



## Mémoire de Stage de Fin d'Etudes

*Master Sciences et Techniques*  
*Eau et Environnement*



### Caractérisation de la composition chimique des eaux usées traitées de la STEP de Sebkhha (Nouakchott)

Par :

**Beyade Sidi Salem**

Sous la direction de :

Ahmed TOUIL (FST- Marrakech)

Abdelahi Demba N'DAYE (INRSP – Nouakchott)

Soutenu le 29 juin 2013 devant la commission d'examen composée de :

A .TOUIL (FST- Marrakech)

Encadrant

A. BENKADDOUR (FST- Marrakech)

Examineur

A. HAFID (FST- Marrakech)

Examineur

# Remerciement

Au terme de ce rapport, j'ai le réel plaisir d'exprimer mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont accompagné au cours de la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, je tiens à exprimer mes remerciements et reconnaissances, les plus distingués, envers mon encadrent Monsieur Ahmed TOUIL professeur à la FST de Marrakech qui a accepté d'encadrer mon travail et m'a apporté de précieux conseils pour la réalisation de ce mémoire.

J'exprime également mes remerciements à mon Co-encadrent Monsieur Abdelahi Demba N'DAYE Ingénieur Principal au Laboratoire de Chimie de l'eau de l'Institut National de Recherches en Santé Publique de Nouakchott

Mes remerciements s'adressent aux membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail.

Mes remerciements sont adressés à tout nos professeurs et formateurs à la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech.

Mes remerciements et mes gratitudes vont aussi à tous les personnels de la INRSP particulièrement à tous les ingénieurs et techniciens de Laboratoire Chimie de l'Eau.

Je suis également reconnaissant à mes collègues du Master pour tous les bons moments que nous avons partagés ensemble pendant toute la période de formation.

Enfin je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à ma formation et à la réalisation de ce mémoire, et dont les noms ne figurent pas dans ce document. Que toutes ces personnes trouvent ici l'expression de ma profonde estime et gratitude

# Dédicace

Je dédie ce travail

À

Mon cher père qui a toujours été près de moi, pour m'écouter et me soutenir,  
Puis ce travail exprime le respect et l'amour que je lui porte ;

Ma chère mère qui n'a jamais épargné un effort pour m'aider et m'encourager.  
Veuillez trouvez en ce travail la consolation et le témoin de la patience et de  
l'amour ;

Mon grand-père et ma grand-mère. qui m'ont accordé toute l'aide et le  
soutien voulu, qui m'ont garanti un amour que nul n'oublie et m'ont  
guidé avec leurs conseils intangibles dans la conception de notre personnalité ;

Ma chère Tante Toutou Ment Salem qui a éclairée mon chemin et qui m'a  
encouragé et soutenue tout au long de mes études ;

Mes oncles: Ahmed Salem et Mohamed Salem

Mes chères sœurs : Emimi, Aiche, Soukeina

Et en fin à toutes mes amies

## Table des Matières

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction .....	1
I-1 Situation géographique .....	3
I.2 Cadre géologique général .....	4
I.2.1 Quaternaire .....	5
I.2.2 Le Maastrichtien (secondaire) .....	6
I.2.3 Le paléocène et l'Eocène .....	7
I.2.4 Mio-pliocène (Le Continental Terminal) .....	7
I.3 Caractéristiques climatiques .....	7
I.3.1 Température .....	7
I.3.2 Pluviométrie : .....	8
I.3.3 le vent .....	9
I.4 Contexte socio-économiques .....	10
I.4.1 Situation administrative .....	10
I.4.2 Situation urbanistique .....	10
I.5 Ressource en eau de la ville de Nouakchott .....	11
I.5.1 Ressource en eau souterraine .....	12
I.5.2 Ressource en eau surface .....	14
Chapitre II : Pollution des eaux .....	16
II-1 définition .....	17
II.2 Mode de pollution .....	18
II.2.1. Pollution accidentelle .....	18
II.2.2 Pollution diffuse .....	18
II.2.3 Pollution anthropique .....	18
II.3 Les type de pollution .....	19
II.3.1 La pollution chimique .....	19
II.3.2 La pollution physique .....	19
II.3.3 La pollution microbiologique .....	20
Chapitre III : traitement des eaux usées de la ville de Nouakchott .....	21
III.1 Définition des eaux usées .....	22
III.1.1 Les eaux usées urbaines : .....	22
III.1.2 Les eaux usées industrielles .....	22

III.2 Station d'épuration de la ville de Nouakchott .....	22
III.2.1 Situation de la station de traitement .....	22
III.2.2 Objectif de la mise en place de la STEP :.....	23
III.2.3 Traitement des eaux usées au niveau de la STEP d'Nouakchott.....	24
III.3 Réutilisation des eaux usées en agriculture .....	29
Chapitre.VI : Résultats et Discussions .....	30
VI. Aspect Qualitatif des effluents de la STEP du périmètre maraicher du Sebkha .....	31
VI.1 Paramètres physique.....	32
VI.2. Paramètres physicochimiques .....	35
VI.3 les paramètres métalliques .....	40
Conclusion Générale .....	47
Références bibliographiques .....	48

## Liste de Figures

Figure 1 : Carte de localisations de la zone d'étude .....	3
Figure 2 : Les grands ensembles géologiques de la Mauritanie (BRGM 1987 ).....	4
Figure 3 : Coupe géologique et hydrogéologique du bassin côtier entre Nouakchott et Boutilimit (Séméga, 1995).....	5
Figure 4 : Localisation du lac de R'kiz et Lac d'Aleg.....	6
Figure 5 : Variations des températures maximale et minimale à Nouakchott pour l'année 2012 (Lkwéri, 2012).....	8
Figure 6 : Pluviométrie de la ville de Nouakchott pour l'année 2012 (Lkwéri, 2012).....	9
Figure 7 : Les Moughatas de la ville de Nouakchott.....	10
Figure 8 : Evolution de l'extension urbaine de la ville de Nouakchott entre 1978 et 2006.....	11
Figure 9 : Carte géographique du Champ Captant d'Idini .....	12
Figure 10: Carte piézométrique du CT au sud-est du Trarza (BRGM ,1967).....	13
Figure 11 : Carte hydrologie du bassin versant du fleuve Sénégal .....	15
Figure 12 : Schéma Synoptique de la STEP de Nouakchot .....	28
Figure 13 : Variations de la Température durant le moi d'Avril.....	32
Figure 14 : Variations du pH durant le moi d'Avril .....	33
Figure 15 : Variations de conductivité et la TDS durant le moi d'Avril .....	33
Figure 16 : Variations de Turbidité durant le moi d'Avril .....	34
Figure 17 : Variations de la concentration du chlorure durant le moi d'Avril .....	35
Figure 18 : Variations de la concentration du Calcium et Magnésium .....	36
Figure 19 : Variations de la concentration du bicarbonate.....	37
Figure 20 : Variations de la concentration du Sulfate .....	37
Figure 21 : Variations de la concentration d'Ammonium.....	38
Figure 22 : Variations de la concentration du Phosphate .....	39
Figure 23 : Variations de la concentration du Potassium .....	39
Figure 24 : Variations de la concentration du DCO .....	40
Figure 25 : Variations de la concentration de Fer .....	41
Figure 26 : Variations de la concentration de la Manganèse.....	42
Figure 27 : Variations de la concentration d'Aluminium.....	42
Figure 28 : Variations de la concentration du Cuivre.....	43
Figure 29 : variations de la concentration de la Plomb .....	44
Figure 30 : variations de la concentration du Cadmium.....	44
Figure 31 : Variations de la concentration d'Arsenic.....	45
Figure 32 : Diagramme de classification de l'eau d'irrigation.....	46

## Liste de Tableaux

Tableau 1 : Paramètres physicochimiques des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott (N'DIAYE et al, 2011).....	27
Tableau 2: Paramètres physiques des eaux usées de la STEP .....	31
Tableau 3 : Paramètres chimiques des eaux usées de la STEP .....	31
Tableau 4 : Paramètres métalliques des eaux usées de la STEP .....	31
Tableau 5 : Résultats des analyses durant le moi d'Avril.....	63
Tableau 6 : Paramètre Toxique.....	64
Tableau 7 : Les ions toxiques (affectant les cultures sensibles).....	65
Tableau 8 : Effet divers (affectant les cultures sensibles) .....	65

## **Chapitre I : Généralités sur la ville de Nouakchott**



## Introduction

L'utilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture est un bon moyen pour les pays en pénurie d'eau de recycler les eaux usées de façon profitable et, ainsi, d'utiliser plus efficacement leurs ressources d'eau.

La réutilisation des eaux usées s'accompagne toujours d'impacts et de risques qui peuvent s'opérer à différents niveaux: du maraîcher et de son entourage, aux habitués des zones d'utilisation, intervenants dans le circuit de production, produits des cultures, consommateurs des produits, aux animaux jusqu'à la nappe souterraine. Les risques, en général d'ordre sanitaire, sont liés à la non élimination de certains éléments et composés chimiques et à la survie des germes.

Pour les eaux de la station d'épuration de Nouakchott, quelques paramètres physico-chimiques sont caractérisés à travers des profils d'épuration. Ces derniers indiquent que le traitement mis en œuvre, clarifie les eaux usées, en éliminant une part importante (plus de 90 %) des éléments qui contribuent à la turbidité et à la charge organique alors que les éléments dissous rentrant dans la minéralisation, ne sont épurés qu'à hauteur de 30 %. Cette élimination étant faible et si les eaux usées brutes renferment des métaux lourds à des concentrations élevées (dont la présence entraîne l'intoxication de certaines cultures sensibles), les effluents se retrouveront encore avec des quantités résiduelles notables et non appropriées pour l'usage agricole (Séméga, 2006).

C'est dans ce contexte nous nous sommes intéressés à l'étude de la qualité physicochimique et métallique des effluents de la STEP (Station de Traitement des Eaux Polluées) en vue de l'évaluation de son aptitude à l'irrigation maraîchère.

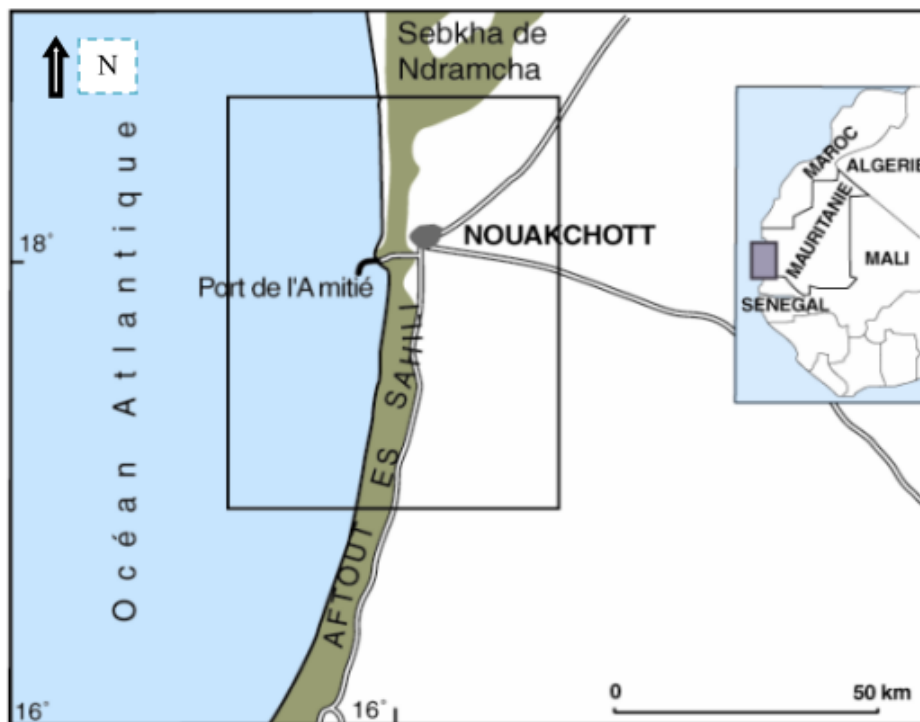
Cet ouvrage, outre l'introduction et la conclusion générale, est composé de Cinq chapitres qui se présentent comme suivant :

- Le premier chapitre dévolu le cadre général du site de travail, donne un aperçu général sur la zone d'étude à travers son contexte géographique, géologique, hydrogéologique, hydroclimatiques, et les facteurs socio-économiques ;
- Le deuxième chapitre concerne la pollution de façon générale ;

- Le troisième chapitre concernera les différentes méthodes de traitement qui sont utilisés pour épurer les eaux usées
- Le quatrième chapitre comporte les Résultats et la Discussion ;
- Une conclusion générale présentant les principaux résultats acquis au cours de ce travail clos ce mémoire;
- Une liste de Références Bibliographiques, ainsi que les annexes sont données en dernières pages.

## I-1 Situation géographique

La ville de Nouakchott, se trouve à environ 5 Km de l'océan atlantique (18°07' N et 16°05' W) à l'extrémité occidentale d'un cordon dunaire continental (figure1) et comporte des dépressions allongées Nord -est et Sud- ouest. Le noyau initial de la ville s'est développé sur un plateau dunaire d'altitude moyenne de 7 à 8 m pour former le quartier actuel du Ksar. De nombreuses agglomérations d'habitation se trouvent même sous le niveau de la mer et sont ainsi exposées à des remontées de la nappe phréatique saumâtre et à des intrusions marines.



