.3.5. Chlorures**

Puisque tous les sels de chlorures sont très solubles dans l'eau, le chlore est fréquent dans les réserves d'eau douce à taux de 10 à 100mg/l. L'eau de mer contient plus de 30000mg/l de NaCl et certains puits d'eau salée en sous sol peuvent être réellement saturés aux alentours de 25% NaCl [7].

#### **I.1.3.3.6. Les sulfates**

Les sulfates sont des composés naturels dissous dans l'eau. C'est la forme inorganique la plus commune du soufre. Ils doivent leur présence dans l'environnement à une origine naturelle liée à l'oxydation des sulfures métalliques (fer, cuivre ...) et à la dissolution de certains ions comme l'épsonite ( $\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ ), la barytine ( $\text{BaSO}_4$ ), plus particulièrement le gypse ( $\text{CaSO}_4, \text{H}_2\text{O}$ ) et l'anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ), qui présente une grande solubilité. L'origine naturelle est liée aux produits phytosanitaires, la combustion des produits fossiles (charbon fuel) et l'utilisation des hydrocarbures émettant des composés soufrés [9]. Dans les terrains ne comportant pas de minéraux sulfatés en quantité importante, la concentration en sulfates peut atteindre 30 à 50mg/l. Ce chiffre peut être largement dépassé (plus de 300mg/l) dans les zones contenant le gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé.

### **I.1.3.3.7. Les Nitrates**

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrique, etc....) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux, il peut varier de 1 à 15mg/l.

Les teneurs élevées en nitrates dans ces eaux sont généralement dues au développement des élevages, à une fertilisation excessive des zones agricoles par les engrais, fumiers divers (fientes) et les boues de stations d'épuration. L'accroissement du taux de nitrates particulièrement significatif dans certaines nappes, varie en raison inverse de la profondeur. Les eaux météoriques contiennent aussi des nitrates en provenance de l'ammoniacque et des oxydes d'azote présent dans l'atmosphère, dont une partie est liée à la combustion des produits fossiles (charbon, fuel) et à l'utilisation des hydrocarbures.

Ces ions participent aussi au phénomène d'eutrophisation en jouant le rôle de donneurs d'oxygènes et en évitant l'anaérobiose. Leur toxicité réside dans le fait qu'ils se transforment en nitrites.

### **I.1.3.3.8. Les Nitrites**

Formule chimique :  $\text{NO}_2^-$  Composé chimique sous forme de sel dérivé de l'acide nitreux ( $\text{HNO}_2$ ).

Il peut se trouver dans l'eau suite à l'oxydation bactérienne de l'ammonium c'est un produit d'oxydation intermédiaire de l'ammonium qui peut être rapidement oxydé en nitrate. Dans l'estomac et les intestins de certains individus, surtout les jeunes bébés, les nitrates peuvent être transformés en nitrites.

La présence des nitrites d'origine naturelle est très rare, on en a signalé l'existence dans l'eau de fonte des neiges et dans des nappes aquifères profondes.

La concentration maximale admissible pour l'eau potable est de 0,1mg/l. [10]

#### **I.1.3.3.9. Dureté totale**

La dureté de l'eau est liée à la qualité totale de sels de calcium et de magnésium dissous. Elle est directement liée à la nature géologique des terrains traversés. En effet un sol calcaire ou crayeux donnera une eau dure alors qu'un sol cristallin comme le sable donnera une eau douce. L'eau souterraine est généralement plus dure que l'eau de surface, puisqu'elle est plus riche en acide carbonique, en oxygène, dissous et possède un haut pouvoir solubilisant vis-à-vis des sols et des roches. Elle est exprimée en degrés français (1°F équivaut à 10mg/l de carbonate de calcium).

#### **I.1.3.3.10. L'oxydabilité**

Ce paramètre permet, de façon indirecte, d'évaluer la quantité de matières organiques contenues dans l'eau. Les matières organiques sont l'une des causes de dégradation de la qualité microbiologique de l'eau dans les réseaux. Elles peuvent entraîner l'apparition de mauvais goûts et se combiner, entre autres, avec le chlore en générant des sous produits pouvant être toxiques.

#### **I.1.3.4 Les paramètres bactériologiques de l'eau de boisson**

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à rechercher des bactéries aérobies, c'est-à-dire se développant en présence d'oxygène. Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques. Rechercher puis dénombrer les agents infectieux présents dans un milieu hydrique présentent des difficultés liées aux prélèvements, aux volumes et aux méthodes d'analyses. Une recherche systématique de tous les agents pathogènes potentiellement présents dans l'eau n'est pas réalisable. On s'attachera à définir les circonstances dans lesquelles une présence effective de bactérie pathogènes est possible, par la recherche des microorganismes inducteurs de contaminations fécales. L'examen microbiologique et parasitologique se limitera à la recherche des indicateurs de risques sanitaires comme les coliformes, les streptocoques et les œufs de helminthes....

Le dénombrement des coliformes à 35 – 37°C est désigné sous le nom de dénombrement des coliformes totaux. Ils comprennent des bactéries qui ne sont pas liées à la flore intestinale

humaine ou animale et ne sont pas représentatifs d'une pollution fécale. Par contre le dénombrement de ces organismes à 44°C est désigné sous le nom de dénombrement des coliformes fécaux, indicateurs de pollution. Les mesures sont exprimées par le nombre de coliformes fécaux ou coliformes totaux présent dans 100ml d'eau.

La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales. La présence d'autres coliformes, de Clostridium ou de staphylocoques laisse supposer une contamination de ce type. Dans les deux cas, des mesures doivent être prises pour interdire la consommation de l'eau ou en assurer le traitement [13].

#### **I.1.4 Notion de norme**

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable. En outre l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique [6]

En Mauritanie, il n'existe pas de norme officielle pour la qualité de l'eau de boisson.

Il convient de rappeler que pour l'instant sont pratiquées en Mauritanie, les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S) relatives à la qualité de l'eau de boisson. Ainsi pour notre étude nous nous référons aux normes de l'OMS dans les tableaux qui suivent.

**Tableau 1 : Qualité physico-chimique de l'eau de boisson  
(Directive de l'OMS 2001)**

Paramètre physicochimique	Teneurs limites (mg/l)
pH	6.5 – 8.5
Conductivité (µS/cm)	180 – 1000
Cyanures	0,07
Chlorures	200
Mercure	0,001
Sulfate	250
Magnésium	50
Sodium	150
Potassium	12
Calcium	270
Nitrates	50
Nitrites	0.1
Ammoniaques	0.5
Oxydabilité au KMn4	5
Flore	1.5
Fer	0.3
Cuivre	2
Plomb	10

**Tableau 2 : Qualité bactériologique de l'eau de boisson  
(Directive de l'OMS 2001)**

Paramètres bactériologiques	Valeurs guide admise à 100 ml
Coliformes totaux	0
Coliformes fécaux	0
Streptocoques fécaux	0

## **I.2. Généralités sur la pollution de l'eau**

La pollution peut être définie comme une conséquence d'une cause bien précise : la pollution agricole, la pollution urbaine et la pollution industrielle. Cette classification donne l'origine de la pollution qui pourra sous-entendre pour les spécialistes du domaine l'ensemble des intrants dans le milieu en fonction de la zone en question, du mode de vie de sa population et de son développement.

De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. Parmi ces problèmes, la contamination de l'eau se pose avec acuité. En effet, l'eau est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé.

L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution, et sa protection s'impose à tous les niveaux.

### **I.2.1 les différents modes de pollution de l'eau**

La contamination d'une eau peut être provoquée par trois types de pollutions :

La pollution accidentelle, pollution diffuse ou la pollution anthropique.

#### **- Les pollutions accidentelles**

Le plus souvent la pollution ponctuelle est liée aux grandes activités industrielles ou agricoles. Elle peut aussi résulter d'un accident de transport ou d'une catastrophe naturelle sur des usines ou stockages des produits qui vont engendrer cette pollution.

#### **- La pollution diffuse**

Elle résulte de la propagation de l'agent responsable de la pollution par différents vecteurs de transport, qu'il soit utilisé de façon habituelle pour des usages courants ou non. Le lessivage des pesticides du sol et le transport des matières actives par le vent dans les zones parfois même inaccessibles en sont des exemples concrets et très préoccupant (présence de la pollution de certains pesticides au pôle nord).

#### **- La pollution anthropique**

Elle est souvent attribuée à la présence de la flore dans les eaux surtout si ces eaux sont stagnantes ou si leur renouvellement reste très occasionnel et limité dans le temps. Donc cette pollution résulte de l'eutrophisation qui est la modification du rapport Azote, phosphore (N/P) dans l'eau. Ce déséquilibre entraîne entre autres la prolifération des plantes et algues causant ainsi la diminution du taux de l'oxygène nécessaire à la vie de la faune et de la flore aquatiques.

### **I.2.2 Les Types de pollution**

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager. La pollution peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent de les quantifier.

### **I.2.2.1 La pollution physique**

La pollution physique est liée aux facteurs physiques de l'eau tels que la température, ou l'aspect physique de l'eau (la présence des particules ou mousses et le changement de l'effet réfractaire de l'eau). Le rejet d'eau chaude des centrales nucléaires par exemple dans les cours d'eau constitue la préoccupation de nombreux pays. De nos jours, aucune installation qui pourrait être à l'origine de la pollution physique n'est présente en Mauritanie. [10]

### **I.2.2.2 La pollution chimique**

Elle est due à présence d'un ou plusieurs éléments indésirables dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. Deux types de paramètres permettent d'évaluer ce type de pollution :

- Les paramètres globaux résultent de la juxtaposition de plusieurs substances en même temps par exemple pH, conductivité, turbidité, Demande Chimique en Oxygène (DCO), etc... (La DCO représente l'ensemble de toutes les espèces chimiques oxydables, organiques et minérales, dissoutes ou en suspension).
- Les paramètres spécifiques qui caractérisent un composé particulier ou plusieurs de propriétés chimiques semblables par exemple nitrate, nitrite, sulfate, potassium...ect.

Le choix le plus difficile reste incontestablement la définition des paramètres à suivre en vue d'évaluer cette pollution ; l'objectif du présent travail est de pouvoir qualifier et quantifier la pollution en vue de mettre en place les solutions appropriées ou mieux de pouvoir la prédire à temps pour mettre en place les dispositions préventives qui s'imposent.

### **I.2.2.3 La pollution microbiologique**

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours que source de vie. Elle véhicule un nombre important de microorganismes, bactéries, virus et protistes de tous genres, qui y vivent et s'y développent, ainsi que de nombreux parasites dont les hôtes ont besoin d'eau pour vivre ou/et se reproduire. Or de tels organismes engendrent dans la plupart des cas des maladies graves chez l'homme. Dans les eaux souillées par les déjections animales et humaines, contiennent des micro-organismes qui sont transmis à l'homme par simple ingestion de ses eaux infectées. Des bactérie, comme le colibacille responsable des colibacillooses et le vibron

cholérique du choléra, et certaines amibes, véritables parasites du corps humain, provoquent de fortes diarrhées pouvant conduire à la déshydratation extrême de l'organisme et entraîner la mort. En zones chaudes et humides, pullulent des parasites dont les hôtes (mollusques) envahissent les canaux d'irrigation, les eaux courantes ou encore les eaux stockées ou stagnantes. Ces parasites infectent l'homme par pénétration à travers la peau. La bilharziose par exemple, endémique en Afrique et en Asie est due à un tout petit ver, le schistosome, qui vit aux dépens de certains mollusques se développant dans les eaux stagnantes [15]

#### **I.2.4 Effet de la pollution de l'eau sur la santé**

Il est difficile de faire un inventaire des conséquences de la pollution de l'eau sur la vie humaine à cause de leur multitude et disparité.