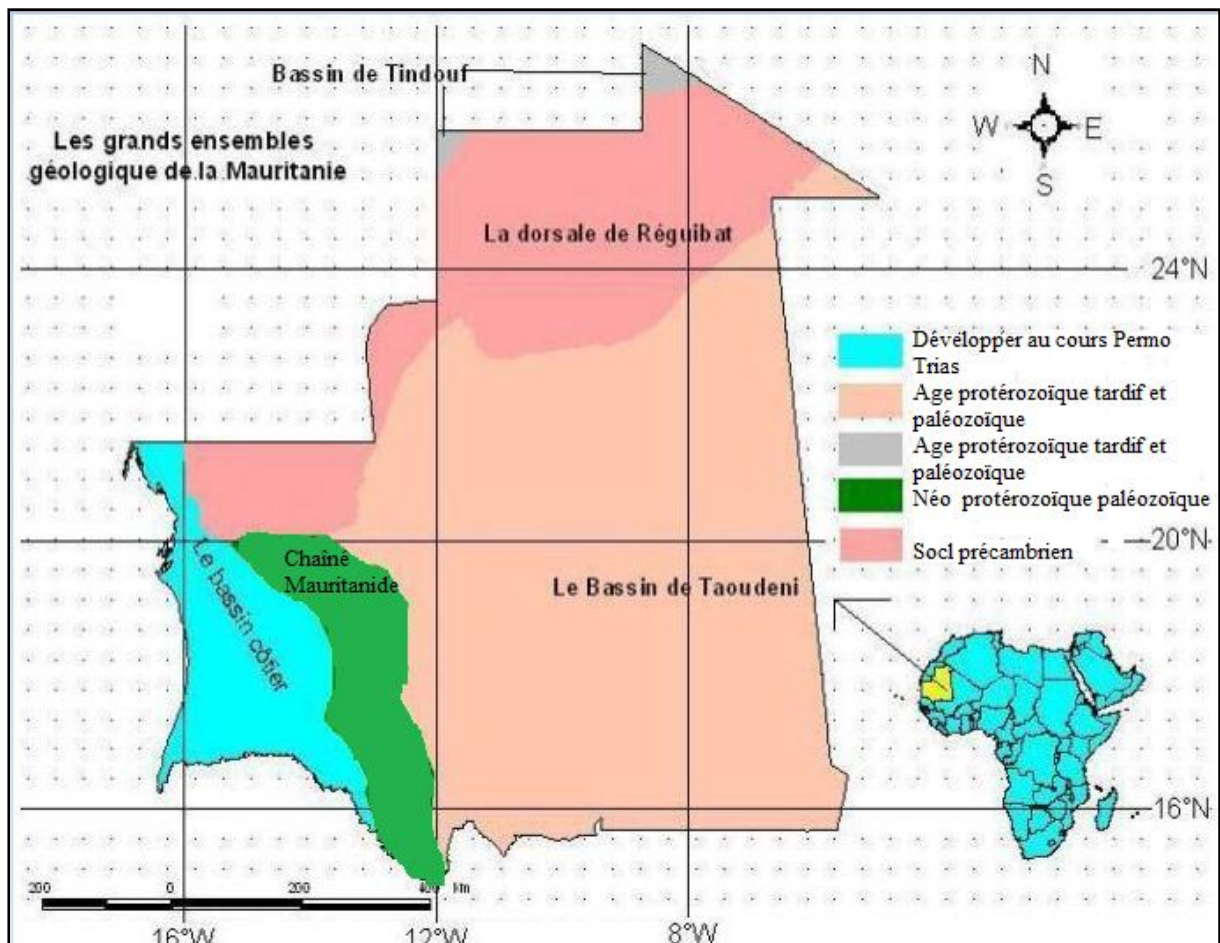
**Figure 1 : Carte de localisations de la zone d'étude**

La ville de Nouakchott est séparée de l'océan par un mince cordon littoral ainsi que d'une dépression sous forme de Sebkh. Elle abrite près d'un million d'habitants soit plus d'un quart de la population totale mauritanienne. Elle s'étend sur toute la partie ouest de la Mauritanie, couvre une superficie de près de 100 000 km<sup>2</sup>. La région de Nouakchott est caractérisée par une plage basse, sableuse et ventée, possédant un trait de côte remarquablement régularisé et d'orientation générale Nord- Sud avec toutefois une légère incurvation vers l'Est. Du point de vue géomorphologique, la région est composée d'une zone littorale à l'ouest, d'une sebkh (plaine saline) au centre et des dunes de sable désertique à l'est. Isolée de la mer par un cordon, la plaine littorale, large de 4 à 5 km, a une altitude générale plus basse que le niveau de la mer.

La position de la ville en façade maritime, conjuguée à la présence d'un courant marin froid lui confère les caractères climatiques d'un désert côtier.

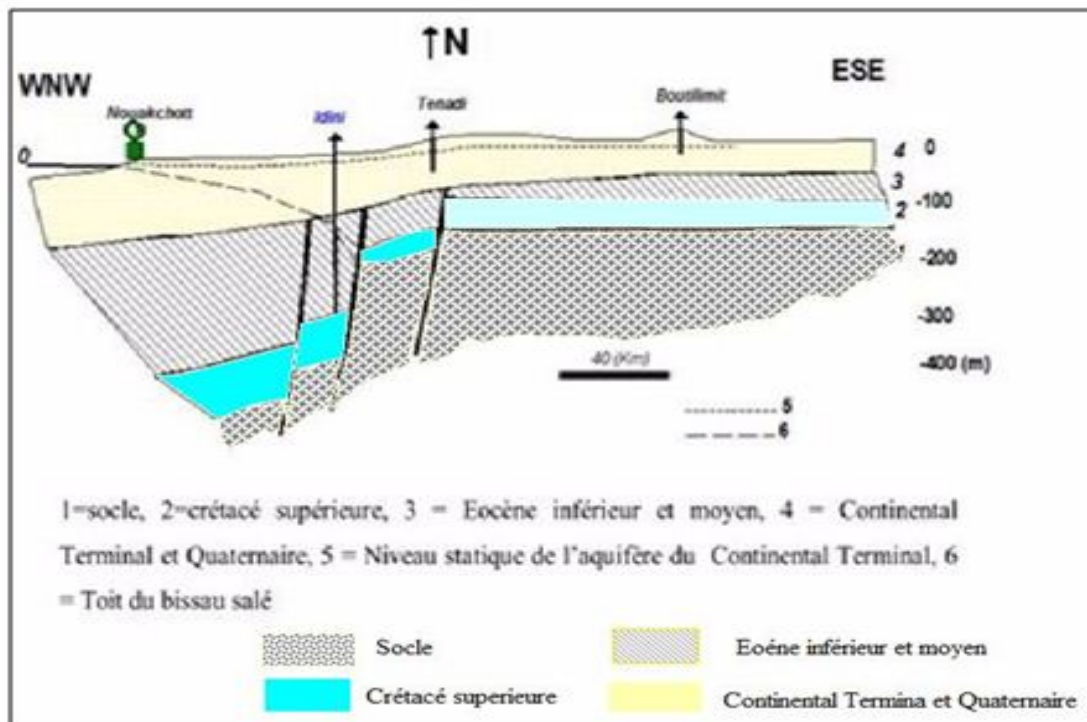
## I.2 Cadre géologique général

La région de Nouakchott fait partie du bassin sédimentaire côtier sénégalo-mauritanien. Elle est située entre la chaîne des Mauritanides (d'âge Paléozoïque) à l'Est et l'océan Atlantique à l'Ouest (figure 2). Le bassin sédimentaire côtier occupe la dépression du golf sénégalo-mauritanien, en bordure de la plate-forme africaine et renferme des dépôts détritiques marins et continentaux. Les dépôts sont constitués en grande partie par des formations du Continental Terminal (CT) d'âge Moi-pliocène qui reposent sur le socle granitique et métamorphique d'âge précambrien et recouvertes par des sables éoliens du Quaternaire (Caruba et Dars,1991).



**Figure 2 : Les grands ensembles géologiques de la Mauritanie (BRGM 1987 )**

Le socle granitique est fortement faillé suivant la direction Nord – Sud. Il s’enfonce vers l’Ouest en suivant une structure en marches d’escalier (Figure 3). L’épaisseur des terrains sédimentaires diminue très progressivement vers l’Est jusqu’aux zones d’affleurement du socle alors qu’à l’Ouest les terrains sédimentaires s’épaississent très rapidement, à la faveur sans doute d’accidents affectant le socle. La série litho-stratigraphique s’échelonne du crétacé au quaternaire.



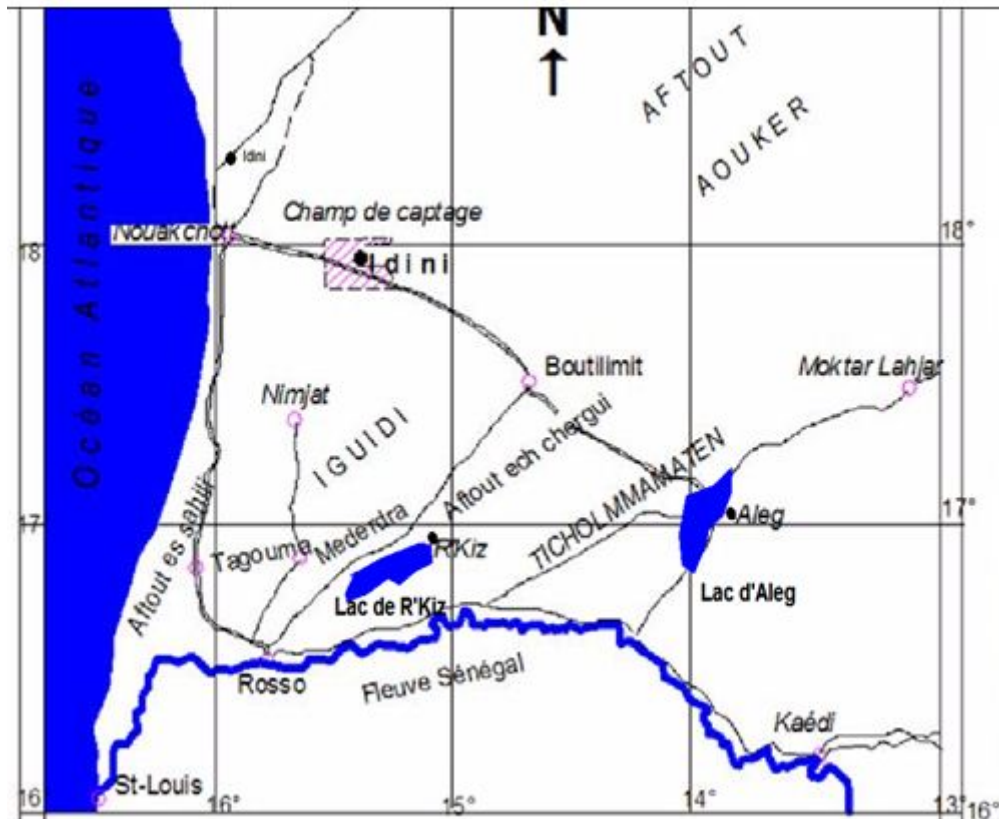
**Figure 3 : Coupe géologique et hydrogéologique du bassin côtier entre Nouakchott et Boutilimit (Séméga, 1995)**

### I.2.1 Quaternaire

Le Quaternaire est formé de dépôts marins et lacustres (grès glauconieux, grès ferrugineux, sables et faunes) et des formations éoliennes anciennes (Tafritien) et récentes (Nouakchotien) bien développées dans les vastes sebkhas côtières. Les dépôts sont en général peu épais pouvant atteindre 50 m. On y distingue :

- Des formations argileuses salifères et gypsifères à l’Ouest recouvrant une terrasse marine à coquillage et forment une bande étroite en bordure de mer appelé "Aftout Essahili" ;
- des formations lacustres dans l’Aftout Chergui (prolongement vers le Nord-est du lac R’kiz) : calcaire du lac R’kiz et de fond de Goud ;

- des formations alluviales sablo-argileuses de la vallée du fleuve Sénégal, de ses affluents et de lac d'Aleg ;
- Les sables dunaires (dunes rouges du Trarza) d'origine éolienne plus ou moins consolidés. Depuis les simples plaquages peu épais sur le substratum jusqu'aux dunes de plusieurs dizaines de mètres de hauteur. Ces formations très perméables peuvent contenir une nappe aquifère au dessus du substratum moins perméable.



**Figure 4 : Localisation du lac de R'kiz et Lac d'Aleg**

### **I.2.2 Le Maastrichtien (secondaire)**

Il est représenté par une formation argilo-sableuse azoïque atteinte par forage à Idini (50 Km à l'Est de Nouakchott), à une profondeur de 424 et 480 m. Ce faciès change de part et d'autre du lac R'kiz (200 Km au sud-est de Nouakchott). Il est sableux à l'est dans l'Amouchtil et le Brakna avec une épaisseur de l'ordre de 10 à 50 m. Dans le Trarza à l'Ouest c'est l'alternance des sables fins à grossiers avec des argilles pyriteuses et ligniteuses parfois. Il s'épaissit fortement et dépasse les 200 m à l'Ouest de R'Kiz. Par comparaison avec son épaisseur dans le forage Toundou Besset au Sénégal, l'épaisseur de ce faciès serait de l'ordre de 500 m.

Il contient un aquifère qui ne représente aucun intérêt pour l'adduction en eau potable de Nouakchott, du fait de sa très faible perméabilité ainsi que la forte salure de ses eaux qui est de l'ordre de 17 g/l.

### **I.2.3 Le paléocène et l'Eocène**

Le Paléocène et l'Eocène présentent une sédimentation à caractère essentiellement chimique et sont constitués de calcaires marneux et d'argiles surmontés par des marnes gréseuses et sableuses présentant une épaisseur très variable. Cette série, totalement absente au nord de Bénichab, présente une épaisseur d'environ 300 m à Idini, 210 m à Toundou Besset et dans la région de R'kiz (Caruba et Dars, 1991).

### **I.2.4 Mio-pliocène (Le Continental Terminal)**

Le Mio-Pliocène est représenté par une série détritique continentale d'épaisseur variable. Il est composé de niveaux d'argiles, sables grossiers, sables fins argileux, grès, grès argileux versicolores disposés en lentilles ou en niveau plus ou moins continu, que l'on regroupe sous le terme du Continental Terminal. Le Continental Terminal (CT) est un ensemble azoïque très hétérogène qui affleure en une large bande centrale Nord – Sud. La base du Continental Terminal est facilement identifiée par les argiles jaunes caractéristiques du toit de l'Eocène (Séméga, 1995).

Les alternances sablo-argileuses du continental Terminal présentent un aquifère multicouche envahi par l'eau salée sur la façade atlantique et la basse vallée du fleuve Sénégal. La fraction à eau douce du réservoir occupe une surface de 20000 km<sup>2</sup>, représentant la réserve d'eaux souterraines la plus importante de la Mauritanie.