Le caractère nomade et l'exode rural des populations empêchent l'accès à l'eau potable. En effet les nomades se su ffissent des puits qui sont mal entretenus et très éloignés de leur campement le plus souvent alors que l'exode rural accentue le problème de raccordements aux réseaux d'adduction d'eau potable et d'assainissement qui fait défaut dans beaucoup de villes des pays africains de façon générale et particulièrement en Mauritanie. Les taux de raccordement dans les capitales des pays riverains du fleuve Sénégal, parlent d'eux-mêmes : 10% à Bamako, 17% à Dakar et 25% à Nouakchott; le pourcentage attribué à la ville de Nouakchott paraît surévalué dans ces données. Dans les pays en voie de développement, 80% des maladies sont liées à l'eau [16].

- **Les différents types de maladies liées à l'eau**

Les maladies sont classées en quatre catégories en fonction de leurs relations avec l'eau :

- les maladies transmissibles par ingestion d'eau contaminée par des bactéries ou des virus pathogènes (choléra, typhoïde, dysenterie, hépatite infectieuse et autres maladies diarrhéiques) ;

- les maladies par défaut d'ablutions, imputables à la rareté ou l'inaccessibilité à l'eau, liées au manque d'hygiène ou à l'impureté de l'eau (infections cutanées, la gale, le trachome) ;

- les maladies dont le vecteur est un organisme aquatique invertébré (bilharziose, dracunculose et autres maladies helminthes) ;

- les maladies ayant pour vecteur des insectes aquaphiles, principalement les moustiques qui se reproduisent dans l'eau (paludisme ou malaria, onchocercoses, trypanosomiase africaine, filariose et la fièvre jaune).

### **Les principaux facteurs de transmissions des maladies hydriques**

La transmission des maladies hydriques est assimilée à celle des maladies contagieuses. L'eau est le vecteur de propagation de ces maladies. La nature et la gravité des maladies hydriques dépendent de trois facteurs, à savoir l'agent contaminant, l'environnement et l'individu contaminé.

- l'agent contaminant : c'est l'organisme affectant qui se trouve à l'origine de la maladie (bactéries, virus, champignons, levure). Chaque agent est caractérisé par sa pathogénicité (aptitude à provoquer la maladie), sa virulence (aptitude à produire des maladies graves) et sa contagiosité (aptitude à se propager) ;

- l'environnement : la survie ou la reproduction du germe porteur de la maladie dépend de plusieurs éléments, à savoir la température, l'humidité, le milieu nutritif et de ses conditions d'agrégation. En Afrique, l'environnement est un facteur responsable de l'aggravation des épidémies ;

- l'individu contaminé : La réaction de chacun vis-à-vis des agents contaminants est différente en fonction de son état de santé, son immuno-dépression et sa sensibilité propre (vaccination, anticorps naturels...). [1].

# **CHAPITRE II PRESENTAION DE LA ZONE D'ETUDE**

## II.1 Géographie

La Mauritanie est un pays de l'Afrique de l'Ouest. Elle est un trait d'union entre le Maghreb et l'Afrique soudanienne. Elle couvre une superficie de 1 032 455 km<sup>2</sup>, entre les 15<sup>e</sup> et 17<sup>e</sup> parallèles au Nord et les 5<sup>e</sup> et 17<sup>e</sup> méridiens. Bordée au nord par le Sahara occidental et l'Algérie, à l'est et au sud-est par le Mali, au sud par le Sénégal, la Mauritanie s'ouvre à l'ouest sur l'océan Atlantique. Le contraste est saisissant entre la sécheresse à proximité de l'océan et l'aridité du désert, car la Mauritanie est un pays saharien dans sa grande majorité, sahélien dans le sud. C'est donc le désert, de sable et de pierre, qui domine la géographie. [1]

La région du Trarza se situe entre les latitudes 16°30' et 18°30' et les longitudes 14° et 16°, on y rencontre les dunes de sable qui sont fixes, parallèles, orientées SO-NE et séparées par des vallées à fond plat argileux appelée « gouds ».

La ville de Nouakchott a été créée en 1957 sur la façade atlantique comme la capitale administrative de la République Islamique de la Mauritanie.

Nouakchott est une ville côtière (superficie de 400 km<sup>2</sup>) située vers 18° 07' de latitude nord et 16° 01' de longitude ouest et présente la partie la plus régulière et la plus monotone du littoral mauritanien, aride et ventée. Cette plage est marquée du côté de l'océan par des déferlements puissants de la houle et du côté du continent par la présence de dunes vives formant un cordon littoral relativement étroit. Du point de vue géographique, comme la majorité des villes situées en bordure de la mer, la ville de Nouakchott échappe difficilement à des risques littoraux.

Cette vulnérabilité de la ville est liée essentiellement à sa situation dans la sebkha de Ndrancha qui est séparée de l'atlantique par un cordon littoral sableux et étroit, en arrière duquel s'étend l'Aftout es Saheli.

La sebkha et l'Aftout sont en grande partie à une altitude inférieure au niveau de la mer avec les autres facteurs naturels (érosion côtière, etc....) et anthropiques provoquent une menace réelle de la ville de Nouakchott par les inondations.



Figure 1: Carte géographique de la Mauritanie

## II.2 le climat

Le climat de la ville de Nouakchott est sous l'influence de la mer et les variables latitudinales. Il est de type saharo-sahélien et généralement chaud et sec.

## II.2.1 Températures

Les températures maximales journalières dépassent 35°C en mai- juin, tandis que les minimales journalières qui se produisent en janvier -février peuvent descendre jusqu'à 10°C. A Nouakchott, les températures moyennes minimales sont douces et tournent autour de 25°C et augmentent au fur et à mesure qu'on rentre à l'intérieur du continent. Par contre les températures moyennes maximales sont en général très élevées dépassant 28°C.

## II.2.2 Précipitations

Les précipitations sont faibles et irrégulières sur l'ensemble du territoire et résultent essentiellement des flux de mousson venant de l'anticyclone de Sainte-Hélène dans les mois de Juillet, Août et Septembre [2].

Mais au cours des dernières années, la ville de Nouakchott a connu, comme tout le reste du pays, une péjoration pluviométrique prononcée; par exemple, pendant la saison des pluies (Juin à Septembre) et pour une période allant de 1987 à 2003, les précipitations journalières à Nouakchott n'ont jamais dépassé 0,15 mm. La répartition spatio-temporelle fluctuante des pluies (juin à septembre) conditionne l'existence d'un couvert végétal peu fourni et des ressources en eau limitées. Les précipitations sont de faibles intensités et irrégulières (Fig. 2).

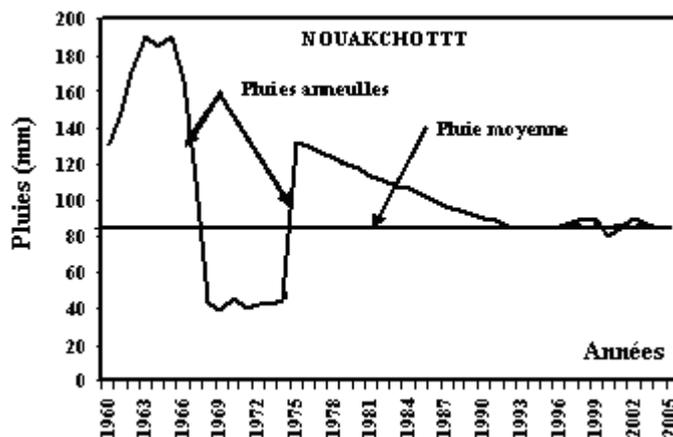


Figure 2 : Evolution de la pluviométrie à Nouakchott (ASECNA, 1960 à 2005)

## II.2.3 Les vents

Cette région est soumise au cours de l'année à trois régimes de vents dominants :

- L'alizé maritime frais et humide qui souffle d'ouest à nord-ouest sur le littoral, il joue un rôle essentiel dans la modération des températures.
- L'alizé continental, vent sec, nord-est (pendant la saison froide), nord et nord-est à est (pendant la saison chaude).
- La mousson, vent humide, porteur de pluie. [2]

## **II.3 L'eau à Nouakchott**

### **II.3.1 Ressources**

La ville de Nouakchott est alimentée à partir d'Idini, localité située à 56 km à l'Est de Nouakchott. C'est une source, d'eau potable. Elle répond aux normes de l'eau potable et ne nécessite pas de traitement. Le champ captant d'Idini puise dans la nappe souterraine du Trarza. Cette région dispose d'importante réserve d'eau souterraine. On distingue dans la zone d'Idini trois niveaux aquifères :

- Nappe phréatique (10 à 40 m de profondeur avec 1g /l de sel dissous)
- Nappe captive supérieur (60 à 90 m de profondeur, avec 0.4 g/l de salinité)
- Nappe captive inférieur (située entre 150 et 170 m de profondeur et renferme 4g par litre de minéralisation.

La nappe du Trarza est fossile, la réalimentation de la nappe à partir du fleuve Sénégal ou par infiltration pluviométrique est considéré comme nulle.

Le front salé se situe à quelques dizaines de kilomètres d'Idini, d'où un risque d'invasion des eaux douces par les eaux salées.

### **II.3.2 La distribution**

Nouakchott, capitale de la Mauritanie est desservie par la Société Nationale de Distribution d'Eau (SNDE) qui organise la distribution de l'eau provenant de la nappe d'Idini. Les différents forages de cette nappe, permettent l'alimentation de deux châteaux d'eau situés au cœur de la ville. L'eau est ensuite distribuée par un système de canalisation, soit directement

dans les maisons, soit dans des réservoirs privés destinés au public. [3] La distribution de l'eau dans la ville de Nouakchott est beaucoup plus une affaire de transport ambulant que des réseaux. Des centaines de bornes fontaines tous genres : primaires (potences), secondaires (connectées au réseau) et même tertiaires (bassins de stockage non connectés sont alimentés par une soixantaine de camions citernes) approvisionnent 80 % de la population en eau de boisson. Les bornes fontaines secondaires des zones où la pression de distribution est élevée, constituent les points relais entre le réseau et les charretiers qui viennent s'y approvisionner à plusieurs reprises par jour. Le réseau de distribution de l'eau de boisson dans les quartiers périphérique de la ville de Nouakchott se limite à des bornes fontaines. En effet les usages achètent l'eau soit directement à la borne fontaine soit aux nombreux revendeurs (charretiers) qui véhiculent l'eau prélevée à ces mêmes bornes fontaines. [4]

Les charretiers alimentent à la fois les ménages aisés (zones loties, raccordées mais sans pression d'eau dans le réseau) et les clients pauvres (dans les zones non loties et donc non desservies).