## **I.3 Caractéristiques climatiques**

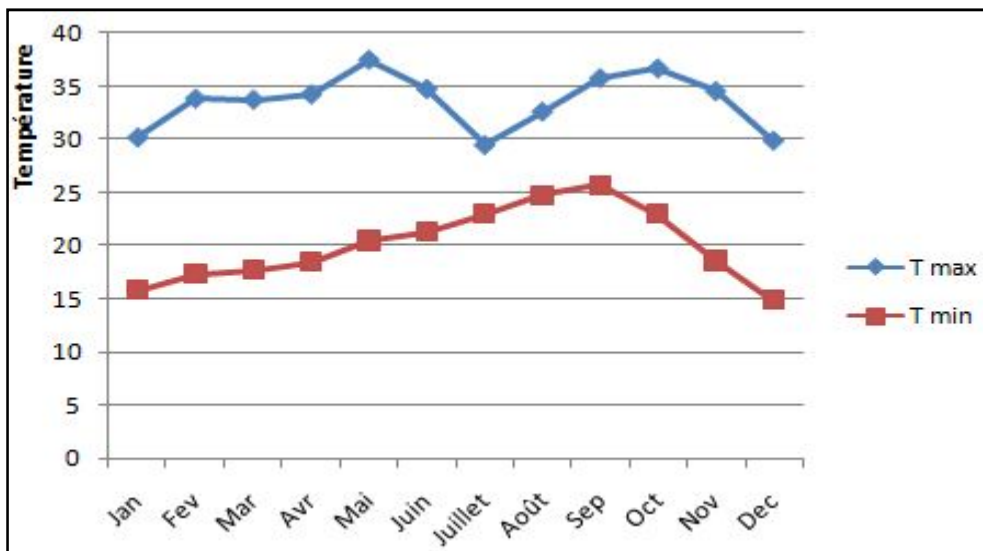
### **I.3.1 Température**

L'action des masses d'air polaires et la situation sur le littoral atlantique entraînent une diminution des températures par rapport à la partie continentale. Les écarts de températures, sont moins prononcés du fait de la proximité de l'océan. Les températures oscillent entre 29,5°C et 37,4°C pour les maxima et entre 14,9°C et 25,7°C pour les minima. Nouakchott connaît trois saisons climatiques (figure 5) :

une saison froide (d'octobre à janvier) bénéficiant de températures basses (15 à 30°C), d'une évaporation faible et d'une humidité importante.

une saison chaude (de février à juin) marquée par des températures élevées, surtout dans la journée mais adoucies le soir de (17,3 à 33,7).

une saison tiède et humide, de juillet à septembre et correspondant à la période pluvieuse.

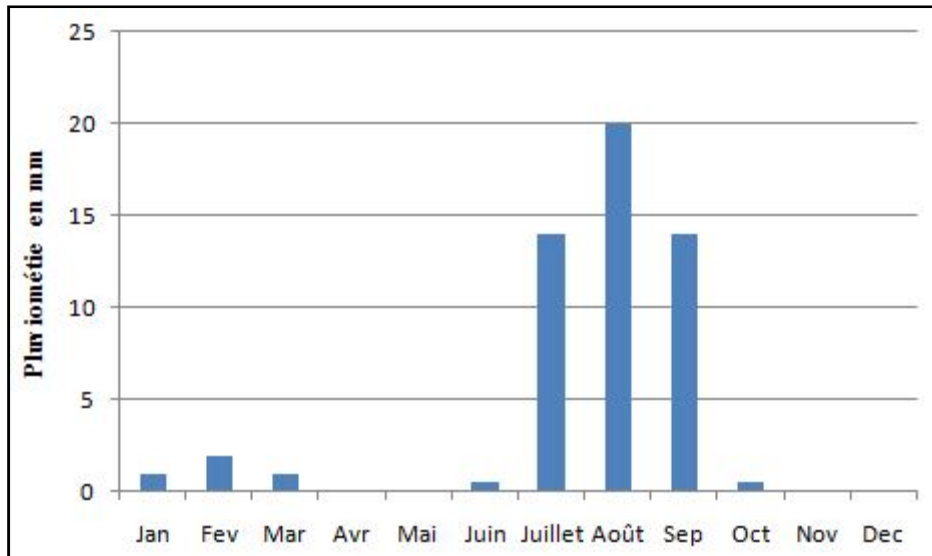


**Figure 5 : Variations des températures maximale et minimale à Nouakchott pour l'année 2012 (Lekwéri, 2012)**

### **I.3 .2 Pluviométrie :**

La position géographique de Nouakchott sur la bordure océanique du Sahara lui confère les caractéristiques d'un désert côtier marqué par la présence d'un courant marin froid. A l'image de la côte mauritanienne, Nouakchott connaît une pluviométrie très faible et irrégulière. La moyenne annuelle est inférieure à 100mm. Les précipitations les plus abondantes sont enregistrées entre juillet et septembre (figure 6).





**Figure 6 : Pluviométrie de la ville de Nouakchott pour l'année 2012 (Lkwéri, 2012)**

### I.3.3 le vent

Nouakchott est soumise à l'influence saisonnière de différents régimes de vents dont les plus fréquents proviennent des secteurs Nord, Nord-Ouest et Nord-Est à hauteur de 33 %, 22 % et 14 % respectivement.

1. L'alizé continental (harmattan), de direction dominante nord à nord-est. Ce vent provient des zones de hautes pressions thermiques (anticyclone du Sahara) qui règnent sur le Sahara d'octobre à décembre et sur la mer Méditerranée de décembre à février. C'est un vent d'origine continentale. Il est très sec, sa température varie largement entre le jour et la nuit et au cours de l'année. Il joue un rôle important dans les transports éoliens. Ces alizés sont les vents dominants.

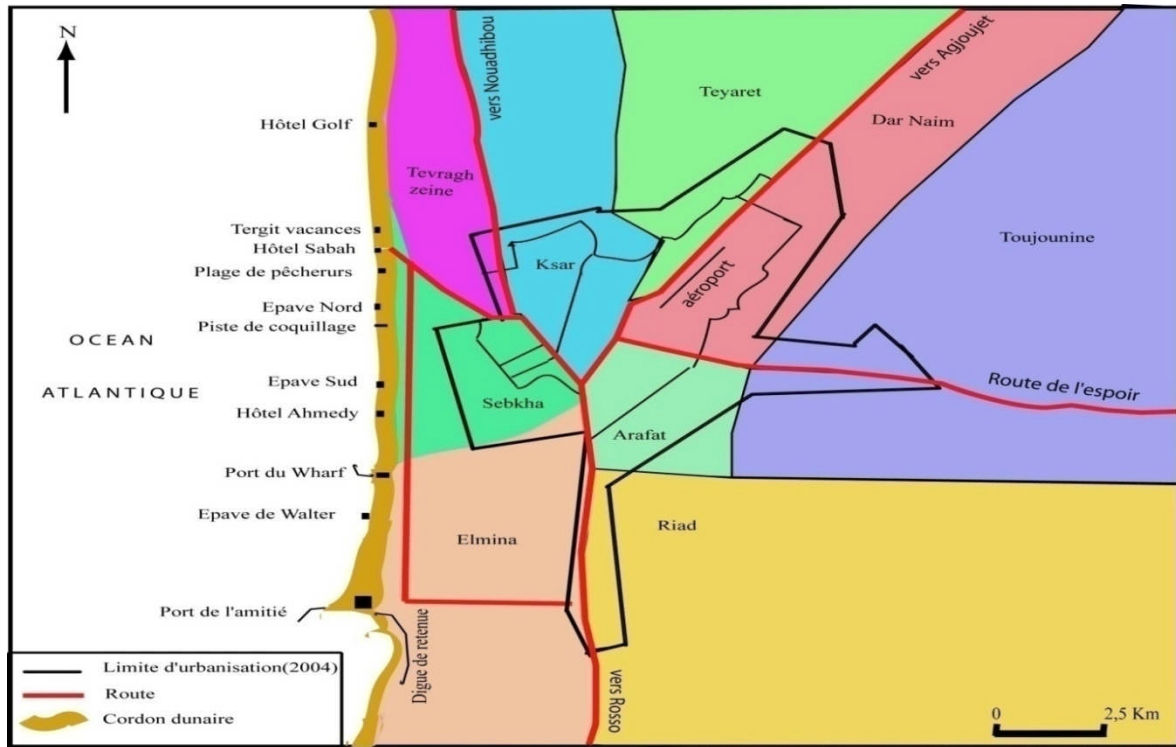
2. L'alizé maritime de direction dominante de nord à nord-ouest et d'une vitesse moyenne de 6 à 10 m/s. Il est frais et humide et a pour origine la zone des hautes pressions de l'anticyclone des Açores. Il souffle toute l'année et ne donne que de rares précipitations.

3. Les vents de mousson sont générés par l'anticyclone de Sainte-Hélène et sont de direction Ouest à Sud-Ouest. Ils sont à l'origine de faibles précipitations annuelles de courte durée. Le vent de mousson se fait sentir à partir de juin sur la Mauritanie méridionale et produit son effet maximum en août. Son action est limitée le long de la côte où il n'est pas suffisamment fort pour repousser l'alizé maritime.

## I.4 Contexte socio-économiques

### I.4.1 Situation administrative

L'agglomération urbaine de Nouakchott fait partie de la Wilaya de Nouakchott elle est divisée en 9 Moughataas ou départements (figure 7) qui sont : (Sebkha, EL Mina, TeyraghZeynaZein ,Teyaret, Dar Naim, Arafat, Riyadh,Toujinin, Ksar).

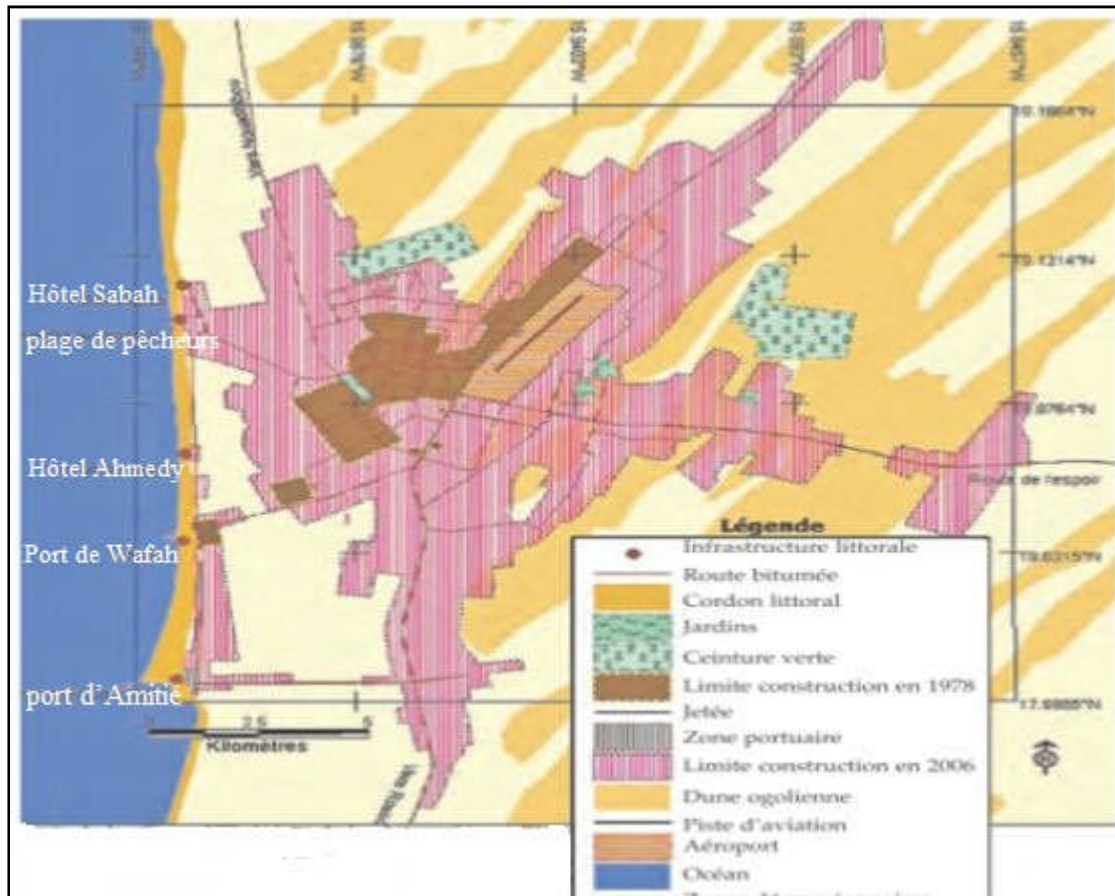


**Figure 7 : Les Moughatas de la ville de Nouakchott**

### I.4.2 Situation urbanistique

L'évolution démographique de Nouakchott a surpassé le plus pessimiste des pronostics. En une trentaine d'années, le petit bourg rural de 2.000 habitants qu'était Nouakchott en 1960 a atteint 137.500 habitants en 1977. L'exode rural faisant suite à l'installation de la sécheresse en fait aujourd'hui une ville qui supporte un peu plus du 1/4 de la population totale du pays. On estime aujourd'hui à plus de 700.000 la population de Nouakchott. En l'espace de 11 ans, cette population a presque triplé. Ce phénomène démographique a eu pour conséquence directe une croissance urbaine et une évolution spatiale (figure 8) incontrôlées: apparition des bidonvilles à la périphérie, disparition des repères et anarchie totale au niveau de l'exploitation de l'espace urbain. Ces phénomènes, loin d'être négligeables, ont eu à leur tour un effet néfaste sur l'amplification du phénomène de

lapaupérisation et entraîné des difficultés multiples pour un développement harmonieux et contrôlé.



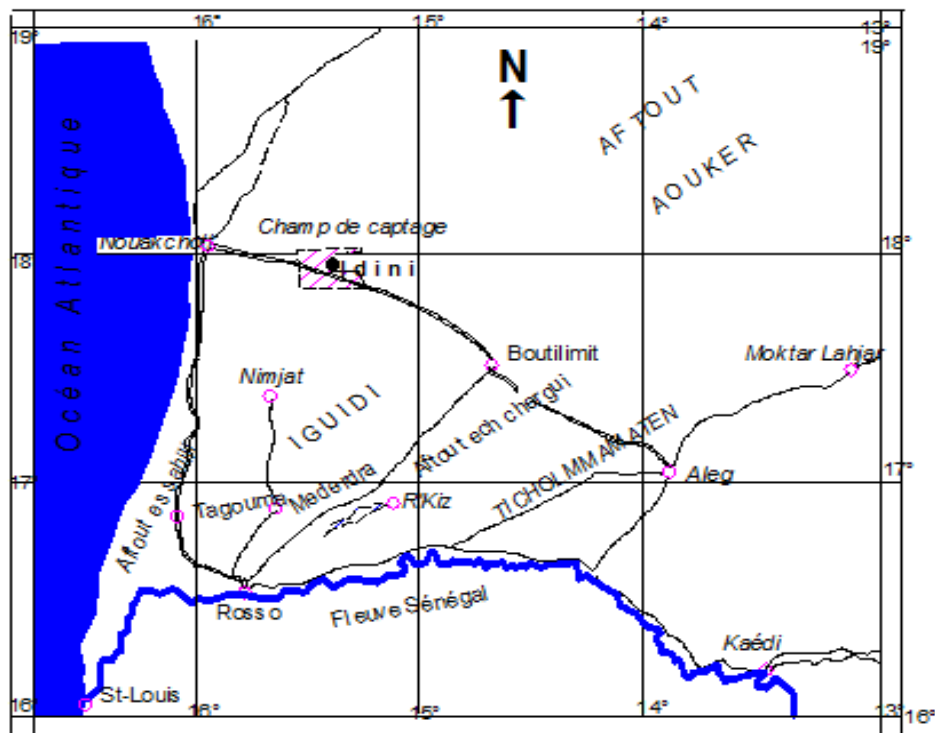
**Figure 8 : Evolution de l'extension urbaine de la ville de Nouakchott entre 1978 et 2006**

### I.5 Ressource en eau de la ville de Nouakchott

Dans la ville de Nouakchott la nappe du Trarza est restée jusqu'à l'année dernière la seule ressource assurant l'alimentation de la ville de Nouakchott, mais en tant que nappe fossile elle risque avec le puisage de devenir saumâtre. En effet l'exploitation intensive de cette nappe contribue à la progression lente du front salé. D'autre part, les sécheresses récurrentes de ces dernières années marquées par un exode massif des populations rurales vers la capitale, ont poussé les pouvoirs publics à trouver en urgence des solutions à ce manque d'eau critique, afin de satisfaire les besoins cruciaux de la population. C'est donc dans ce cadre, que s'inscrit la mise en marche du projet Aftout Essahili (alimentation en eau potable de la ville de Nouakchott à partir du fleuve Sénégal). Il constitue un tournant important et décisif pour l'alimentation en eau de Nouakchott jusqu'en 2030.

### I.5.1 Ressource en eau souterraine

La ville de Nouakchott est alimentée depuis 1973 à partir de la nappe du Trarza mobilisée sur le champ captant d'Idini situé à une soixantaine de kilomètre à l'Est de la capitale sur la route de l'espoir (figure 9). Ce champ captant renferme actuellement 42 forages qui interceptent une très grande nappe sédimentaire située dans le Continental Terminal. Avec une production brute maximale de 55000 m<sup>3</sup>/j pour une population estimée à 800000 habitants aujourd'hui, soit environ 68 litres par jour et par habitant, elle ne suffit plus à faire face à la demande en eau de la capitale.

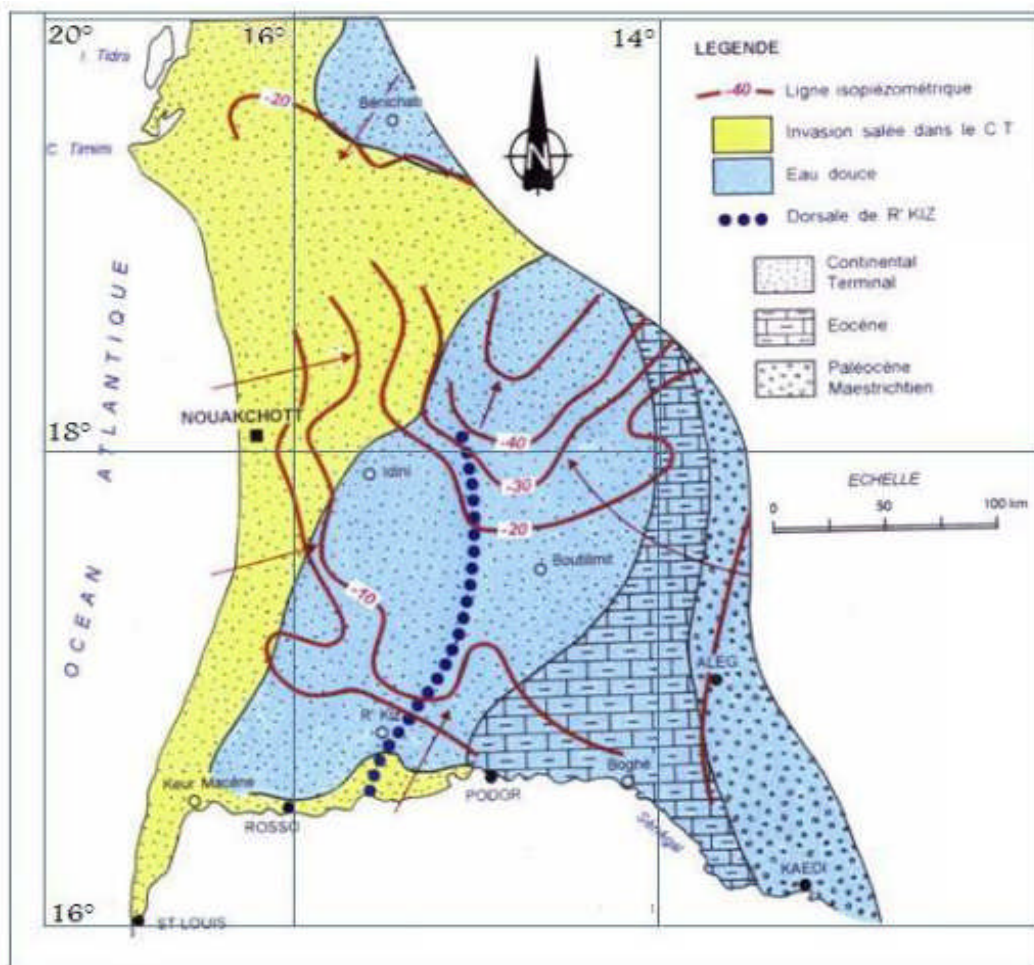


**Figure 9 : Carte géographique du Champ Captant d'Idini**

La nappe du Trarza est géographiquement limitée au Nord-Ouest par la sebkha de N'Drahmcha, au Sud par le fleuve Sénégal et à l'Est par les formations métamorphiques précambriennes des Mauritanides. Elle comporte une frange d'eaux douces continentales en contact avec une frange côtière d'eaux fortement minéralisées. Ces eaux sont considérées comme fossiles et leur accumulation serait datée entre les deux dernières périodes de l'Ogolien et de l'actuel, soit entre 12 000 et 4 000 BP, qui coïncident en outre avec la dernière transgression marine du Nouakchottien dont la sebkha de N'Drahmcha et l'Aftout El Sahéli sont les reliques (BRGM, 1967).

La lithologie des terrains permet de distinguer plusieurs nappes superposées (systèmes multicouches) contenues dans des sédiments d'âgémio-pliocène, regroupés sous le nom de Continental Terminal qui fait référence à leur origine commune. Ces sédiments souvent discontinus et d'épaisseur variable, reposent localement sur d'autres séries sédimentaires de l'Eocène, paléocène ou du Maastrichtien renfermant également des niveaux aquifères.

La nappe du Trarza circule dans des formations sablo-argileuses du continental terminal. On y rencontre un niveau supérieur de sables fins, situé entre 10 et 40m de profondeur, relativement chargée (0,5 à 1 g/l), un niveau moyen (60-90m) avec des eaux douces (0,15 à 0,4 g/l) dans des sables sommairement argileux et un niveau profond (150-170m) et salé (4 g/l). Mais cette structuration ne se rencontre pas de manière homogène sur l'ensemble de la nappe qui ne présente plus dans le sud qu'un seul horizon correspondant au niveau phréatique. Dans cette dernière zone, la vallée majeure du fleuve Sénégal, on y rencontre des alluvions fins d'argiles et de sables argileux comportant des eaux en général salées avec toutefois des lentilles d'eau douce (Séméga, 1995).



**Figure 10: Carte piézométrique du CT au sud-est du Trarza (BRGM, 1967)**



Le climat de la région du Trarza se caractérise par une appartenance à deux domaines climatiques, à savoir le domaine sahélien au Sud du parallèle de Nouakchott et le domaine saharien au Nord de cette limite. Le climat de type sahélien, est caractérisé par une pluviométrie annuelle supérieure à 100 mm. Au Nord de cette limite, le climat de type saharien est caractérisé par un domaine aride où les précipitations sont relativement peu abondantes. Cette double influence se manifeste par l'existence de deux saisons bien contrastées :

la saison pluvieuse, de juillet à Octobre, pendant cette période, les pluies sont moins nombreuses au Nord qu'au Sud et leur hauteur annuelle est de 100 mm à Nouakchott ;

la saison sèche qui s'étend d'octobre à juin caractérisée par un climat essentiellement chaud (moyennes annuelles de température élevées) et sec (évaporation annuelle très importante).

### **I.5.2 Ressource en eau surface**

Les besoins d'alimentation en eau potable de la ville de Nouakchott, estimés à plus de 100 000 m<sup>3</sup>/j en 2010, 170 000 m<sup>3</sup>/j en 2020 et 226 000 m<sup>3</sup>/j en 2030, ne peuvent plus être assurés par la production de la nappe du Trarza mobilisée sur le champ captant d'Idini, estimée actuellement à 55 000 m<sup>3</sup>/j. Afin de remédier au problème de pénurie d'eau, le gouvernement a lancé le projet d'Aftout Essahili qui consiste à approvisionner la ville de Nouakchott en eau potable à partir du fleuve Sénégal.

#### **- Hydrologie du bassin versant du fleuve Sénégal**

Le fleuve Sénégal arrose quatre pays : la Guinée, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal et draine un bassin versant de 340000 km<sup>2</sup>. Il est alimenté par trois affluents principaux : le Bafing, le Bakoye et la Falamé qui prennent tous les trois leurs sources dans le massif du FoutaDjalon en Guinée (figure 11). A ces trois affluents s'ajoutent d'autres dans chacun des quatre pays tout le long des 1800 Km de drainage jusqu'à l'embouchure à Diama.



**Figure 11 : Carte hydrologie du bassin versant du fleuve Sénégal**

Le bassin est divisé en trois grandes régions:

le haut bassin qui est montagneux ;la vallée qui est connue depuis longtemps comme une zone agropastorale des pays riverains ;

le delta qui est une région de grande diversité biologique et qui abrite plusieurs zones humides.

D'un point de vue climatique la vallée du fleuve Sénégal est commandée par des mécanismes généraux de l'Afrique de l'Ouest. Ainsi en remontant du sud vers le nord, on note successivement la présence de diverses zones climatiques: le climat guinéen ou subéquatorial, le climat soudanien et le climat sahélien.

## **Chapitre II : Pollution des eaux**



## II-1 définition

La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de minuscules organismes extérieurs, de produits chimiques ou de déchets industriels.

La contamination des eaux est un souci majeur pour la protection des écosystèmes et des ressources en eaux. Elle est l'objet de beaucoup d'études aussi bien au niveau des eaux superficielles que souterraines.

La contamination par tous les intrants peut être de différentes sortes selon le type d'eau et son emplacement.

Pour l'eau superficielle, la pollution peut être :

- directe et volontaire par une utilisation normale des produits phytosanitaires et autres produits à des fins dans la vie courante (lutte anti-acridienne, utilisation des pesticides ou engrais dans l'agriculture, eaux usées des usines, etc....) ;
- indirecte par ruissellement ou transfert des produits suite à leur épandage dans le milieu ou drainage des eaux usées ;
- la conséquence de l'eutrophisation qui est due à la présence de plantes ou autres êtres vivants.

Pour l'eau souterraine, elle peut être :

- directe et volontaire suite au rejet de produits ou de déchets dans la source ;
- indirecte suite à l'utilisation normale des produits dans la vie et qui se trouvent lessivés des sols vers les eaux souterraines ou dans le cas où les puits ne seraient pas protégés contre les intrants qui sont liés aux conditions climatiques (comme le vent de sable en Mauritanie).

## **II.2 Mode de pollution**

Toutes ces contaminations peuvent être classées en trois types de pollutions liées aux modes de propagation : pollutions accidentelles, pollutions diffuses et pollutions anthropiques.

### **II.2.1. Pollution accidentelle**

Le plus souvent les pollutions ponctuelles se trouvent liées aux grandes activités industrielles ou agricoles. Elles peuvent aussi résulter d'un accident de transport ou d'une catastrophe naturelle sur des usines ou stockages des produits qui vont engendrer cette pollution.

### **II.2.2 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 inquiétants.

### **II.2.3 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. La pollution résulte ainsi de l'eutrophisation qui est l'augmentation des débris organiques et nutritifs dans une eau stagnante. Ce déséquilibre entraîne entre autre 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. 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. Ainsi la pollution agricole est responsable de l'augmentation des nitrates dans les eaux de surfaces en grande partie. Peter et al. (2003) ont pu montrer des pics de concentrations des nitrates dans les eaux de surface du nord de l'Australie dans le cadre d'une étude qui s'est déroulée de 1993 à 1999. Ils en attribuent l'origine en grande partie aux activités agricoles et industrielles de la région. En Italie, les études de Davida et al. (2003) sur des sédiments et des matières en suspension d'une rivière,

ont montré l'augmentation du phosphore ces dernières années à côté des micro-polluants métalliques.

## **II.3 Les type de pollution**

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager. La pollution engendrée 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 d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type.

### **II.3.1 La pollution chimique**

Dans cette famille, on distingue d'une part, les polluants organiques qui sont généralement biodégradables (matières organiques, les graisses) sauf les composés organiques synthétiques (bi phényles poly chlorés) et d'autre part les polluants inorganiques qui sont généralement les plus toxiques. Les métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Cr, Cu) provenant des activités industrielles, ainsi que des pratiques agricoles appartiennent à cette catégorie.

Actuellement, on parle des micropolluants qui se définissent comme étant des composés présents dans les eaux, dans les boues ou dans les eaux naturelles à de concentrations extrêmement faibles de l'ordre du microgramme ( $\mu\text{g}$ ) ou de nano gramme (ng) par litre . L'atrazine, un pesticide, le bisphénol A, un additif des plastiques et le méthyl-tier-butyl-éther, un antidétonant, fait partie des micropolluants. A cette liste on peut ajouter les produits d'hygiène corporelle et/ ou pharmaceutique. Ces derniers s'introduisent dans les eaux par l'intermédiaire des urines, excréta ou du déversement des médicaments dans les latrines.

### **II.3.2 La pollution physique**

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules ou mousses et le changement de l'effet réfractaire de l'eau. Le rejet d'eau chaude des centrales nucléaires 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.

### **II.3.3 La pollution microbiologique**

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de beaucoup de maladies hydriques (Belhaj, 2001). L'eau peut être un milieu favorable aux développements des bactéries et virus nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilisent pour leurs besoins. Les bactéries pathogènes (*Vibrionacea*, *Enterobacteriaceae*, etc...) sont responsables des principales maladies hydriques. Les parasites sont eux aussi la cause de plusieurs autres maladies (hépatite infectieuse, méningite, etc...).

Dans le Ville de Nouakchott la pollution provient essentiellement des produits chimiques produits par les rejets des unités industrielles et les rejets hospitaliser.