**CHAPITRE III ANALYSES  
PHYSICOCHIMIQUES ET  
BACTERIOLOGIQUES**

### III.1 Circuit de prélèvement et d'échantillonnage

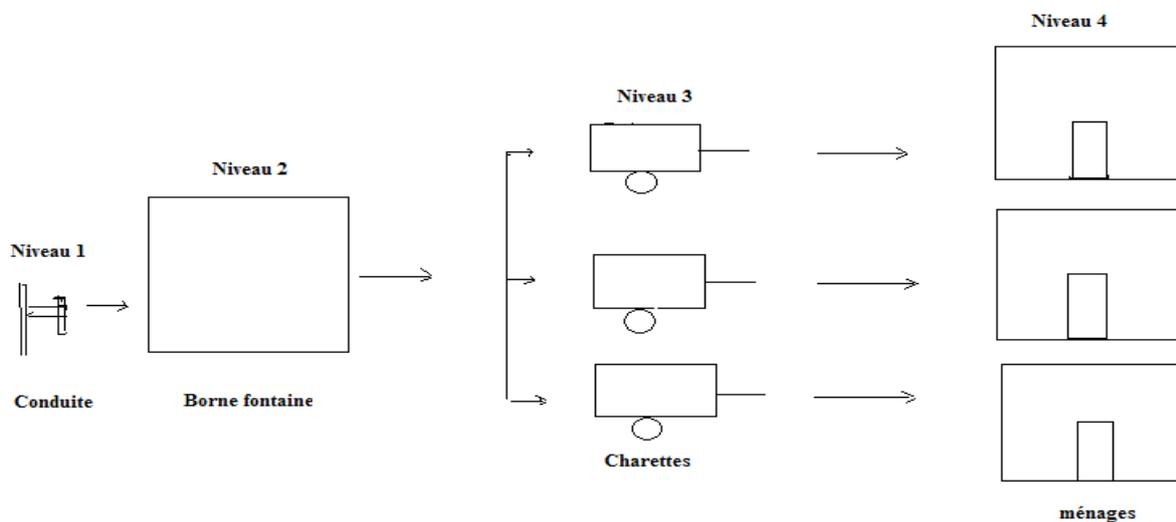
Trois campagnes de prélèvement ont été organisées au cours de cette l'étude.

La première campagne ( $t_1$ ) a été réalisée au courant du mois de mars, la deuxième campagne ( $t_2$ ) au mois de mai et la troisième campagne ( $t_3$ ) au mois de juillet.

Pour chaque campagne le circuit de prélèvement a été le suivant :

- un échantillon témoin prélevé directement de la conduite
- un échantillon prélevé dans l'eau de bassin de Elmina
- trois échantillons prélevés dans trois charrettes différentes
- trois échantillons prélevés dans trois ménages différents

Dans le cadre de notre étude, nous avons réalisé 24 prélèvements. Tous ces prélèvements ont été réalisés dans 4 niveaux numérotés de 1 à 4. Les trois charrettes identifiées sont celles qui ravitaillent les trois ménages comme l'indique le schéma de circuit de prélèvement suivant :



**Figure 3: Le schéma de circuit de prélèvement**

NB : Niveau 1 : le réseau (témoin), Niveau 2 : les bornes fontaines (BF) ou bassin,

Niveau 3 : les charrettes, Niveau 4 : les ménages

## **III.2. Analyses des paramètres physiques**

Au moment du prélèvement des échantillons nous avons procédé à la mesure de la température, de la conductivité électrique et du pH.

### **III.2.1 température et pH**

La température, et le pH sont mesurés à l'aide d'un pH-mètre portable de type HANNA instrument HI 8314.

### **III.2.2 Conductivité électrique (C.E)**

Ce paramètre a été mesuré, à l'aide d'un conductimètre (de type HANNA instrument HI 8733).

## **III.3. Analyses des paramètres chimiques**

Les analyses effectuées sont de deux sortes: dosages volumétriques et dosages spectroscopiques selon les méthodes proposées par **Rodier** dans le laboratoire d'analyse **I.N.R.S.P**

### **III.3.1 Méthodes spectrophotométrie UV-Visible (7)**

Cette méthode est basée sur la mesure de densités optique à l'aide d'un spectrophotomètre. Le dosage par colorimétrie nécessite l'établissement d'une courbe d'étalonnage à une longueur d'onde bien déterminée pour chaque élément à analyser. Une fois la courbe établie on, détermine la concentration de l'échantillon par comparaison (projection de la densité optique trouvée sur la courbe d'étalon), si la concentration est supérieure à la gamme des concentrations de la courbe d'étalonnage on doit procéder à la dilution de l'échantillon.

Nous avons utilisé cette méthodes pour doser : les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ); les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et les sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ ).

### III.3.1.1 Dosage des nitrates

#### A- Principe:

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, de couleur jaune que on peut doser par spectrophotométrie.

#### B- Réactifs :

- Solution étalon d'azote nitrique : 5.10-2mg/l :
- Nitrate de potassium anhydre ----- 0,361mg
- Eau permutée qsp ----- 1000ml

Cette solution est renouvelable après 2 mois.

- Eau distillée ;
- Acide acétique ;

Solution de salicylate de Na (1%) (Cette solution est renouvelable toutes les 24 heures) ;

Solution d'hydroxyde de sodium à conserver dans un flacon de polyéthylène :

- NaOH----- 200g
- EDTA ----- 50g
- Eau distillée qsp----- 1000ml
- Acide sulfurique pur.

#### Mode opératoire

Prendre 10 ml de l'échantillon et ajoute 0.2 ml d'acide acétique pur

- Attendre 5 minutes ;
- faire évaporer dans un bain-marie à 75 °c – 80°c pendant 45min à une heure;

- Ajouter 1 ml de la solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer, pendant : 15 à 20 minutes) puis laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentré ;
- Attendre 10 minutes puis ajouter 15ml d'eau distillée et 10ml de la solution d'hydroxyde de sodium .Une coloration jaune se développera. Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde 415nm. .

La concentration des ions de nitrate est déterminée par la relation suivante :

$$[NO_3^-] = (DO - 0.0793)/1.0329$$

- DO : densité optique

### III.3.1.2 Dosage des nitrites

#### A. Principe :

La diazotation de l'acide sulfanilique et sa copulation avec  $\alpha$ -naphtylamine à un pH convenable donne un complexe coloré rouge pourpre susceptible d'être dosé colorimétrie.

#### B. Réactifs :

Solution de paramino benzène sulfonique 0.6%:

- Paramino benzène sulfonique.....0.6g
- Acide chlorhydrique .....20ml
- Eau distillée.....q.s.p 100 ml.

-Solution de  $\alpha$ -naphtylamine 0.1% :

- $\alpha$ -naphtylamine.....0.25g
- Eau distillée.....q.s.p 250 ml.

- Solution mère étalon d'azote nitreux à 100 mg/l :

Nitrite de sodium.....0.4928g

eau distillée..... q.s.p 1000 ml.

-solution fille étalon d'azote nitreux à 1 mg/l (à préparer chaque jour).

#### **D. Mode Opérateur**

Ajouter à 50ml de l'échantillon contenu dans un tube colorimétrique 1ml de

p-aminobenzen sulfonique acide (0,6%) et 1ml de  $\alpha$ -naphtyl amine (1%).

Laisser au repos pendant 3 minutes et lire l'absorbance à une longueur d'onde de 540nm.

La concentration des ions de nitrite est déterminée à partir de la relation suivante :

- DO: densité optique

$$[\text{NO}_2^-] = 1.56 \times \text{D.O} \times \text{Fd}, [\text{mg/l}]$$

- F d : facteur de dilution

#### **III.3.1.3 Dosage des sulfates**

##### **A. Principe :**

Les ions sulfates sont précipités en milieu aqueux par le baryum. Les précipités ainsi formés en présence de thymol et gélatine se maintiennent en suspension dans la solution.

Le trouble proportionnel à la concentration des ions sulfates, peut être mesuré par colorimétrie.

##### **B. Réactifs :**

-Solution étalon mère à 2 g/l :

Sulfate de Sodium anhydre.....2.958g

Eau distillées .....q.s.p.1000ml

-Solution fille à 0.2 g/l (diluer la solution mère au 1/10) :

Solution mère à 2 g/l.....10ml

Eau distillée.....100ml

- Solution de Chlorure de baryum :

Chlorure de baryum.....25g

Gélatine.....0.5g

Thymol.....25 mg

Eau distillée.....1000 ml

- Solubiliser la gélatine et le Thymol dans l'eau distillée bouillante, puis ajouter le chlorure de baryum.

Solution de Chlorure de baryum de travail :

Chlorure de baryum à 25g/l.....900ml

Acide chlorhydrique 0.1mol/.....100ml

#### **D. Mode opératoire :**

Ajouter à 50ml de l'échantillon contenu dans un colorimétrique 2ml de BaCl<sub>2</sub>, laisser au repos pendant 2 à 3 minutes et lire l'absorbance à la longueur d'onde 530nm.

La concentration des ions de sulfate est déterminée à partir de la relation suivante :

$$[\text{SO}_4^{2-}] = (\text{D.O} - 0.0174) \times 129.116 \times \text{Fd} \text{ , [ mg/l]}$$

F d : facteur de dilution.

- DO : densité optique

### III.3.2. Méthodes photométriques à flamme

Cette technique consiste à pulvériser dans une flamme la solution des ions à analyser.

L'eau s'évapore tandis que les sels et leurs produits de décomposition se dissocient à l'état d'atomes ou de radicaux, ces derniers sont excités par énergie thermique dite de flamme.

Le retour à l'état fondamental est accompagné par émission de radiation dont la longueur d'onde est spécifique à la nature de l'ion à analyser.

Les métaux alcalins sodium ( $\text{Na}^+$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ ) sont dosés par spectrométrie de flamme.

### III.3.3 Méthode Volumétrique

Cette méthode est utilisée pour la détermination des paramètres suivants : dureté totale (TH) calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ; magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) Oxydabilité (MO)

#### III.3.3.1 Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté totale représente la concentration de l'ensemble des ions calciums ( $\text{Ca}^{++}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) dans une eau.

##### A. Principe:

Les ions calciums ( $\text{Ca}^{++}$ ) magnésiums ( $\text{Mg}^{++}$ ) sont complexé par l'EDTA- $\text{Na}_2$  en présence d'une solution tampon pH = 10 et du noir eriochrome T comme inducteur.

##### B. Réactifs :

- Solution d'acide d'éthylène diamine tétra acétique disodique M/50

EDTA- $\text{Na}_2$ .....7.442g

Eau distillée q.s.p.....1000ml.

- Solution tampon :

NH<sub>4</sub>Cl.....27g  
NH<sub>3</sub> 32%.....137ml  
H<sub>2</sub>O distillé q.s.p.....500ml

- solution d'indicateur :

Noir erichrome T (NET).....2g  
Alcool éthylique 96% q.s.p.....500ml

### C. Mode opératoire :

On prélève 50ml de l'échantillon, on y ajoute 2ml de solution tampon pH = 10 et une pincée de N.E.T le mélange est titré par une solution de EDTA-Na<sub>2</sub>.

$$TH = 2,0016 \times V \text{ [}^\circ F\text{]}$$

Dureté totale exprimée en degré hydrotimétrique français

V le volume de EDTA-Na<sub>2</sub> versé.

NB : 1°F = 10mg/l de CaCO<sub>3</sub>

### III .3.3.2 Dosage des ions calcium (Ca<sup>++</sup>)

#### Principe :

Le dosage des ions calcium est déterminé par une solution de (EDTA) à pH compris entre 12 et 13. L'acide calcane carboxylique qui forme un complexe violet avec le calcium est utilisé comme indicateur en fin de réaction. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage. Au point équivalent l'indicateur vire au bleu clair. [17]

#### Réactif

- hydroxyde de sodium, solution c (NaOH) = 2mol/l.

Dissoudre 8g de hydroxyde de sodium dans 100ml d'eau distillé.

Conserver dans une bouteille polyéthylène.

- EDTA, solution titrée,  $c(\text{Na}_2 \text{EDTA}) = 0.01 \text{ mol}$ .

Préparation : dissoudre 3,725g de sel disodique de

l'acideéthylènediaminetétraacétique (EDTA) dans 1000ml de l'eau distillé dans fiole jaugé. Conserver la solution dans une bouteille en polyéthylène.

### Mode opératoire

On prend 50ml de l'échantillon on ajoute 2ml de NaOH 2M puis de l'indicateur de calcium (0.2g) titré par EDTA de 0,01N.

La concentration en calcium est exprimée en milligramme par litre, est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Ca}^{++}] = 8,016xV \text{ en mg/l.}$$

NB :

V est le volume de EDTA ajouté.

### III.3.3.3 mesure de magnésium

$$[\text{Mg}^{++}] = 4,86x (V_{\text{TH}} - V_{\text{Ca}^{++}})$$

NB:

$V_{\text{TH}}$  est le volume de la dureté totale

$V_{\text{Ca}^{2+}}$  volume du calcium

### III.3.3.4 Dosage des chlorures :

#### A. Principe :

Les chlorures sont dosés par le nitrate d'Argent en présence d'un indicateur de chromate de potassium.

#### B. Réactifs :

- indicateur de chromate de potassium :

chromate de potassium 5%.....5 g

Eau distillée q.s.p.....100ml

- Solution de nitrate d'Argent :

nitrate d'Argent .....2.4g

Eau distillée.....1000ml

### C. Mode opératoire :

On prend 50ml de l'échantillon on y ajoute 1ml de solution de l'indicateur de chromate de potassium 5% et on titre avec du nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$  de titre 0.1 mol/l. [12]

La concentration en chlorure est exprimée en milligramme par litre, est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] = V \times 71 [\text{mg/l}]$$

V le volume de  $\text{AgNO}_3$ .

### III.3.3.5 Oxydabilité du permanganate de potassium (Indice Permanganate)

#### A. principe :

Les matières oxydables contenues dans l'eau seront oxydées à chaud par un excès de  $\text{KMnO}_4$ , qui sera ensuite réduit par un excès d'oxalate de sodium qui sera finalement titré par une solution de  $\text{KMnO}_4$ .

#### B. réactifs

1- Solution de  $\text{KMnO}_4$  (N/10) :

$\text{KMnO}_4$  (PA).....3, 20g

$\text{H}_2\text{O}$  dist.....q.s.p

Dissoudre le  $\text{KMnO}_4$  à chaud ( $90^\circ$ ) pendant 2 heures.

Refroidir sous un courant d'eau froide laisser reposer à l'abri de la lumière pendant 2 jours la solution décantée sera conservée dans un flacon brun à l'abri de la lumière.

Cette solution est stable pendant au moins 4 mois.

2- Solution de  $\text{KMnO}_4$  (N/100) :

Prendre 100ml de la solution précédente et diluer à 100ml dans un fiole jaugée de 1000ml, mettre dans un flacon brun à l'abri de la lumière. Cette solution peut se conserver ainsi pendant au moins 2 mois.

3- Acide sulfurique concentré.

4- Oxalate de sodium (Na /10)

Oxalate de sodium.....6, 70g

H<sub>2</sub>O distillée q.s.p.....1000ml

Avant de le peser, l'oxalate de sodium doit être séché à l'étuve à 100 °C pendant au moins 2 heure. La dissolution doit se faire dans une fiole jaugée de 1000 ml cette solution peut se conserver à l'obscurité pendant au moins 4 mois.

5- oxalate de sodium (Na/100) :

Mesurer exactement 100 ml de la solution d'oxalate de sodium (N/100) et les mettre dans une fiole jaugée de 1000 ml. Compléter à 1000 ml avec l'eau distillée .Cette solution peut se conserver à l'abri de la lumière pendant 2 à 3 semaines.

### **C. mode opératoire**

Dans un erlenmeyer de 250ml à col rodé mettre 100ml d'eau à analyser et ajouter 2ml de l'acide sulfurique concentré et ajouter 10ml de la solution de KMnO<sub>4</sub> (N/100).

- laisser en ébullition pendant exactement 13mn.
- ajouter 10ml de la solution d'oxalate de sodium (Na/100).
- titrer la solution chaude par KMnO<sub>4</sub> jusqu'à obtention d'une coloration rose persistante.

Soit V (en ml) le volume de KMnO<sub>4</sub> versé pour l'obtention de la coloration rose persistante, la quantité de matières organiques oxydables en milieu acide en mg de O<sub>2</sub>/l est données par l'expression suivante :

**M.O. (en mg O<sub>2</sub>/l) =V (ml) x 0,64**

## **III.4 Analyses Bactériologiques**

### **III .4.1 Prélèvement des échantillons**

Il doit être effectué dans des conditions d'asepsie satisfaisantes par un agent qualifié. Il se fait en flacon de verre stérile de 500 ml. Au laboratoire, les échantillons apportés sont pour la plupart dans des bouteilles plastiques non stériles, ce qui impliquera un faux résultat lors de l'analyse. Il est donc nécessaire de respecter certaines conditions pour un diagnostic précis et exact. Pour les eaux de distribution, il est parfois nécessaire d'éliminer la contamination due aux conduits : le robinet doit être désinfecté et flambé, l'eau doit s'écouler un certain temps

avant le prélèvement. S'il s'agit d'une eau traitée par le chlore ou ses dérivés, on utilisera des flacons contenant de 5 à 10mg de thiosulfate de sodium. L'échantillon doit être acheminé rapidement au laboratoire, et réfrigéré si la température excède 10°. L'analyse doit être effectuée dans les 12 heures qui suivent le prélèvement.

L'agent responsable du prélèvement devra recueillir un maximum de renseignements en relation avec la qualité bactériologique de l'eau : origine de l'eau, nature du captage, nature du traitement éventuel, causes probables de contamination, importance des pluies avant le prélèvement, température lors du prélèvement **(13)**.

### **III.4.2. Les milieux de cultures**

#### **III.4.2.1 T.T.C. et Tergitol 7**

Gélose lactosée au T.T.C. et Tergitol 7, dont la formulation résulte essentiellement des travaux de Chapman, est utilisée pour la recherche et le dénombrement des coliformes et coliformes thermotolérants, en particulier dans le cadre de la colimétrie des eaux par la méthode des membranes filtrantes.

Le Tergitol 7 (heptadecylsulfate de sodium), additionné extemporanément au milieu de base, inhibe la pousse des germes à gram positif, réduit l'envahissement du milieu par les protéus et favorise le recouvrement des coliformes.

Autre additif, le T.T.C (Triphenyl-2, 3,5-Tetrazolium Chlorure) est réduit très rapidement par la majorité des bactéries coliformes.

Enfin, les micro-organismes capables de fermenter le lactose présent dans le milieu, donnent des colonies jaunes cernées de halos jaunes, coloration due au virage de l'indicateur de pH, le bleu de bromothymol.

Formule : En gramme par litre d'eau distillée.

Extrait de levure. 6.0

Extrait de viande 5.0

Peptone de viande 10.0

Lactose ..... 20.0

Bleu de bromothymol. 0.05

Agar..... 13.0

PH final : 7.2

### **III.42.2 SLANETZ : base pour gélose de Slanetz**

La gélose de Slanetz est un milieu solide qui permet la recherche et le dénombrement des Streptocoques dans les eaux par la méthode des membranes filtrantes.

Formule

En grammes par litre d'eau distillée

Peptone ..... 20.0

Extrait de levure ..... 5.0

Glucose..... 2.0

Phosphate disodique ..... 4.0

Azide de sodium ..... 0.4

Agar ..... 10.0

PH final : 7.2

### **III.4.3 Préparation des milieux de cultures**

#### **III. 4.3.1 préparation du milieu TTC et Tergitol 7**

Dissoudre 53.8g de poudre dans 1litre d'eau distillée. Attendre 5minute puis mélanger jusqu'à l'obtention d'une suspension homogène. Chauffer lentement en agitant fréquemment, puis porter à ébullition jusqu'à dissolution complète. Répartir 100 ml de milieu dans des

flacons et stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 ou 20 minutes selon les normes. Le pH final doit être  $7.2 \pm 0.2$ . Laisser refroidir le milieu jusqu'à 45-50°C et ajouter, pour 100ml

-5ml tetrozolum (TTC) à 0.05%

-5ml d'une solution stérile de Tergitol 7 à 0.2 %.

Bien mélanger le milieu et répartir en boîte de pétris stériles, conserver le flacon soigneusement fermé dans un endroit sec et frais.

#### **III.4.3.2 Préparation du milieu Slanetz**

Mettre 41.5g de poudre dans un litre d'eau distillée. Attendre 5 minutes puis mélanger jusqu'à obtention d'une suspension homogène.

Porter à l'ébullition jusqu'à dissolution complète. Ajuster si nécessaire, le pH 7,2. Au moment de l'emploi ajouter dans 100 ml de base fondue et refroidi vers 45-50°C. 5ml de TTC à 0,2%. Conserver le flacon soigneusement fermé dans un endroit froid et sec [13].

#### **III. 4.4. Méthode de filtration sur membrane**

La technique par trempage implique un petit volume d'eau, ceci est donc peu représentatif de la concentration en bactéries. L'intérêt de la filtration sur membrane est l'utilisation d'un volume plus important (100 ml) pour définir la concentration et la diversification (quantitatif et qualitatif) des bactéries présentes sur un filtre qui sera par la suite mis en culture dans un milieu approprié.

#### **Mode opératoire**

Flamber la surface du support Microfil pendant 3 à 5 secondes. Placer la membrane (quadrillage vers le haut) au centre du support. Verser l'échantillon. Filtrer sous vide.

Placer la membrane dans une boîte de pétri contenant un milieu solide (quadrillage vers le haut). La surface du support est flambée pendant 3 à 5 secondes, en insistant particulièrement sur le bord extérieur puis recouverte d'un couvercle de boîte de Pétri stérile.

#### **III.4.5 Dénombrement**

### **III.4.5.1 Coliformes totaux et fécaux**

La technique normalisée pour l'analyse des eaux destinées à la consommation humaine est la filtration sur membrane. 100ml d'eau bien homogénéisée sont filtrés aseptiquement sur une membrane d'ester de cellulose de porosité 0,45µ. Cette membrane est mise à incuber sur un milieu sélectif des coliformes. Le milieu préconisé par l'OMS est la gélose lactosée, TTC et Tergitol 7.

L'incubation de ces milieux à 37°C pendant 24h permet le dénombrement des coliformes. L'incubation à 44°C ± 0,5°C conduit au dénombrement des coliformes fécaux.

Après incubation à 37°C, un examen de la coloration des colonies indiquera la réduction (rouge) ou l'absence de réduction (jaune) du TTC ; les halos jaune indiqueront la fermentation et le bleu l'absence de fermentation du lactose. Seront considérées comme caractéristiques les colonies présentant une coloration jaune correspondant, plus ou moins nettement, à un halo jaune du milieu sous la membrane.