L'activité hospitalière génère des effluents dont la nature, le volume et l'élimination présentent un danger potentiel pour l'homme et son environnement : leur évacuation, au même titre que les rejets domestiques classiques, vers le réseau d'assainissement communal sans traitement préalable est à l'origine de contaminations graves. Ils contiennent en effet des résidus médicamenteux, réactifs chimiques, antiseptiques, désinfectants, détergents, révélateurs et fixateurs de radiographies, germes pathogènes, qui sont trop spécifiques pour ne pas être pris en considération.

Le taux de salinité élevé des eaux d'arrosage et des sols enregistré au niveau de périmètre maraîcher de Sebkhà est préjudiciable à la productivité de cultures qui ont, rappelons-le, longtemps représenté une activité économique à part entière à Nouakchott. d'après Centre Nationale d'hygiène , Le maraîchage est menacé par l'élimination sauvage dans le réseau d'assainissement local des grandes quantités d'eau de mer destinées au traitement des produits halieutiques produire par la Société Pro-pêche.

La Société des Boissons de Mauritanie (Soboma) en 1971 et Ciprochimie en 1975 se sont établis dans le quartier de Médina 3, à proximité des jardins de Sebkhà. Elles font l'objet d'une surveillance étroite de la part des maraîchers depuis que la présence de polluants chimiques a été décelée dans les eaux d'arrosage des parcelles de, qui transiteraient via des conduites d'évacuation déversant sans prétraitement leur contenu dans la station d'épuration

## **Chapitre III : traitement des eaux usées de la ville de Nouakchott**

### **III.1 Définition des eaux usées**

Les eaux usées sont toute des eaux souillées, charger de différent élément du faite qu'elles ont déjà été utilisé dans une activité domestique ou industrielle .On distingue deux grand catégorie d'eau usées, selon leur origine

#### **III.1.1 Les eaux usées urbaines :**

Elles comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage et de lavage des voies publiques). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des boues, des silts des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents,...).

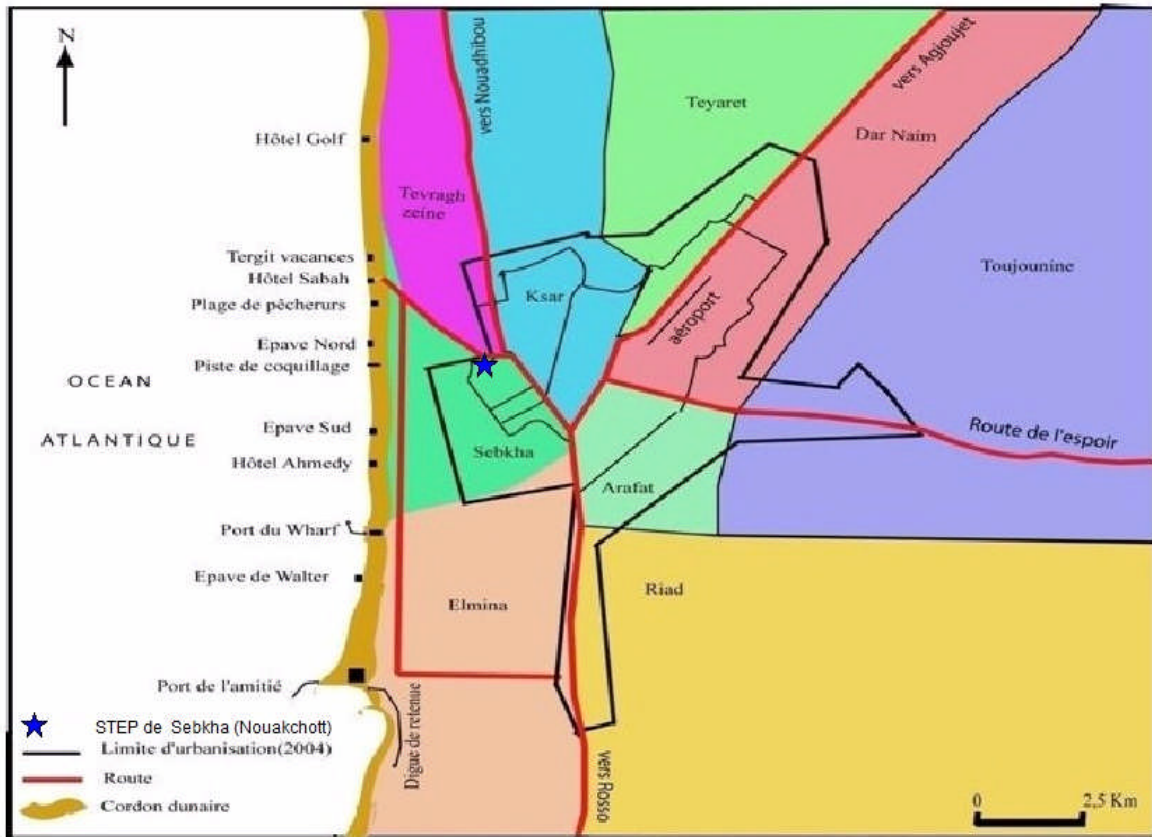
#### **III.1.2 Les eaux usées industrielles**

Elles ont une composition très différente de celle des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles nécessitent un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que si elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution. Les eaux usées, contiennent, en plus de toutes ces matières, toutes sortes de microorganismes : champignons, protozoaires, bactéries, virus.

### **III.2 Station d'épuration de la ville de Nouakchott**

#### **III.2.1 Situation de la station de traitement**

La STEP se situe actuellement au centre ville de Nouakchotte (zone artisanale de sebkha) dans la ligne frontière entre la Moughata de sabkha et TevraghZeina dans le site appelée communément zone de maraichage



**Figure : Situation géographique du station de la ville de Nouakchott**

L'emplacement actuel de la STEP se trouvait à l'extrémité de la ville de Nouakchott en 1965 lors de la construction de la première filière d'épuration qui utilise la technique des lits bactériens abandonné depuis juillet 1993 après la mise en service de la nouvelle STEP à boues activées.

### III.2.2 Objectif de la mise en place de la STEP :

- **Protection de l'environnement**

L'épuration des eaux usées sur plusieurs niveaux avant de les rejeter en milieu naturelle engendre une protection de toutes les composantes de l'environnement à savoir : l'eau, la terre, l'air.

- **Améliorer la condition sanitaire**

L'eau est l'un des vecteurs principaux de transmission de maladies. Dans la station d'épuration, les eaux usées subissent des traitements afin de rendre négligeable leur composition en matières indésirable et toxique, nocives à la santé humaine, et qui se

transmettent soit par contacte directe avec les eaux (eaux de baignade), soit indirectement par l'irrigation des cultures par des eaux usées non traitées.

- **Participation au développement touristique**

Parmi les principaux objectifs de l'épuration des eaux est de préserver l'environnement, améliorer les conditions sanitaires et d'offrir ainsi une atmosphère de plus en plus accueillante

### **III.2.3 Traitement des eaux usées au niveau de la STEP d'Nouakchott**

La station d'épuration de Nouakchott a été construite entre 1960 et 1965. Elle est située en plein cœur de la commune de TevraghZeina à côté des jardins. Elle est constituée d'un ensemble d'ouvrages destiné au traitement des eaux usées domestiques, dont une cuve de 900 m<sup>3</sup> et permet de traiter près de 2000 m<sup>3</sup>/ jour. Cependant cette quantité est dérisoire puisque la population de Nouakchott consomme environ 80 000 m<sup>3</sup> d'eau par jour et qu'un tiers de cette eau environ sera rejetée dans le sol sous forme d'eaux usées. Cette station utilise comme méthode de traitement le traitement biologique à boues activées, le traitement des eaux usées se fait selon les etaps suivant.

#### **III.2.3.1 Le prétraitement**

Il a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend le dégrillage pour retenir les déchets les plus volumineux, le dessablage pour obtenir une meilleure décantation, le déshuilage pour éviter l'encrassement la station par des corps gras.

- **Le dégrillage**

A l'entrée de station d'épuration, les effluents bruts subissent un dégrillage pour retenir les matières volumineuses (morceau de bois etc.). C'est une étape primordiale pour assurer le bon fonctionnement des étapes ultérieures. Le dégrillage comporte trois étapes :

- Un pré dégrillage : les barreaux des grilles sont espacés de 30-100mm ;
- Un dégrillage moyen de 10-30mm ;
- Un dégrillage fin inférieur à 10mm

Les grilles sont inclinées de 60° sur l'horizontal. Les barreaux sont soit en acier ou fer.





**Photo 1 : Le dégrilleur du prétraitement**

- **Le dessablage**

L'élimination des sables présents dans les effluents est indispensable pour éviter le colmatage des conduits ainsi que le risque d'abrasion des organiques mécaniques. Le dessablage concerne les particules minérales de granulométrie supérieure  $100\ \mu\text{g}$ . Le principe du système consiste à faire traverser les effluents dans des bassins où leur vitesse d'écoulement est réduite à moins de  $0,3\text{m/s}$ . Les particules subissent la loi de Stokes et sédimentent au fond du bassin. Un racleur permet le curage du fond du bassin et l'évacuation vers le décolleteur des boues.



**Phot 2 : L'ouvrage de du dessablage**

- **Le dégraissage- déshuilage**

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de l'effluent brut, des huiles et des graisses qui ont une densité plus faible que l'eau, donc plus légères. Les graisses (éléments solides d'origine animale ou végétale), les huiles (d'origine animale ou végétale ou industrielle) peuvent entraver les processus biologique dans les stations d'épuration. En effet, elles peuvent bloquer les échanges gazeux entre l'interface atmosphère-eau ou particule-eau par la formation d'enduits imperméables à la surface de l'eau ou à la surface des particules

### **III.2.3.2 La Décantation primaire**

Permet d'alléger les traitements biologiques ou chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des particules solides en suspension de diamètre inférieur à 0,2 mm. On fait circuler l'eau lentement dans un bassin où on racle et aspire périodiquement les particules rassemblées au fond. L'efficacité de ce traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle. La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1,2 m<sup>3</sup>/h, 40 à 60 % des MES, soit 10 à 30 % des virus, 50 à 90 % des helminthes et moins de 50 % des kystes de protozoaires.

### **III.2.3.3 Le Traitement secondaire**

Le traitement biologique à boues activées permet essentiellement l'élimination de la pollution carbonée dissoute mais aussi l'azote et le phosphore. Le traitement secondaire met en œuvre les processus microbiologiques et de l'autoépuration des eaux. Les microorganismes se développent en dégradant les divers composés présents dans l'effluent. Il s'en suit une élimination de la pollution carbonée dissoute avec une formation des boues décantables. Ces boues sont décantées dans un décanteur secondaire ou clarificateur. Une partie des boues est réinjectée en amont, dans le bassin d'aération, pour renforcer le processus bactériologique. L'excès des boues est collecté puis traité (incinération) ou recyclé en agriculture. L'aération du bassin est assurée soit par des tribunes ou par insufflation d'air.



**Photo 3 : Bassine d'aération**



**Photo 4 : Clarificateur**

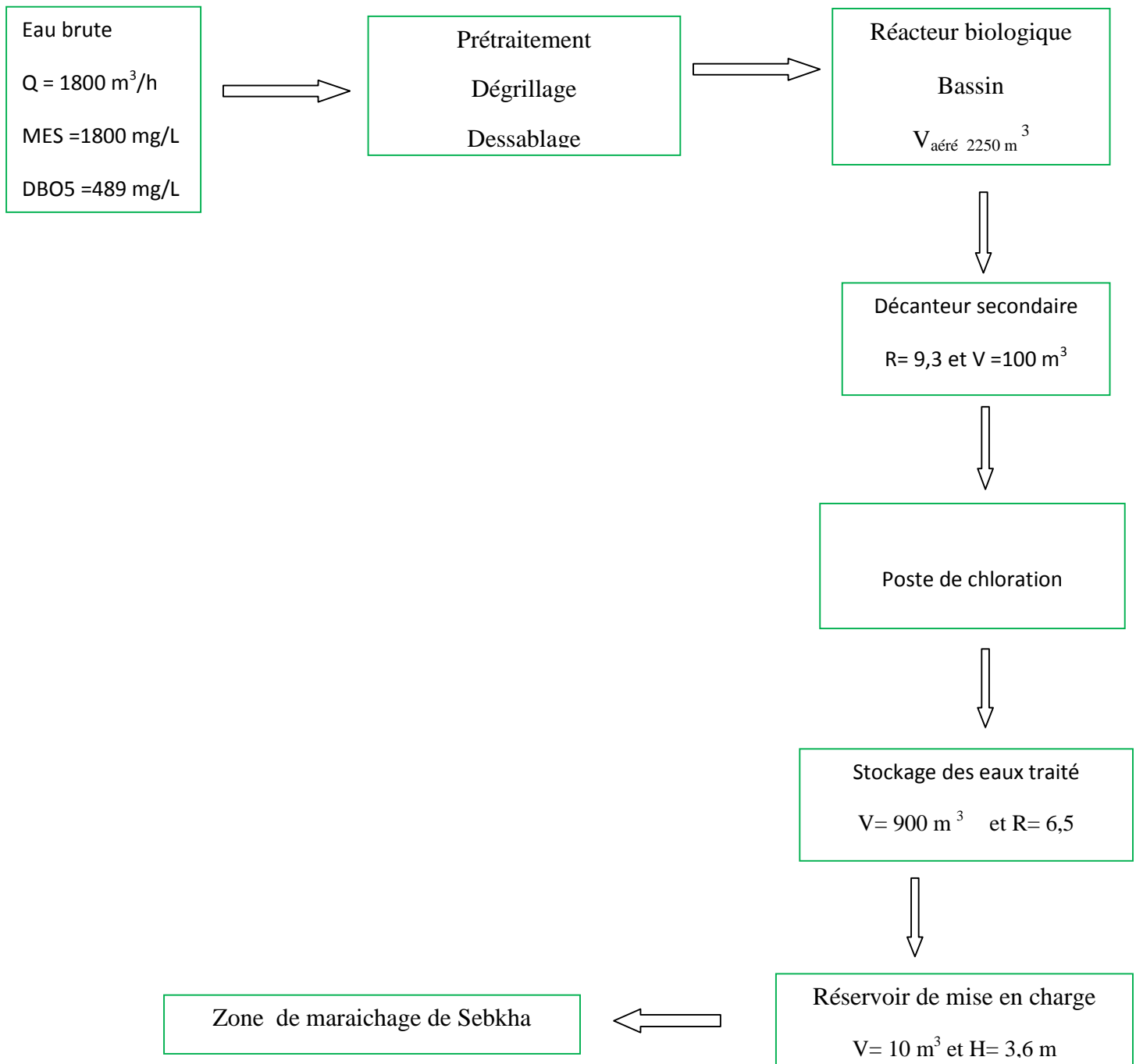
### III.2.4 Eaux usées brute de la ville de Nouakchott

Les concentrations des paramètres physicochimiques des eaux usées brute de la STEP de Nouakchott dépassent relativement les valeurs limites des rejets directe et indirecte dans le milieu naturel. Ce qui représente un risque de pollution environnementale pour ce dernier d'où la nécessité d'un traitement de ces eaux usées brutes.

Paramètre	Max	Min	Moyenne
T (°C)	32 ,2	23,1	27,3
Ph	10,7	6,5	7,5
CE (µS/cm)	4900	1200	2200
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	1284	241	680,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1852,7	242,6	951,2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	227,2	2 ,4	17,8
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	36,9	2,4	17,8
MES (mg/l)	218	102,2	142,1
DCO (mg/l)	795	312	581,8
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	281	72	176,9

**Tableau 1 : Paramètres physicochimiques des eaux usées brutes de la ville de Nouakchott (N'DIAYE et al, 2011)**

**Figure 12 : Schéma Synoptique de la STEP de Nouakchot**



### **III.3 Réutilisation des eaux usées en agriculture**

Devant l'augmentation des besoins en eau, la multiplication démographique, l'amélioration du niveau de vie des populations et la rareté des précipitations dans les zones aride et semi-arides ; la réutilisation des eaux usées constitue une solution incontournable pour faire face à la pénurie en eau. Les eaux usées sont recyclées depuis longtemps dans les zones arides comme la Namibie, où elles s'avèrent même être la ressource la plus fiable (Eddabra 2011).

Dans le contexte de Nouakchott, caractérisé par une pluviométrie faible et limitée dans le temps et l'absence de ressources superficielles mobilisables pour fournir de manière adéquate de l'eau à l'agriculture qui en requiert beaucoup, la réutilisation des eaux usées se présente comme une réelle opportunité. D'autre part, avec l'accroissement de la population générant plus de consommation en eau, plus de production d'eaux usées et plus de besoins alimentaires en légumes et autres produits maraîchers, la réutilisation dans l'irrigation maraîchère urbaine de Sebkhâ constituait une approche réaliste. Initiée dans les années 1960, elle trouvait sa raison d'être dans la conjoncture de l'émergence et du développement de l'agriculture urbaine, alternative à la sécurité alimentaire urbaine, mais surtout à la reconversion professionnelle des ruraux. Elle avait pour effet d'atténuer le déficit en eau, de pourvoir les besoins de plus en plus croissants en eau d'irrigation, d'accroître les productions agricoles et de constituer un outil d'assainissement du cadre physique. Cet usage des eaux usées dépolluées permettait de résorber une main-d'œuvre importante due à l'impulsion de l'exode, donc de créer des emplois pour une frange importante de la population rurale attirée par la ville (Séméga 2006).

La réutilisation agricole comme toute autre utilisation des effluents, s'appuie nécessairement sur la qualité chimique et microbiologique de l'eau traitée qui doit être en adéquation avec l'usage présumé. Cette qualité est donc une donnée importante car elle permet l'évaluation de l'impact sanitaire et environnemental lié à la réutilisation. Quelque soit le traitement mis en route et ayant pour objectif de produire un effluent approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement, une certaine pollution résiduelle des eaux dépolluées subsistera et s'accompagnera de risques sanitaires. Aussi, l'évaluation de ces risques nécessite une bonne connaissance des caractéristiques quantitatives et qualitatives de la charge véhiculée par ces eaux.

## **Chapitre.VI : Résultats et Discussions**

## VI. Aspect Qualitatif des effluents de la STEP du périmètre maraîcher du Sebkhha

Les Tableaux 1, 2 et 3 donnent les résultats de l'analyse physicochimique et métallique des échantillons prélevés hebdomadairement au cours du mois d'Avril à la sortie de la STEP.

Pour évaluer l'aptitude de l'eau à l'irrigation nous allons adopter la norme marocaine pour l'eau destinée à l'irrigation car la ministère de l'environnement mauritanienne n'a pas de norme concernant les eaux destinée à l'irrigation (Annexe 2).

paramètres	Unité	Maximum	Minimum	Moyenne	Ecart-type
température	° C	24,6	24,1	24,28	0,217
PH		7,79	7,23	7,43	0,263
Conductivité	µS/cm	1347	1216	1260,25	61,28
TDS	(mg/L)	674	606	629,25	31,38
Turbidité	NTU	87,1	36,3	54,9	22,6

**Tableau 2: Paramètres physiques des eaux usées de la STEP**

paramètres	Unité	Maximum	Minimum	Moyenne	Ecart-type
TH	(°f)	13,41	10,81	12,55	1,19
Ca <sup>++</sup>	mg/L	28,05	14,2	19,98	5,88
Mg <sup>++</sup>	mg/L	20,41	15,55	18,34	2,25
Na <sup>++</sup>	mg/L	59	42	49,25	7,13
K <sup>++</sup>	mg/L	32	28	30,25	2,62
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	46	32	37,5	6,45
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	719,8	671	693,87	21,35
Cl <sup>-</sup>	mg/L	276,9	156,2	202,35	58,11
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	22	15	18	2,94
DCO	mg/L	57	30	44,25	11,87
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	900	850	871,25	21,74

**Tableau 3 : Paramètres chimiques des eaux usées de la STEP**

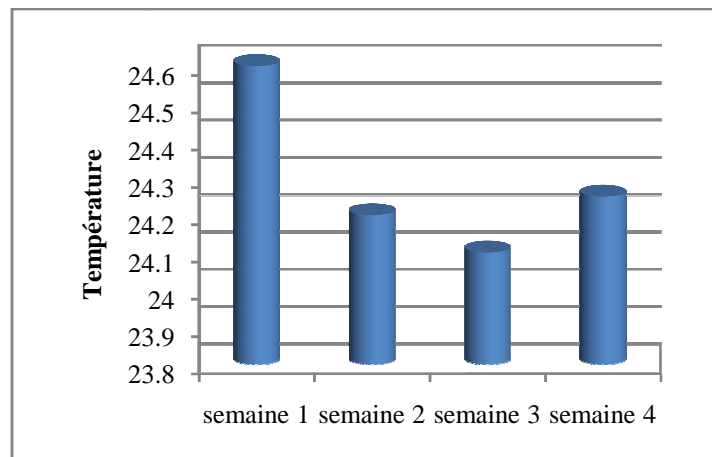
Paramètre	Unité	Maximum	Minimum	Moyenne	Ecart-Type
Fe	µg/L	240	160	207,5	44,25
Al	µg/L	140	80	95	34,15
Cu	µg/L	760	520	520	136,62
As	µg/L	21,68	0	9,12	9,53
Pb	µg/L	9,77	0	3,57	4,65
Cd	µg/L	1,09	0,66	0,8	0,19
Hg	µg/L	0,12	0	0,054	0,053
Mn	µg/L	5	4	4	0,81

**Tableau 4 : Paramètres métalliques des eaux usées de la STEP**

## VI.1 Paramètres physique

### VI.1.1 Température

La température de l'eau est un facteur écologique important du milieu. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (notamment conductivité)(Rodier 1996).



**Figure 13 : Variations de la Température durant le moi d'Avril**

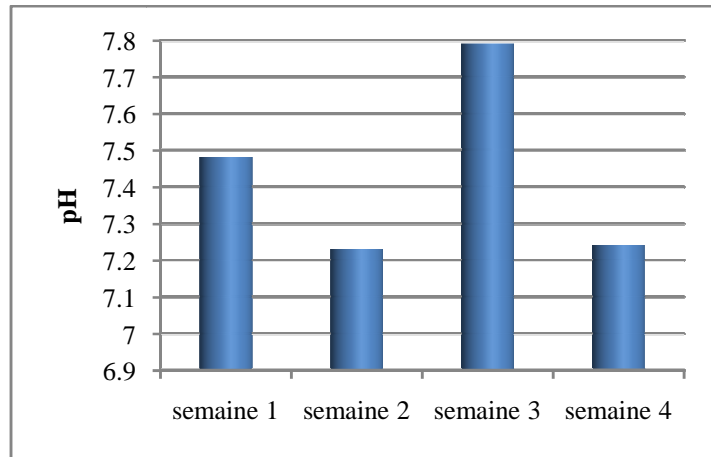
La température des effluents de la STEP de Nouakchott est comprise entre 24,1 °C et 24,6 °C avec une moyenne de 24,28°C. Les valeurs de la température enregistrées sont inférieures à 30°C, considérés comme valeur limite de rejet des eaux usées dans le milieu naturel. De même ces valeur sont très inférieures à 35°C, considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation.

### VI.1.2. PH

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogènes de la solution ( $H_3O^+$ ). Il est représenté par une expression logarithmique, c'est donc dire que la concentration en  $H_3O^+$ , à pH 6,0 est 10 fois plus grande que celle à pH 7,0 et 100 fois plus grande que celle à pH 8,0. Plus la concentration en ions hydrogènes est élevée, plus le pH est bas et plus c'est acide.

Le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Le pH de l'eau d'irrigation devrait se situer entre 5,5 et 6,5. À ces valeurs, la solubilité de la plupart des micro-éléments est optimale.



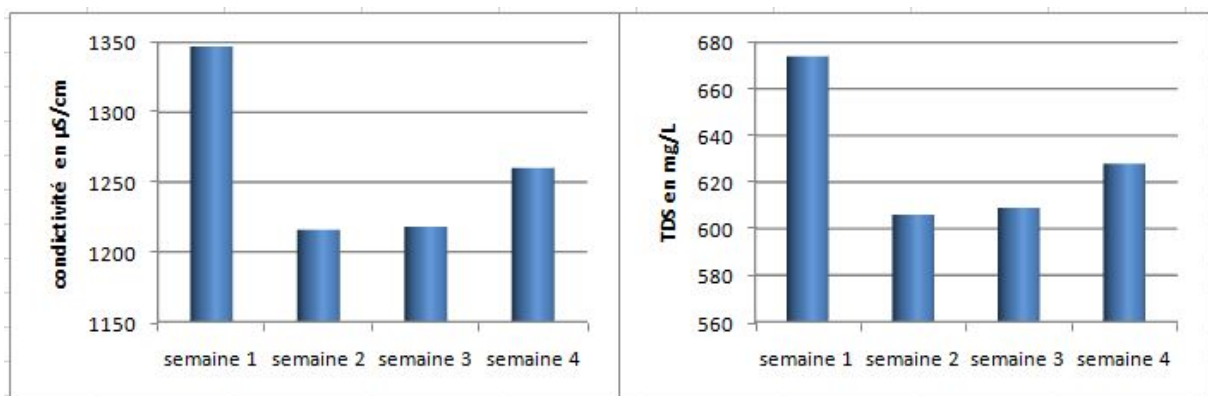


**Figure 14 : Variations du pH durant le moi d’Avril**

Cependant, les résultats (Figure 14) montrent que le pH de l’ensemble des échantillons des eaux usées des effluents de la STEP oscille entre 7,48 et 7,79. Les valeurs de pH enregistrées répondent aux normes de rejet direct dans l’environnement et inférieure à la valeur limite de l’eau destinée à l’irrigation.

### **VI.1.3. Conductivité électrique et TDS**

La conductivité mesure l’aptitude de l’eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l’eau se trouvent sous forme d’ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité et des TDS permettent donc d’apprécier la quantité de sels dissous dans l’eau et par suite donner une idée sur la minéralisation totale d’une eau.



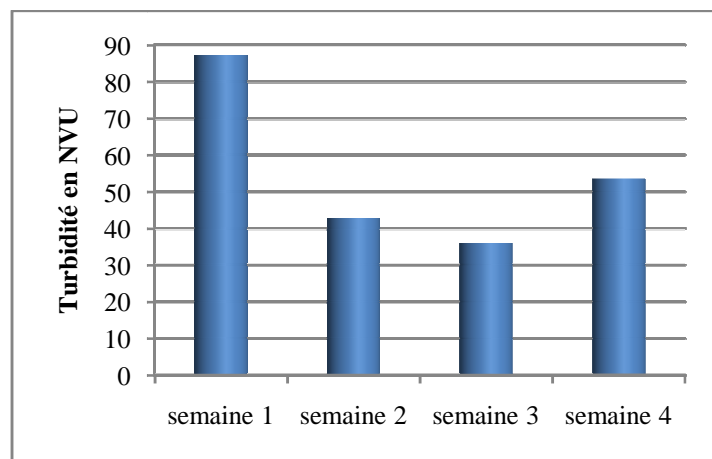
**Figure 15 : Variations de conductivité et la TDS durant le moi d’Avril**

La valeur maximale de la conductivité enregistrée au niveau des effluents de la STEP est de  $1347\mu\text{S}/\text{cm}$  et la valeur minimale est de  $1216\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une valeur moyenne de  $1260,25\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces valeurs de conductivité électrique sont inférieures à  $12\text{ ms}/\text{cm}$  (Figure.15) considérée comme valeur limite de l'eau destinée à l'irrigation. Ces résultats pourraient être expliqués par le rejet des eaux usées résiduelles des unités industrielles connectées à la STEP.

Les valeurs du TDS des effluents de la STEP varient entre  $606\text{ mg}/\text{l}$  et  $674\text{ mg}/\text{l}$  avec une moyenne de  $629,25\text{ mg}/\text{l}$ . Ces valeurs sont inférieures à  $7680\text{ mg}/\text{l}$  considérées comme valeur limite de l'eau destinée à l'irrigation.

#### **VI.1.4 Turbidité :**

Elle permet de préciser les informations visuelles de la couleur de l'eau. La turbidité est causée par les particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...).



**Figure 16 : Variations de Turbidité durant le mois d'Avril**

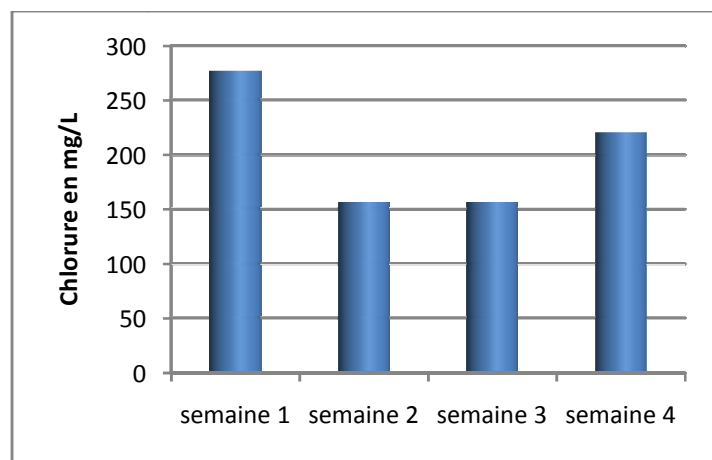
La valeur maximale de turbidité enregistrée au niveau des effluents de la STEP est de  $87,1\text{ NTU}$  et la valeur minimale est de  $36,3\text{ NTU}$  avec une moyenne de  $54,9\text{ NTU}$  (Figure 16).