Après incubation à 44°C, seront considérées comme coliformes thermotolérants, les colonies présentant les mêmes caractéristiques que celle issues de l'incubation à 37°C. Le dénombrement de ces colonies donnera le nombre de coliformes et coliformes thermotolérants présents dans le volume filtré. On le rapportera donc à 100 ml d'eau

### **III.4.5.2 Streptocoques fécaux**

La filtration sur membrane de 100 ml d'eau est la plus généralement pratiquée. Le milieu le plus utilisé à cet usage est la gélose de SLANETZ utilisant l'azoture de sodium comme agent de sélection et la réduction du TTC pour la caractérisation des colonies. L'incubation a lieu à 37°C pendant 48h. Après incubation toutes les colonies de coloration rouge, rose ou marron sont dénombrées [14].

# **CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSIONS**

## IV .1 Résultats d'analyse physico-chimie

Sur le tableau 3 nous avons reportées les résultats des analyse physicochimique à t<sub>1</sub>

Lieu de Prélèvement	pH	T °c	Cond µS/cm	TH °F	Ca <sup>++</sup> mg/l	Mg <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	O <sub>2</sub> mg/l
Témoin	7,09	29,1	630	14,01	36,07	12,15	66	7	105	0,121	0,001	55,46	0256
Bassin 1	7,1	27,9	632	15,01	40,08	12,15	62	9	117	0,70	0,015	48,54	0448
Charrette 1	7,17	27,9	615	15,01	38,47	13,12	63	9	110	1,28	0,028	71,91	0448
Maison 1	7,16	25,7	646	15,01	40,08	12,15	66	10	114	0,38	0,037	45,06	0,512
Charrette 2	7,36	25,4	637	16,01	40,08	14,58	63	9	111	1,28	0,027	45,06	0512
Maison 2	7,36	27,9	601	15,21	38,46	13,60	63	10	112	1,16	0,024	48,67	0,416
Charrette 3	6,99	28,15	633	15,00	38,34	13,12	63	9	116	1,13	0,020	52,54	0,384
Maison 3	7,38	25,35	606	14,21	37,7	11,09	68	9	106	0,36	0,016	71,00	0,688

**Tableau 3: Résultats d'analyse physico-chimie en t<sub>1</sub>**

Date de Prélèvement le 04/03/07) :(t<sub>1</sub>)

Sur le tableau 4 nous avons reportées les résultats des analyse physicochimique à t<sub>2</sub>

Lieu de Prélèvement	pH	T °c	Cond µS/cm	TH °F	Ca <sup>++</sup> mg/l	Mg <sup>++</sup> mg/l	Na mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	CO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	O <sub>2</sub> mg/l
Témoin	7,09	29,1	630	14,01	36,07	12,15	66	7	105	0,12	0,00	55,46	8,8	0,256
Bassin 2	7,1	27,3	672	15,61	40,08	13,60	71	10	114	0,56	0,016	44,67	8,8	0,704
Charrette 1	7,38	27,1	683	17,21	40,08	17,49	70	9	110	0,53	0,031	55,6	8,8	0,384
Maison 1	7,34	26,9	678	15,61	40,08	13,60	70	10	115	0,41	0,014	66,83	8,8	0,576
Charrette 2	7,34	25,8	653	15,61	39,27	13,60	72	10	109	0,46	0,062	26,41	17,6	0,64
Maison 2	7,68	25,9	683	15,81	40,08	14,09	74	9	110	0,17	0,009	63,21	8,8	0,576
Charrette 3	6,98	28,3	633	15,01	38,47	13,12	63	9	116	1,13	0,020	52,42	13,2	0,384
Maison 3	7,6	24,5	580	15,21	38,47	13,60	67	9	103	0,34	0,011	108	8,8	0,32

**Tableau 4 : Résultats d'analyse physico-chimie en t<sub>2</sub>**

Date de Prélèvement (04/05/07) :(t<sub>2</sub>)

Sur le tableau 5 nous avons reportées les résultats des analyse physicochimique à t<sub>3</sub>

Lieu de Prélèvement	pH	T °c	Cond µS/cm	TH °F	Ca <sup>++</sup> mg/l	Mg <sup>++</sup> mg/l	Na <sup>+</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	O <sub>2</sub> mg/l
Témoin	7,09	29,1	630	14,01	36,07	12,15	66	7	105	0,12	0,00	55,46	0,256
Bassin 2	7,5	26,4	698	12,81	40,08	6,8	74	9	130	0,895	0,037	36,87	0,96
Charrette 1	7,22	26,8	627	14,01	36,07	12,15	69	9	105	0,459	0,028	47,59	0,768
maison 1	7,56	26,6	569	14,01	36,87	11,66	70	9	107	0,435	0,031	42,17	0,896
Charrette 2	7,88	27	591	14,01	36,07	12,15	69	9	108	0,29	0,019	40,23	0,768
Robinet 2	7,16	26,8	633	14,01	36,07	12,15	69	9	106	0,51	0,022	41,65	1,15
Charrette 3	7,0	28	633	15	38,50	13,13	63	9	116	1,13	0,020	52,40	0,384
Maison 3	7,16	26,2	633	13,21	36,07	10,21	69	9	110	0,387	0,021	34,55	0,96

**Tableau 5: Résultats d'analyse physico-chimie en (t<sub>3</sub>)**

Date de Prélèvement : 04/07/07 (t<sub>3</sub>)

Sur le tableau 6 nous avons reportées les moyennes des résultats analyses physicochimiques.

Niveau de prélèvement	pH	T °C	Cond °F	TH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	O <sub>2</sub>
Niveau 0	7.09	29.1	630	14.01	36.07	12.15	66	7	105	0.12	0.01	55.46	0.256
Niveau I	7.32	27.2	667	14.47	40.08	12.87	71	9	120	0.53	0.017	43.36	0.704
Niveau II	7.25	26.78	624	14.78	38.38	13.6	66	9	111	0.85	0.029	51.14	0.533
Niveau III	7.37	25.51	625	14.69	35.54	12.27	68	9	109	0.45	0.02	57.83	0.687

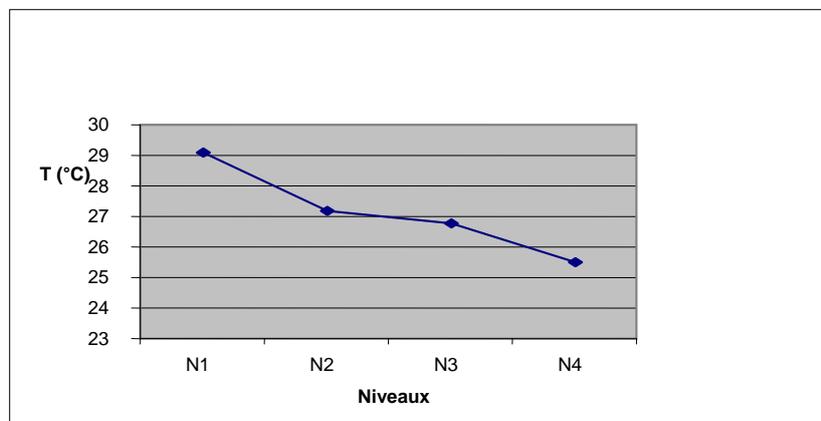
**Tableau 6: Moyennes des Résultats d'analyse physico-chimies**

## VI.2. Interprétation des résultats physico-chimiques

### IV.2.1 Paramètres physiques

#### IV.2.1.1 Température

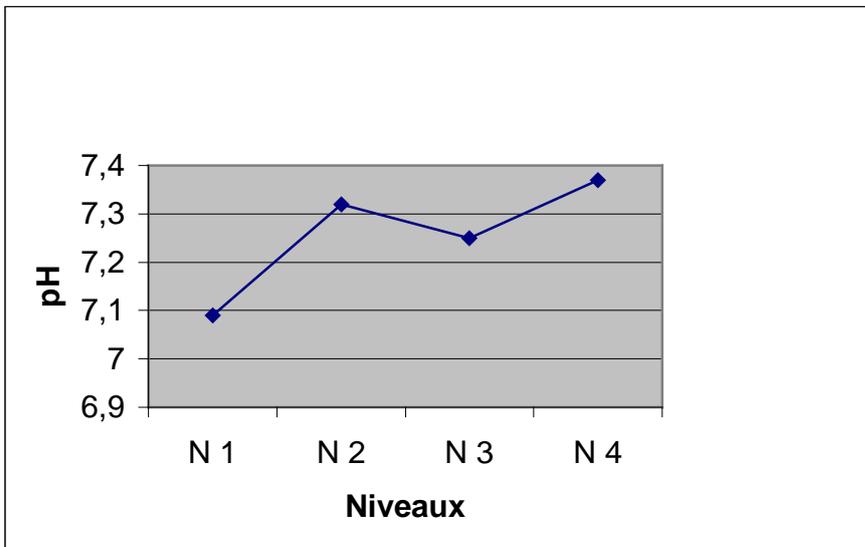
Les analyses effectuées montrent que la température de l'ensemble des échantillons est comprise entre 29,1°C et 24,5°C et que les températures des témoins sont plus élevées que celle de tous les autres échantillons. Ceci peut être due aux modes de conservation.



**Figure 4 : Variations moyennes de la température en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.1.2 Le pH

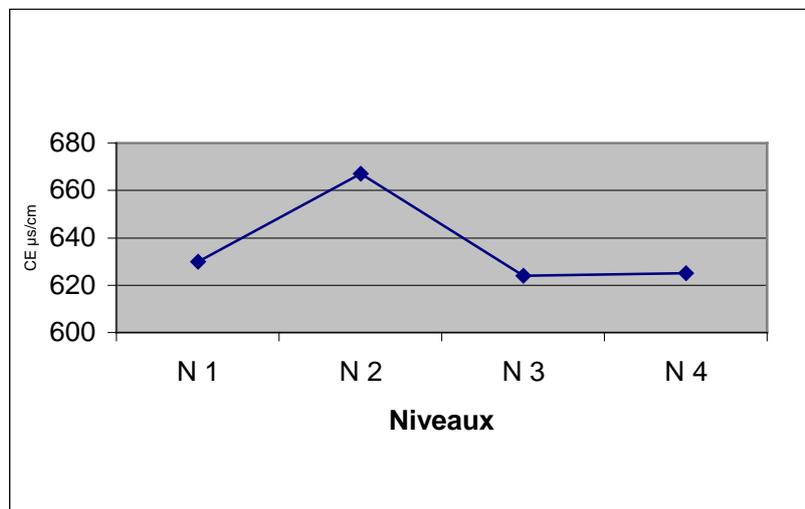
Les résultats des analyses montrent que le pH de l'ensemble des échantillons est compris entre 6.98 et 7.88 et la variation entre les témoins et les autres échantillons est faible. Les valeurs pH trouvées indiquent que les échantillons d'eau analysés répondent aux normes de l'OMS (6.5 – 8.5).