## VI.2. Paramètres physicochimiques

### VI.2.1 Chlorures

Les chlorures existent dans la quasi-totalité des eaux à des concentrations très variables. La présence des chlorures en concentrations élevées dans l'eau contenant du sodium donne un goût salé. Par ailleurs, les chlorures sont indispensables aux régimes alimentaires.

Les chlorures peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation, à plus forte raison lorsque c'est par aspersion.



**Figure 17 : Variations de la concentration du chlorure durant le moi d'Avril**

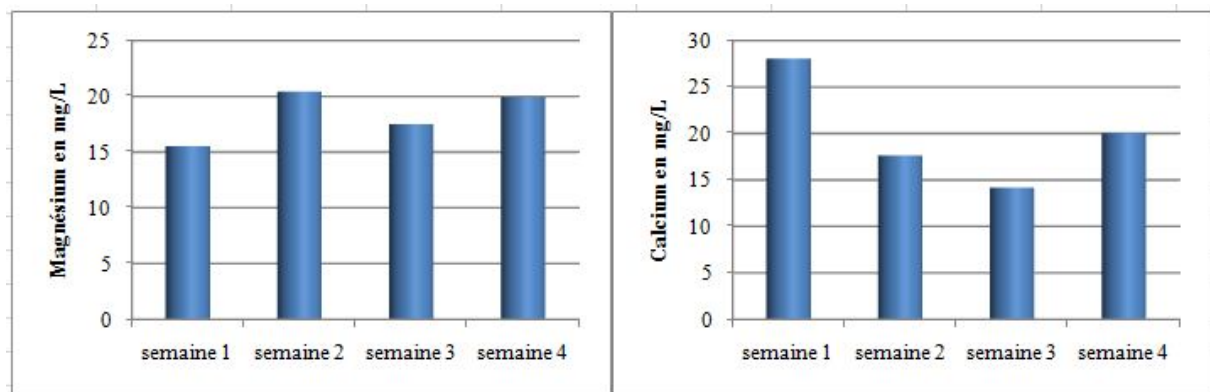
Les concentration de de Chlorures dans les eaux des effluent de la STEP se situent entre 276,9 mg/l et 156,2 mg/l le valeur moyenne est de 202,35 mg/l (Figure17), cependant l'eau potable consommée dans la majeure partie des quartiers de la ville de Nouakchott présente des teneurs en chlorures oscillant entre 10 mg/l et 16 mg/l en comparaison avec les teneurs enregistrées, on note une forte pollution par les chlorures, cette pollution peut être due à les eaux usées domestique ou diverses industries polluantes qui déversent leur effluent dans le réseau d'assainissement.

Les concentrations en chlorures trouvées au niveau des effluents de la STEP sont supérieures à 105 mg/l considéré comme la concentration limite pour les eaux destinées à l'irrigation par aspersion mais très inférieures à la concentration limite des eaux destinées à l'irrigation de surface (350 mg /l) selon le norme des eaux destiner à l'irrigation.

## VI.2.2 Calcium et magnésium

Généralement, les ions calcium et magnésium ont pour rôle de maintenir un état d'équilibre dans la plupart des eaux. Les deux ions calcium et magnésium sont associés à l'agrégation du sol et de sa friabilité, mais ils sont également essentiels comme éléments nutritifs. Une forte concentration de  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  dans l'eau d'irrigation peut augmenter le pH du sol, résultant la réduction de la disponibilité du phosphore (Al Shammeri et al, 2005).

L'eau contenant des ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  supérieure à 200 mg/L ne peut pas être utilisés en agriculture (Khodpanah (al, 2009).

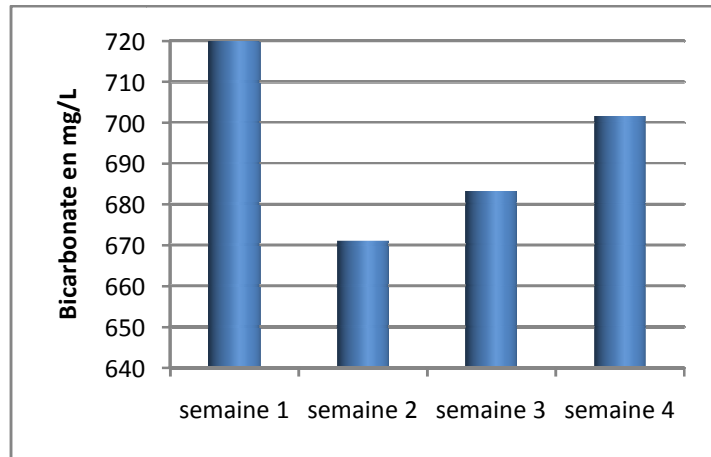


**Figure 18 : Variations de la concentration du Calcium et Magnésium**

Cependant les effluents de la STEP sont caractérisés par des teneurs en calcium et magnésium variant respectivement de 14,2 mg/l à 28,5 mg/l et de 15,55 mg/l à 19,92 mg/l (Figure 18).

## VI. 2.3 Bicarbonates

La teneur élevée du bicarbonate qui est présent dans les eaux usées peut donner des effets néfastes sur l'agriculture. Dans le sol qui est irrigué par l'eau contenant une concentration élevée de bicarbonate les ions de bicarbonate peuvent se combiner au calcium ou magnésium précipiteront sous forme de carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) ou carbonate de magnésium ( $\text{MgCO}_3$ ).

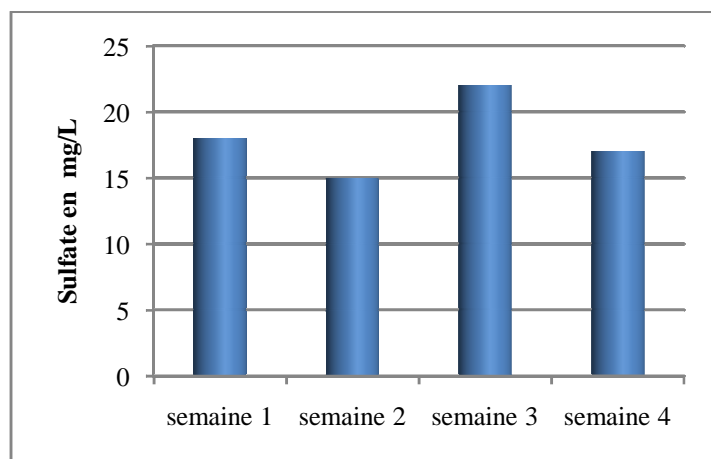


**Figure 19 : Variations de la concentration du bicarbonate**

La valeur maximale en bicarbonates enregistrée au niveau de la STEP est de 719,8 mg/l et la valeur minimale est de 671 mg/l avec une moyenne de 693,87 mg/(Figure 19). Les concentrations moyennes en bicarbonates obtenues sont légèrement supérieures à 518 mg/L considérée comme étant la concentration limite pour les eaux destinées à l'irrigation.

#### **VI.2. 5 Sulfate :**

Les plantes sont très tolérantes aux sulfates. Leur concentration est généralement mesurée afin d'en prévenir les carences plutôt que d'en vérifier les excès potentiels. Des carences en soufre peuvent être appréhendées si l'eau d'irrigation contient moins de 48 ppm de sulfates.



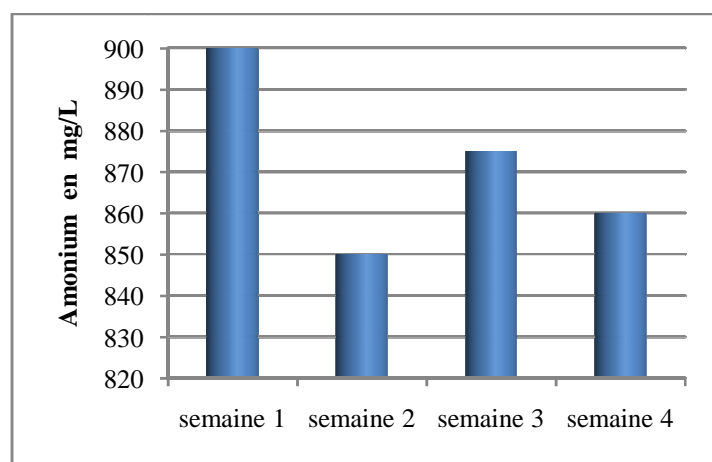
**Figure 20 : Variations de la concentration du Sulfate**

La teneur maximal du sulfate enregistrée est de 22 mg/l et la teneur minimale est de 15 mg/L avec une moyenne de 18 mg/l (Figure 20). Ces teneures sont inferieurs à 250 mg/l considérer come valeur limite des eaux destinée à l'irrigation.

## VI.2. 6 Ammonium :

Sont désignés sous le terme ammoniac les formes ionisées (ion ammonium,  $\text{NH}_4^+$ ) et non ionisées ( $\text{NH}_3$ ). L'azote ammoniacal est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus incomplet d'oxydation de la matière organique. Il constitue l'un des étapes du cycle de l'azote. L'ammoniaque est gaz assez solide dans l'eau en fonction de son pH, il se transforme soit en un composé non combiné soit sous forme ionisée.

Les ions ammonium proviennent de la dégradation des protéines animales (cycle de l'azote), des effluents domestiques (urée) et des ruissellements urbains.



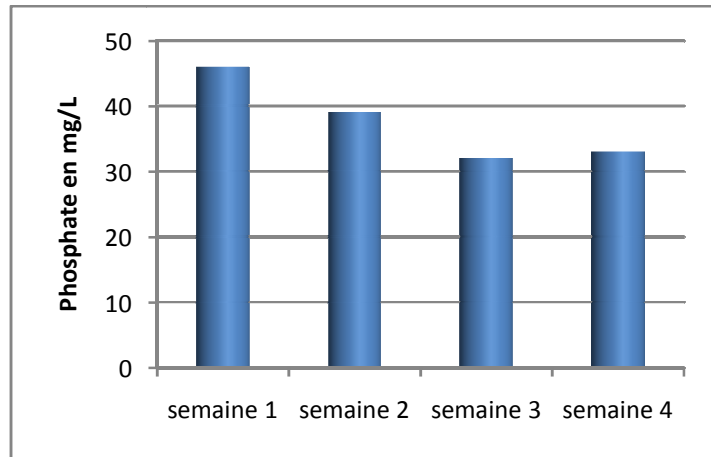
**Figure 21 : Variations de la concentration d'Ammonium**

La teneur maximal de ammonium enregistrée au niveaux des effluents de la STEP est de 900 mg/l et la teneur minimal est de 850 mg/l avec une moyenne de 871 mg/l (Figure 21).

## VI. 2.7 Ortho phosphates :

Les composés phosphorés existent dans les eaux naturelles et les eaux usées sous différentes formes à savoir les ortho-phosphates solubles, les phosphates hydrosolubles et les dérivés organophosphorés (Rodier, 1996).

La teneur élever de phosphate dans les eaux usées provient pour l'essentiel des rejets métaboliques . Les autres apports de phosphore proviennent des détergents pour lave-vaisselle, des eaux de vaisselle et les industries agro-alimentaires.

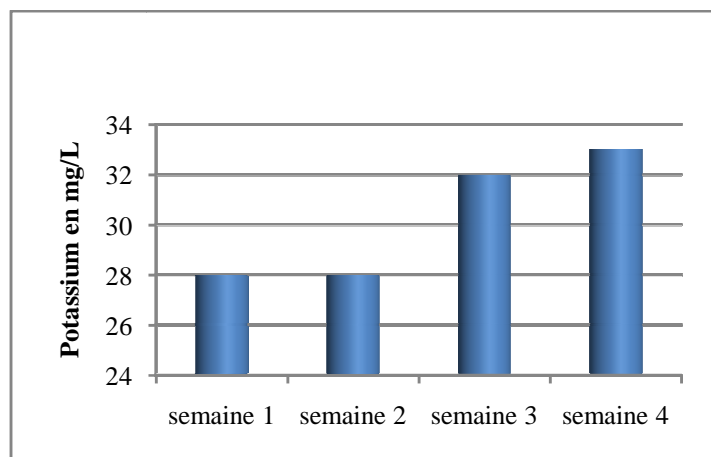


**Figure 22 : Variations de la concentration du Phosphate**

La valeur maximale en phosphate enregistrée au niveau de l’effluent de la STEP est de 46 mg/l et la valeur minimale est de 32 mg/l avec une moyenne de 37,5 mg/l (Figure.22),

### VIII.2.8 Potassium

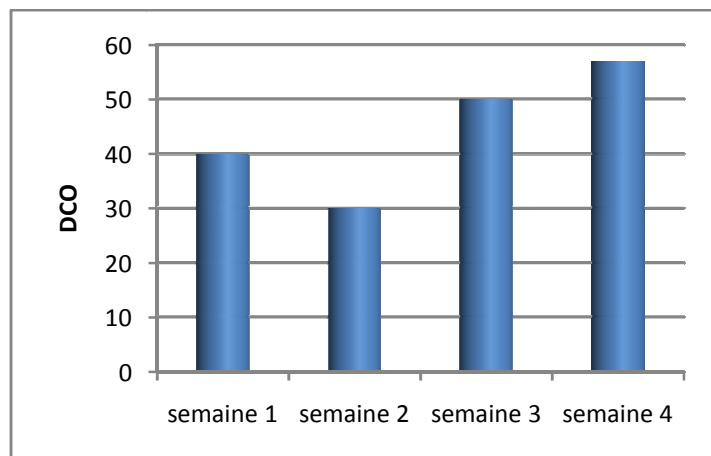
Le potassium est un élément bénéfique pour les plantes. Les valeurs en potassium enregistrées au niveau des effluents de la STEP du périmètre maraîcher du Sebka varient entre 28 mg/l et 32 mg/l (Figure.23).



**Figure 23 : Variations de la concentration du Potassium**

### VI.2.9 Demande Chimique en Oxygène

La DCO permet d’apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l’eau, au travers de la quantité d’oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale (Rodier, 1996).



**Figure 24 : Variations de la concentration du DCO**

Les effluents de la STEP sont caractérisés par des concentrations en DCO variant entre 30 mg/l et 57 mg/l avec une moyenne 44,25 de (Figure 24)

Ces concentrations sont inférieures aux normes de réutilisation des eaux destinées à l'irrigation et aux normes de rejet direct (500 mg/l).