**Figure 5: Variations moyennes du pH en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.1.3 Conductivité électrique

La conductivité varie entre 569 et 698 au cours de l'étude. La valeur la plus importante de la conductivité a été enregistrée au niveau 2. Les valeurs trouvées sont conformes aux normes de l'OMS (180-1000)

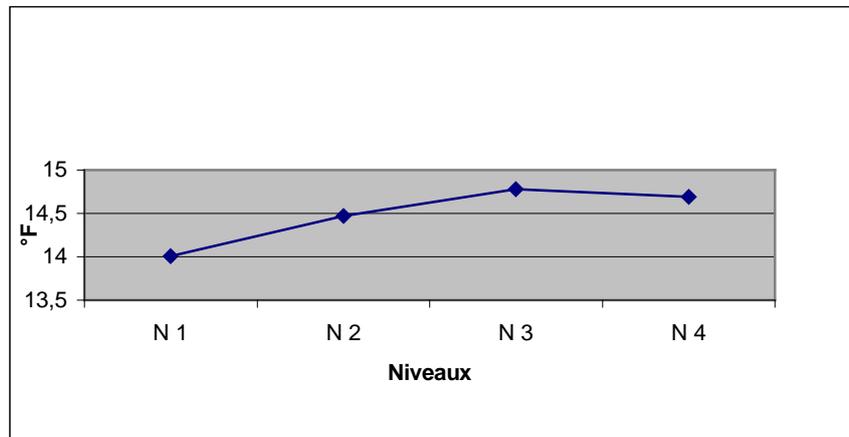


**Figure 6: Variations moyennes de la cond en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.2 Les paramètres chimiques

##### IV.2.2.1 La dureté totale

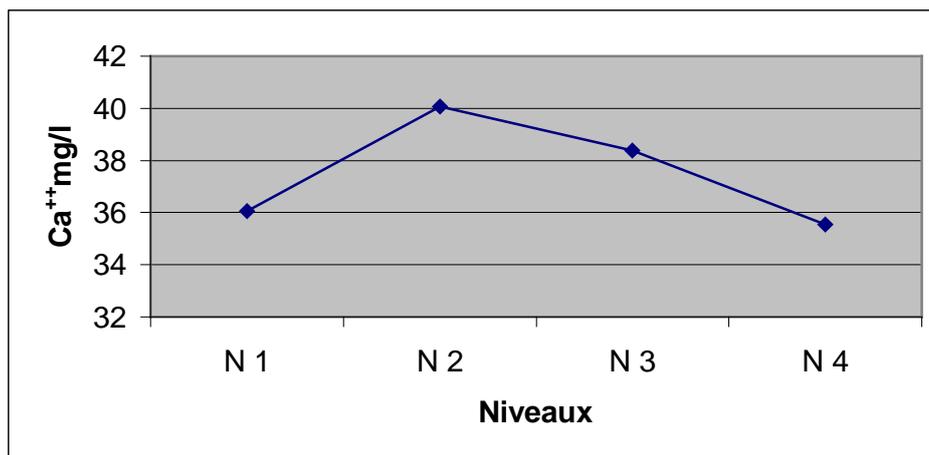
On constate que les valeurs du **TH** sont comprises entre 13,21°F et 17,21°F et pas de variation importante entre les témoins et les autres échantillons.



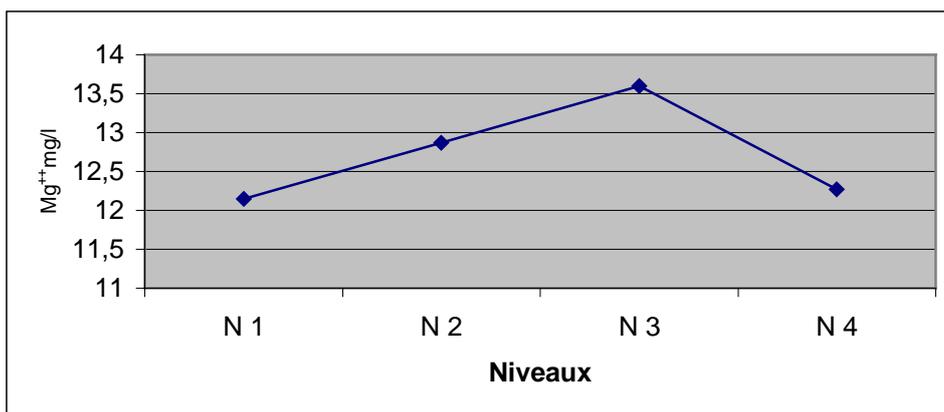
**Figure 7: Variations moyennes de la dureté total en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.2.2. Calcium et Magnésium

Ce sont les deux éléments de la dureté totale de l'eau. La teneur en calcium des échantillons prélevés est comprise entre 36,07 (témoin) et 40,08 mg/l et la teneur en magnésium est comprise entre 6,80 et 17,49 mg/l. On remarque une très faible variation entre les témoins et les autres points de prélèvement. Les valeurs trouvées sont conformes aux normes de l'OMS, 50 mg/l pour Magnésium et 270 mg/l pour Calcium.



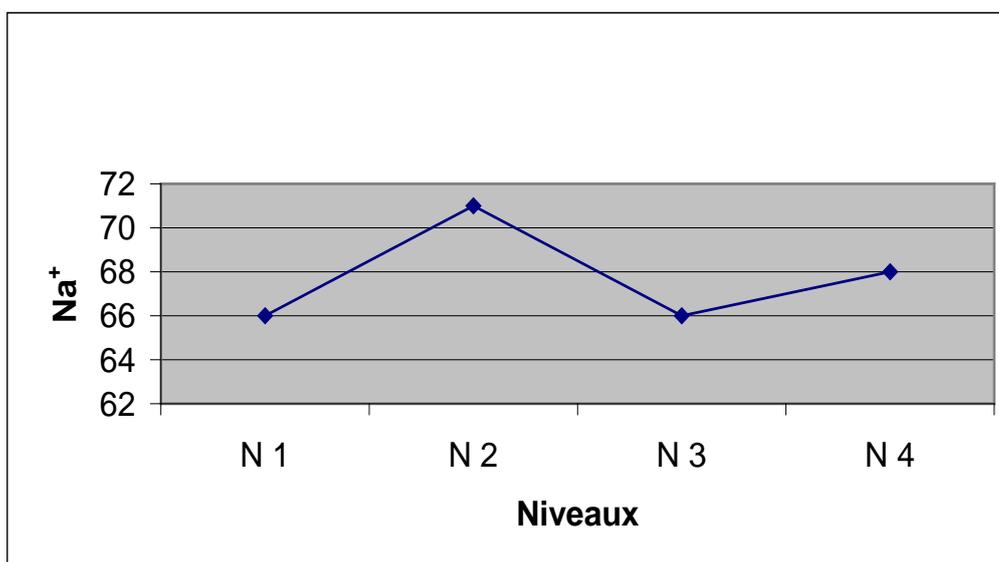
**Figure 8: Variations moyennes de calcium en fonction des niveaux de prélèvement**



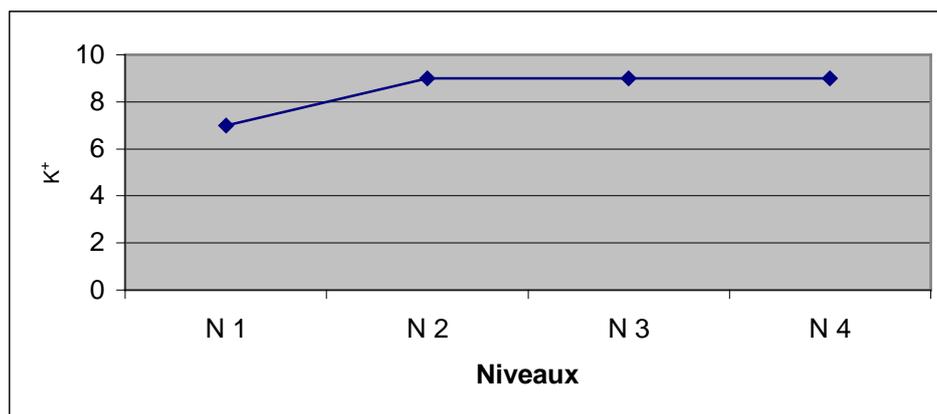
**Figure 9: Variations moyennes de magnésium en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.2.3 Sodium et potassium

La teneur en sodium des échantillons est comprise entre 62 et 74 mg/l et la teneur en potassium est comprise entre 7(témoins) et 10mg/l pour tous les échantillons. On remarque que la teneur en potassium est moins importante pour les témoins comparés aux autres point de prélèvement. Ceci peut être due à la présence des animaux (excrément) autour des réservoirs.



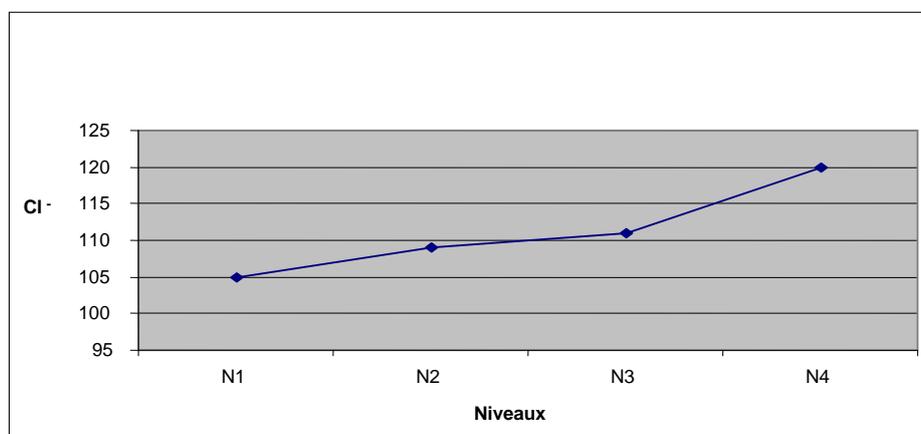
**Figure 10: Variations moyennes de sodium en fonction des niveaux de prélèvement**



**Figure 11: Variations moyennes de potassium en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.2.4 chlorure

Au niveau de tous les points de prélèvement la teneur en chlorure est comprise entre 103 mg/l et 130 mg/L. La courbe de variation moyenne montre une augmentation de la teneur en chlorure au cours de circuit de prélèvement. Cette augmentation peut être expliquée par un traitement (chlore) effectuer de temps en temps au niveau de bassin, charrette et ménage. Les valeurs trouvées sont conformes aux normes de l’OMS (200 mg/l).

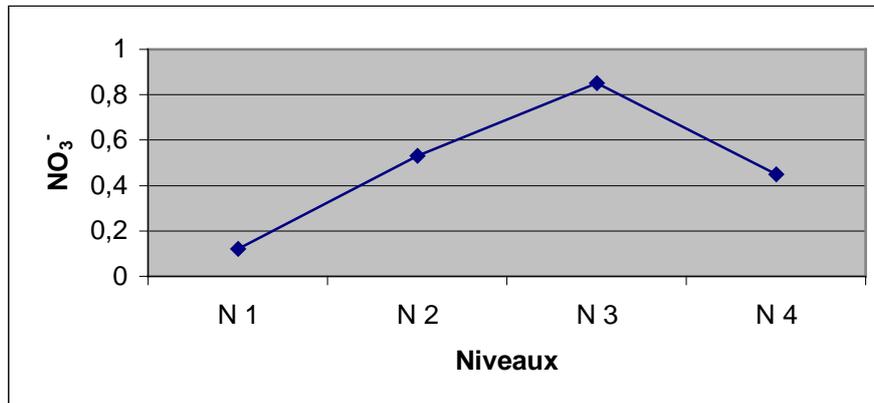


**Figure 12 : Variations moyennes de chlorure en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.2.5 Nitrates

La teneur en nitrates varie au cours de l’étude entre 0,121mg/l(témoin) à 1,28 mg/l pour le premier prélèvement(t1 )et de 0,120mg/l(Témoin) à 1,13mg/l pour le deuxièmes prélèvement(t2) et 0 ,120mg/l(Témoin) à 1.13 pour le troisième prélèvement (t3). La norme est de 50mg/l selon l’OMS. Bien que le nitrate n’ait pas d’effets toxiques directs sauf à des

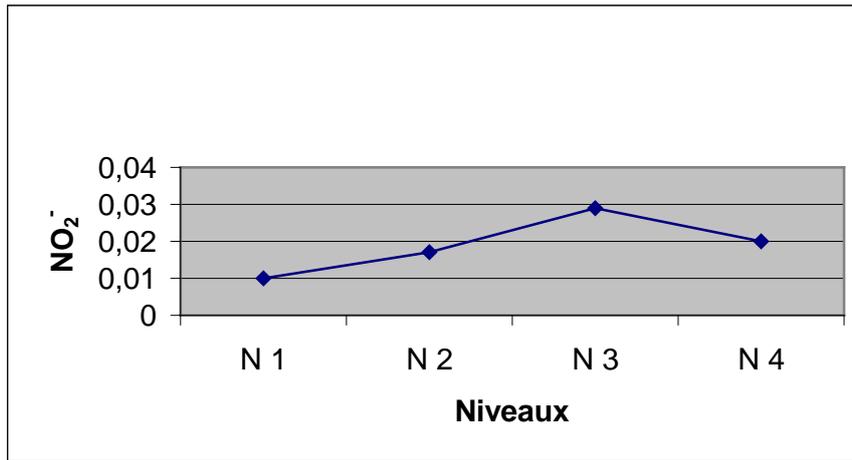
doses élevées, le fait qu'il puisse donner des nitrites induit une toxicité. On remarque que la teneur en nitrates est moins importante pour les témoins que pour les autres sites de prélèvement. Cette augmentation peut être considérée comme une pollution due à des infiltrations des matières fécales provenant des animaux qui se trouvent au tour de borne fontaine probablement.



**Figure 13: Variations moyennes de nitrate en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.2.6 Nitrites

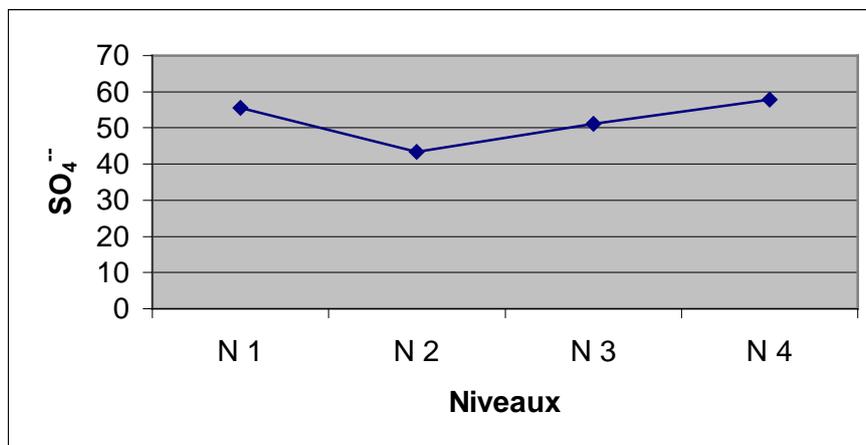
Le nitrite est un élément indicateur de la pollution. La teneur en nitrite a varié au cours de l'étude de 0,001mg/l à 0,0370 mg/l pendant le premier prélèvement (t1) et de 0 mg/l à 0,062mg/l pendant le deuxième prélèvement (t2) et de 0mg/l à 0.037mg/l pendant le troisième prélèvement, le taux normal en nitrite est fixé à 0,1mg/l selon l'OMS. Le nitrite étant toxique pour l'organisme humain, la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant. La courbe de variation montre que la teneur en nitrates est moins importante pour le niveau1 (N1) que pour les autres points de prélèvement. Cette augmentation peut être expliquée par l'existence des contacts entre les déchets et ces points d'eau.



**Figure 14: Variations moyennes de nitrite en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.2.7 Les sulfates

La teneur en sulfate est comprise entre 26,41mg/l et 108mg/l pour différents points de prélèvement et on n'a pas noté des variations importantes entre les témoins et les autres échantillons. Les valeurs trouvées sont toutes en accord avec les normes de l'OMS (150mg/l).

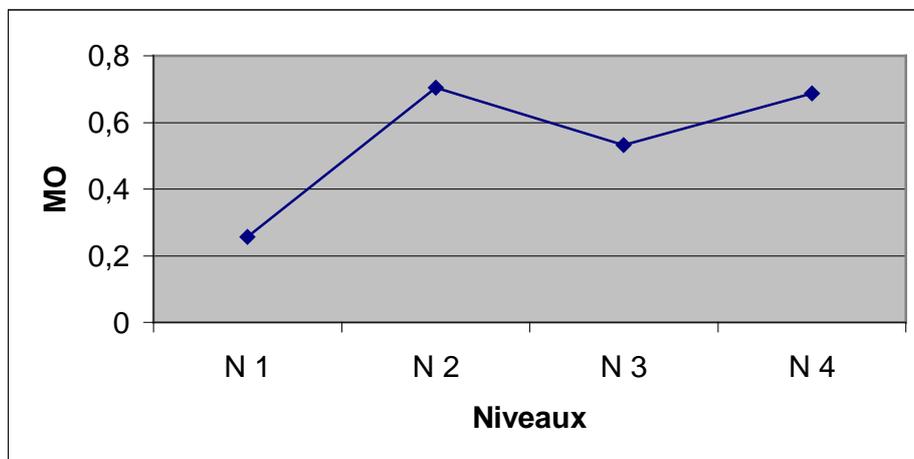


**Figure 15: Variations moyennes de sulfate en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.2.2.8 Matière organique

La teneur en matière organique a varié au cours de l'étude entre 0,256mg/l et 0,512, 0,256mg/l et 0,704 et enfin 0,256mg/l et 1,150mg/l respectivement pendant le premier, le deuxième et le troisième prélèvement. On remarque que la teneur en matière organique est moins importante pour le témoin (N1) que pour les autres points de prélèvement ; cette augmentation peut être expliquée par les micropolluants résultant des activités humaines

(charretier, technique de puisage. etc.) et/ou la présence des animaux autour du réservoir. Les valeurs trouvées sont toutes dans les normes de l'eau potable selon l'OMS (valeurs limite 5mg/l)



**Figure 16: Variations moyennes de matière organique en fonction des niveaux de prélèvement**

### VI.3 Résultats d'analyse Bactériologique

Sur le tableau 7 nous avons reportées les résultats des analyse bactériologiques à  $t_1$

Echantillon	Coliformes totaux 100ml à 37°C	Coliformes fécaux 100ml à 44°C	Streptocoques fécaux 100ml à 37°C
Témoin	0	0	0
Borne fontaine	88	42	106
Charrette1	96	76	40
Maison 1	88	60	24
Charrette 2	164	56	32
Maison 2	50	6	22
Charrette3	56	16	6
Maison3	64	24	8

**Tableau 7: Résultats d'analyse bactériologique en ( $t_1$ )**

Date de Prélèvement le 04/03/07 ( $t_1$ )

**Sur le tableau 8 nous avons reportées les résultats des analyse bactériologiques à t<sub>2</sub>**

Echantillon	Coliformes totaux 100ml à 37°C	Coliformes fécaux 100ml à 44°C	Streptocoques fécaux 100ml à 37°C
Témoin	0	0	0
Borne fontaine	180	102	92
Charrette1	136	96	84
Maison 1	88	60	12
Charrette 2	164	60	66
Maison 2	0	0	0
Charrette3	88	58	65
Maison3	26	14	12

**Tableau 8: Résultats d'analyse bactériologique à t<sub>2</sub>**

Date de Prélèvement le 04/05/07 (t<sub>2</sub>)

**Sur le tableau 9 nous avons reportées les résultats des analyse bactériologiques à t<sub>3</sub>**

Echantillon	Coliformes totaux 100ml à 37°C	Coliformes fécaux 100ml à 44°C	Streptocoques fécaux 100ml à 37°C
Témoin	0	0	0
Borne fontaine	210	108	106
Charrette1	176	104	90
Maison 1	100	60	68
Charrette 2	160	82	80
Maison 2	86	42	52
Charrette3	74	58	46
Maison3	46	14	4

**Tableau 9: Résultats d'analyse bactériologique à t<sub>3</sub>**

Date de Prélèvement le 04/07/07(t<sub>3</sub>)

**Sur le tableau 10 nous avons reportés les moyennes des résultats des analyses bactériologiques.**

Niveau de prélèvement	Coliformes totaux 100ml à 37°C	Coliformes fécaux 100ml à 44°C	Streptocoques fécaux 100ml à 37°C
Niveau 1	0	0	0
Niveau 2	159	84	101
Niveau 3	123	67	56
Niveau 4	60	31	22

**Tableau 10: moyennes des résultats analyses bactériologiques**

## IV.4 Interprétation des résultats bactériologiques

### IV.4.1 Coliformes totaux

Le nombre de coliformes totaux varie au cours de l'étude entre 0 coliformes totaux (témoins) et 164 coliformes totaux, 180 et 210 coliformes totaux dans 100 ml d'échantillon respectivement pendant le premier, deuxième et le troisième prélèvement. Les résultats montrent une absence totale de coliformes totaux dans l'eau de source (témoin). On constate aussi une absence des coliformes dans l'eau de la maison N° 2 pendant le deuxième prélèvement. Cette absence peut être expliquée par une désinfection (à l'eau de javel) dans cette maison. Le nombre de coliformes totaux dans tous les restes des échantillons analysés dépasse la valeur admise par la norme de l'OMS (0 coliformes totaux dans 100ml d'échantillon).

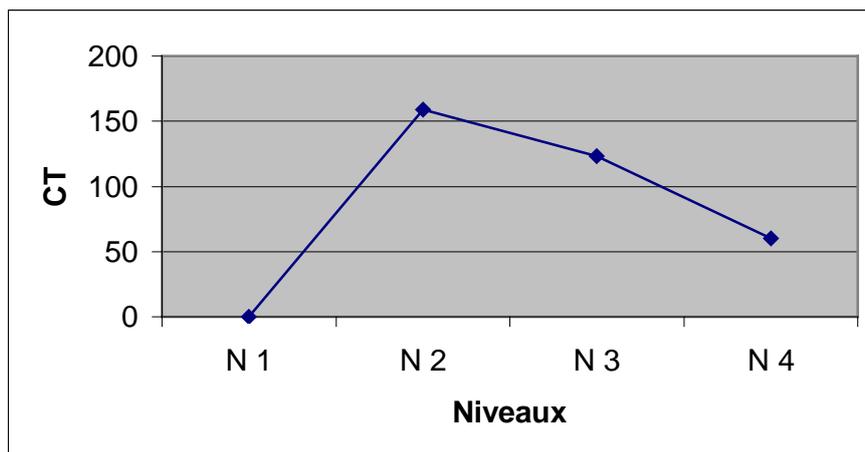
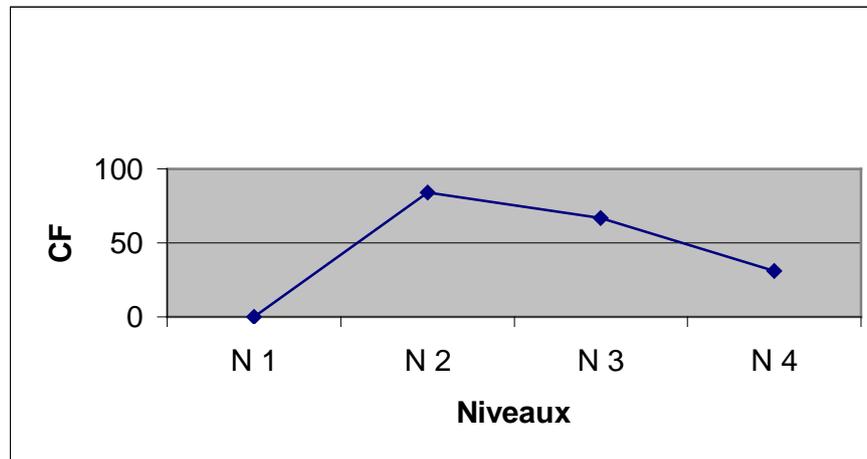


Figure 17: Variations moyennes de CT en fonction des niveaux de prélèvement

### IV.4.2. Coliformes fécaux

Le nombre de coliformes fécaux varie au cours de l'étude de 0 coliforme fécaux (témoin) dans 100 ml d'échantillon à plus de 76 coliformes fécaux dans 100 ml d'échantillon pendant le première prélèvement et de 0 coliforme fécal (témoin) dans 100 ml d'échantillon à plus de 102 coliformes fécaux dans 100 ml d'échantillon pendant le deuxième prélèvement et de 0 coliformes fécaux (témoin) dans 100 ml d'échantillon à plus de 108 coliformes fécaux dans 100 ml d'échantillon pendant le troisièmes prélèvement.

Le nombre de coliformes fécaux dans les eaux analysées dépasse la norme de l’OMS (0 coliformes fécaux dans 100ml d’échantillon) excepté l’eau de château (témoins) qui répond à la norme OMS et la maison N° 2 pendant le deuxième prélèvement, la potabilité de l’eau de cette maison s’explique par une désinfection à l’eau de javel.



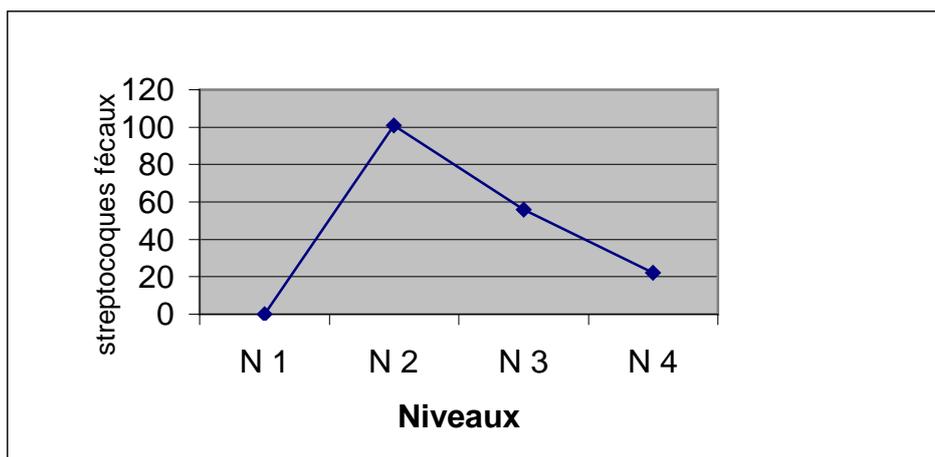
**Figure 18: Variations moyennes de CF en fonction des niveaux de prélèvement**

#### IV.4.3 Les streptocoques

Le nombre des streptocoques a varié entre 0 streptocoque fécal (témoin) et 106 streptocoques fécaux dans 100ml d’échantillons pendant le premier prélèvement, pendant le deuxième prélèvement le nombre de streptocoque varie entre 0 s treptocoque fécal (témoin) et 92 streptocoques fécaux dans 100 ml d’échantillon, pendant le troisièmes prélèvement, le nombre de streptocoques varie entre 0 s treptocoque fécal (témoin) et 106 s treptocoques fécaux dans 100 ml d’échantillons.

On remarque une absence totale des streptocoques au cours de cette étude dans l’eau de source (témoin) et l’eau de la maison N° 2 pendant le deuxième prélèvement. La potabilité de l’eau de cette maison s’explique également par une désinfection à l’eau de javel.

Les courbes de variations de contaminations (coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux) en fonction des sites de prélèvement nous montrent une forte contamination au niveau des bornes fontaines et une diminution de celle-ci au niveau des charrettes et dans les maisons. Cette diminution peut être expliquée par une désinfection probable opérée de temps en temps par les charretiers et au niveau des ménages.



**Figure 19: Variations moyennes de streptocoques fécaux en fonction des niveaux de prélèvement**

Les résultats montrent que l'eau des sources (témoins) est bactériologiquement de bonne qualité. L'absence des coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux au niveau des témoins et leur présence dans les restes de points d'étude atteste d'une pollution secondaire des eaux de boissons distribuées (borne fontaine, charrette et maison) dans les quartiers périphériques de la ville de Nouakchott cette pollution pouvant s'expliquer par :

- Emplacement du réservoir par-rapport au bâtiment voisin et au source de contamination possible (fosse septique) ?
- L'absence de margelles et de couvercle au niveau de bassin ;
- Absence d'un tablier imperméable autour du réservoir ;
- Absence de drainage superficiel autour des réservoir et présences de flaques d'eau ;
- Technique de puisage (placement du pied sur le bord, contact entre le sceau de puisage et la boue, le type de corde, etc....) ;
- Présence des animaux autour du réservoir ;
- Technique et fréquence de nettoyage ;
- Technique de remplissage ;
- Accumulation de déchets autour du réservoir ;
- Absence de pente de terrain.
- Pratique d'aspirer l'eau avec la bouche ;
- Type de fût ;
- Les types de couvertures en sac ou en tissus qu'ils utilisent pour fermer les fûts après la prise d'eau ;

- Le non entretien des raccords qui restent traîner sur le sol ;
- L'inefficacité de la désinfection.

# **CONCLUSION GENERALE**

Cette étude consiste à évaluer la pollution secondaire de l'eau de boisson distribuée dans les quartiers périphériques de la ville de Nouakchott, où le réseau de distribution de l'eau se limite à des bornes fontaines.

Les différents sites étudiés indiquent des résultats aléatoires qui ne dépendent pas de la période de collecte.

Les résultats obtenus par des analyses physico-chimiques et bactériologiques, montrent que l'eau du réseau est initialement de bonne qualité. L'eau de bornes fontaines secondaires, l'eau des charrettes et l'eau des ménages sont bactériologiquement polluées ; par contre leurs paramètres physico-chimiques répondent aux normes de potabilité.

L'absence des coliformes totaux, des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux au niveau du réseau (source) et leur présence dans le reste des points de prélèvement atteste d'une pollution secondaire des eaux de boissons distribuées (borne fontaine, charrette et maison) dans les quartiers périphériques de la ville de Nouakchott.

Nous avons aussi constaté au cours de cette étude que les paramètres bactériologiques et certains paramètres physico-chimiques tels que les nitrates, les nitrites et l'oxydabilité, ont connue une augmentation pendant le circuit de distribution de l'eau dans les quartiers périphériques de la ville de Nouakchott.

Pour améliorer la qualité des eaux distribuées dans les quartiers périphériques, nous proposons les solutions suivantes:

- A court terme, il faut sensibiliser les populations et les inciter à traiter leur eau avant la consommation, et les rassurer qu'on peut faire reculer toutes les maladies hydriques par un approvisionnement suffisant en eau potable et par l'amélioration de l'assainissement et des conditions d'hygiène.
- A moyen terme, assurer l'approvisionnement en eau par le réseau d'adduction moderne fournissant de l'eau potable aux quartiers non raccordés.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- [1] **Mohamed Ould Sid'Ahmed Ould KANKOU (2004)** Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie. Thèse de Doctorat, l'université de Limoges, option Chimie et Microbiologie de l'Eau, P: 26, 27, 33, 239p. France.
- [2] **Fatimetou mint Mohamed El Bezeid(2007)** Evaluation des risques environnementaux qui menacent la zone côtière de Nouakchott et les solutions possibles(Mauritanie) mémoire DESA . P 8 ,17 ,18p.
- [3] **Roughaya mint MOHAMAMED ABDOULLAH et Nagi ould ZEINE OULD MOHAMAMED (2005)** La qualité physico-chimique et bactériologiques de l'eau distribuée à Nouakchott (Mauritanie) mémoire de maîtrise P : 8.
- [4] **Bakari Mohamed séméga** desserte en eau à Nouakchott, article paru au quotidien national HORIZONS édition du 18 janvier 2006.
- [5] **H. Leclerc, D.A.A. Mossel (1989)** le tube digestif L'eau et les aliments, Editions doin, Paris P : 279
- (6) **OMS., (1996)-** Rapport sur la santé dans le monde, résumé d'orientation.  
<URL: <http://www.oms.ch/whr/1998/exum98f.htm>
- [7] **J. Rodier (1984)** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eau résiduaires, eau de mer, 7<sup>e</sup> édition P: 67 Paris.
- [8] **M<sup>elle</sup> RAHMANI Fatima,(1995)** Mémoire de troisième Cycle, Contribution à l'étude de la pollution bactériologique du bas Sebou, I.A.V Rabat, P: 4.
- [9] **Mohamed OUKHOUYA,(1999)** Etude de la valorisation agricole de deux composts d'ordures ménagères. Mémoire de troisième cycle, option sciences du sol, I.A.V HASSANII, P: 26.
- [10] **Eby Ould Mohamedou (2006)** Evaluation de la qualité physico-chimique et métallique des eaux du fleuve Sénégal : Cas du Delta Mauritanien localisé dans la ville de Rosso.
- [11] **Kassim Coulibaly (2005)** étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako Thèse de Doctorat, l'université de Bamako Faculté de Médecine de Pharmacie et D'Odontostomatologie (Mali)

[12] **Rodier J., (1996)** Analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer-8<sup>e</sup> édition, Dunod, Paris.

[13] **Barbalat**, Contrôle microbiologique des eaux, L'Information du Biotechnicien, Tome 1 N°4 (1993) 203-209.

[14] Milieux et réactifs de laboratoire Pasteur, Institut Pasteur production, 1988. 3<sup>e</sup> édition.

[15] **Bakari Mohamed séméga (2007)**. Santé et environnement : impacts de la qualité des eaux sur la santé, Horizon n° 4412 de 06 février 2007.

[16] **Belhaj A., (2001)**- Les épidémies d'origine hydrique dans le monde- Synthèse Technique-ENGRET centre de Montpellier et OIE de Limoges, pp 1-16.

[17] **AFNOR**. Qualité de l'eau Tome 3. Méthodes d'analyse 2, Eléments majeurs, autres éléments et composés minéraux paris 1997 p : 13

[18] **PULIM**. L'eau et la santé en Afrique tropicale colloque pluridisciplinaire Géographique. Médecine