Les teneurs en DCO enregistrées au niveau des effluents de la STEP sont très inférieures à celles trouvées par (N'Diaye et al, 2010). Cette diminution pourrait avoir deux explications dont la première est due à la STEP qui était en panne donc les eaux usées brutes ne subissaient pas des traitements adéquats d'une part et d'autre la ville de Nouakchott était alimentée en eau potable par des eaux souterraines du champ captant d'Idini (60 Km de Nouakchott) de conductivité très élevées mais actuellement la ville de Nouakchott est alimentée par de l'eau du fleuve Sénégal (eau de surface).

### **VI.3 les paramètres métalliques**

Les métaux essentiels sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques (Loué, 1993).

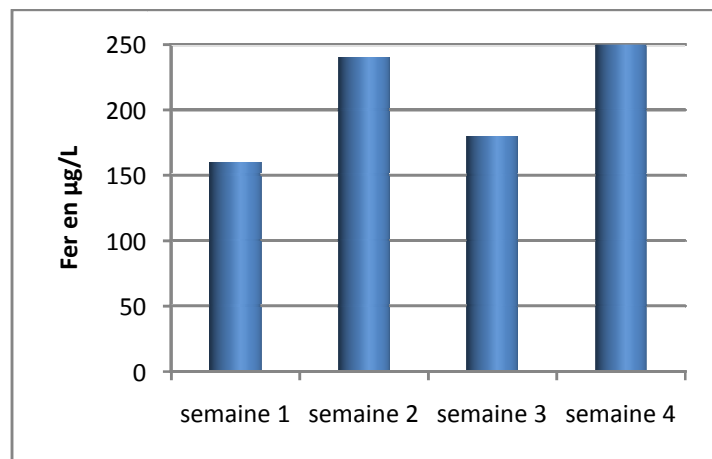
Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn), du fer (Fe). Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du milli-molaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides. Les métaux toxiques ont un



caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd).

### VI .3.1 Le fer

La présence du fer dans des sources naturelles d'approvisionnement en eau est attribuable à la décomposition de la roche et des minéraux, aux eaux acides de drainage des mines aux eaux de lessivage de décharges contrôlées, aux effluents d'égoûts ainsi qu'aux rejets des secteurs industriels qui traitent le fer.



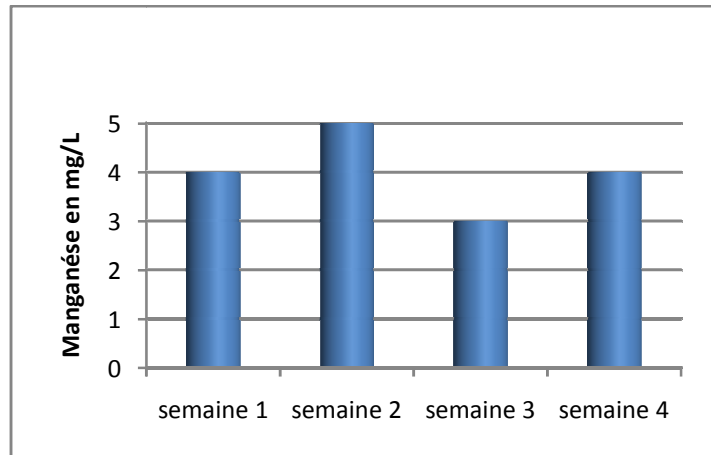
**Figure 25 : Variations de la concentration de Fer**

Les effluent sont caractériser par des teneurs en fer oscillant entre 160 µg/l et 240 µg/l avec une moyenne de 207,5 µg/l (Figure 25). Les résultats en fer enregistrés sont très inférieurs à 5000 µg/l considéré comme étant la concentration limite pour les eaux usées destinées à l'irrigation.

Les eaux usées peuvent être chargées en fer du fait des phénomènes de corrosion dans les conduites ou du matériel de fabrication, du phénomène de lessivage des sols, des rejets industries.

### VI.3.2 Manganèse

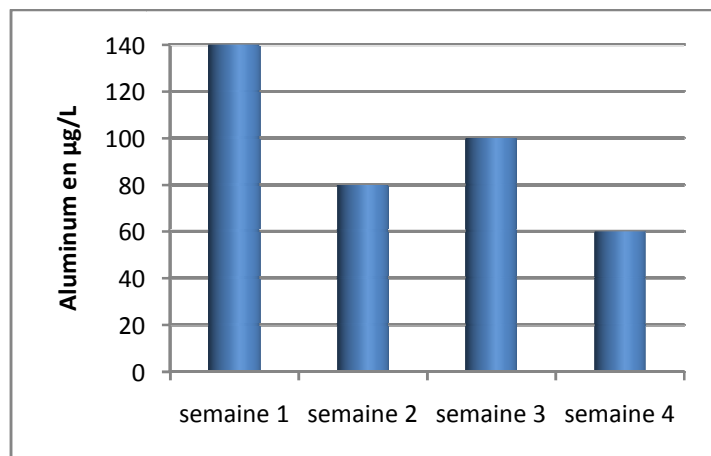
Les effluents de la STEP sont caractérisés par des teneurs en manganèse oscillant entre 3 µg/l et 5 µg/l (Figure 26). Les teneurs en manganèse enregistrées au niveau des effluents de la STEP sont très inférieurs à 0,2 mg/l considéré comme étant la concentration limite pour les eaux destinées à l'irrigation.



**Figure 26 : Variations de la concentration de la Manganèse**

### VI. 3.3 Aluminium

L'aluminium entre dans la composition de tous les sols, plantes et tissus animaux. De ce fait et à cause de l'activité humaine, il est présent dans l'air, dans les aliments et dans l'eau sous forme de sels solubles de colloïdes ou de composés insolubles. Les rejets industriels, l'érosion, le lessivage des minéraux et des sols, la contamination par les poussières atmosphériques et les précipitations constituent pour l'aluminium les principales voies d'accès au milieu aquatique.

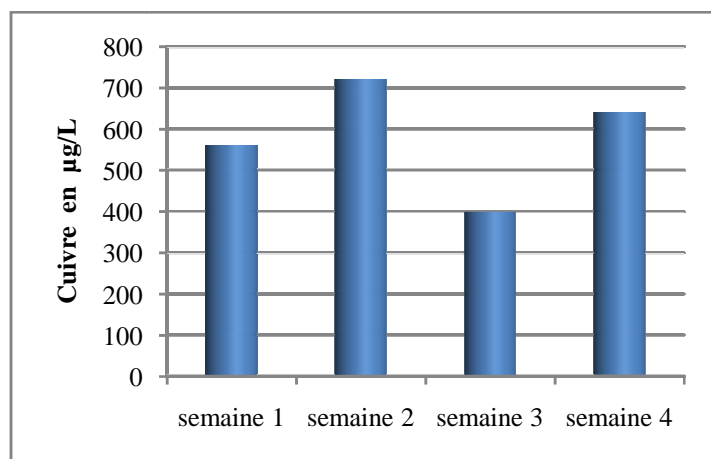


**Figure 27 : Variations de la concentration d'Aluminium**

La teneur en Aluminium enregistrée au niveau des effluent de la STEP oscillent entre 140 µg/l et 60 µg/l avec une valeur moyenne de 95 µg/l. Les teneurs en Aluminium obtenus au niveau des effluents de la STEP est très inférieures à 5000 µg/l considéré comme étant la concentration limite pour les eaux destinées à l'irrigation.

### VI.3.4 Cuivre

Le cuivre est l'un des oligo-éléments qui sont essentiels en petites concentrations, mais ils sont dangereux pour les cultures en concentrations élevées. La valeur maximale en cuivre enregistré au niveau des effluents de la STEP est de 720  $\mu\text{g/L}$  et la valeur minimale et de 400  $\mu\text{g/L}$  avec un moyen de 580 $\mu\text{g/L}$  (Figure 28).

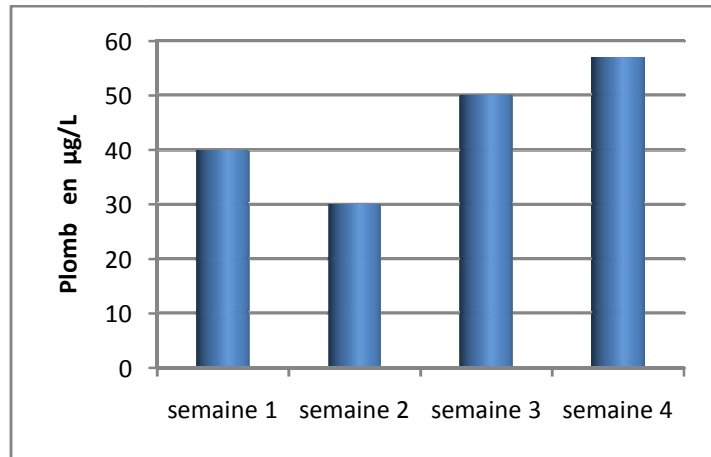


**Figure 28 : Variations de la concentration du Cuivre**

Les teneurs en cuivre enregistrées au niveau des effluents de la STEP sont inférieures à 2000  $\mu\text{g/l}$  considéré comme étant la concentration limite pour les eaux destinées à l'irrigation. Cette teneur en cuivre peut être due à la corrosion de canalisation qui amène l'eau potable et les eaux de la station d'épuration des eaux usées.

### VI.3.5 Plomb

Le Plomb est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère. Dans l'air, les émissions de Plomb provenant de poussières volcaniques véhiculées par le vent sont reconnues d'une importance mineure. Les rejets atmosphériques sont principalement anthropiques, ils proviennent d'abord des industries de première et deuxième fusion du plomb, et au niveau urbain ou routier, des rejets des véhicules à moteur. Il peut causer une inhibition totale de la croissance des plantes lorsque sa concentration dépasse la norme.

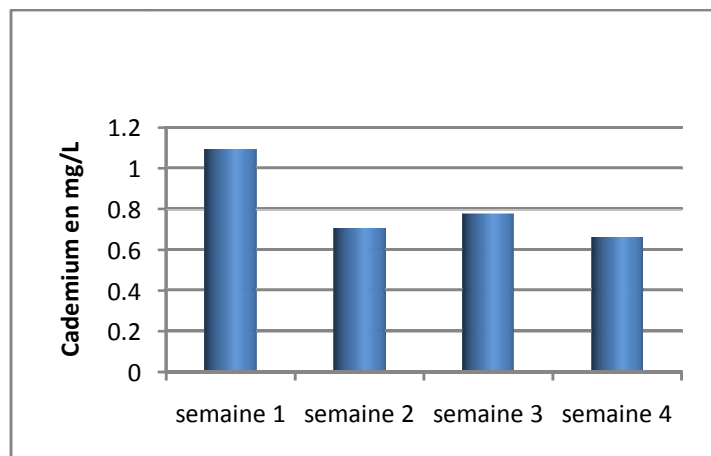


**Figure 29 : variations de la concentration de la Plomb**

La concentration maximal en plomb enregistré au niveau des effluent de la STEP de Sebkhah est de  $9,77\mu\text{g/l}$  et la valeur minimal est de  $0\mu\text{g/l}$  avec une moyenne de  $3,57\mu\text{g/l}$ . Les concentrations en plomb obtenus sont très inférieures à  $5000\mu\text{g/L}$  considéré comme étant la concentration limite pour les eaux usées destinées à l'irrigation.

### VI.3.6 Cadmium

Le cadmium est un métal qui se trouve dans la nature sous formes de traces (1 à  $250\mu\text{g/Kg}$ ), la concentration moyenne de croûte terrestre est de l'ordre de  $0.18\text{ ppm}$ . Il a des effets néfastes sur l'organisme vivant. Chez le plant le Cadmium peut réduire la photosynthèse et des activités enzymatiques. Chez l'homme il donne l'effet Cancérigène, troubles rénaux, dysfonctionnement du poumon, (fragilisation des os et problèmes rénaux), déficience en Protéines.

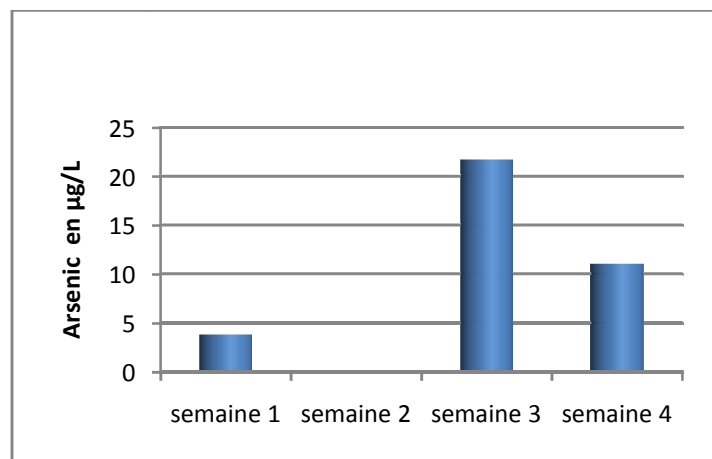


**Figure 30 : variations de la concentration du Cadmium**

La teneur en Cadmium dans les effluents de la STEP varie entre 0,661  $\mu\text{g/L}$  et 1,09  $\mu\text{g/L}$  avec une moyenne de 0,8  $\mu\text{g/L}$ . Les teneurs en cadmium enregistrées au niveau des effluents de la STEP sont très inférieures à 10  $\text{mg/L}$  considéré comme étant la concentration limite pour les eaux destinées à l'irrigation.

### VI.3.7 Arsenic

L'arsenic (As) est un élément chimique d'origine naturelle présent à l'échelle de notre environnement et de ses organismes vivants. L'érosion ainsi que l'altération des sols, des minéraux et des minerais peuvent entraîner la contamination des eaux souterraines par l'arsenic. Les composés d'arsenic sont utilisés dans la fabrication d'une variété de produits et peuvent contaminer notre environnement de façon directe par les effluents industriels et de façon indirecte, par des dépôts atmosphériques..



**Figure 31 : Variations de la concentration d’Arsenic**

La concentration maximal en Arsenic enregistrer au niveaux des effluent de la STEP de Sebkhya est de 21,68  $\mu\text{g/L}$  et la valeur minimal est de 0  $\mu\text{g/L}$  avec une moyenne de 9,12  $\mu\text{g/L}$ . Les concentrations en Arsenic obtenus sont très inférieures à 100  $\mu\text{g/L}$  considéré comme étant la concentration limite pour les eaux usées destinées à l'irrigation.

### VI.4 Qualité de l’eau destinée à l’irrigation

L’analyse et l’interprétation des résultats obtenus, selon Richards (1954), nous permettent de prévoir et évaluer les risques probables sur la nature des sols et de la végétation quant à l’utilisation de ces eaux usées.

D’après Richards (1954), le risque de salinisation des sols peut être apprécié par la conductivité électrique et celui de l’alcalinisation des sols par le SAR.

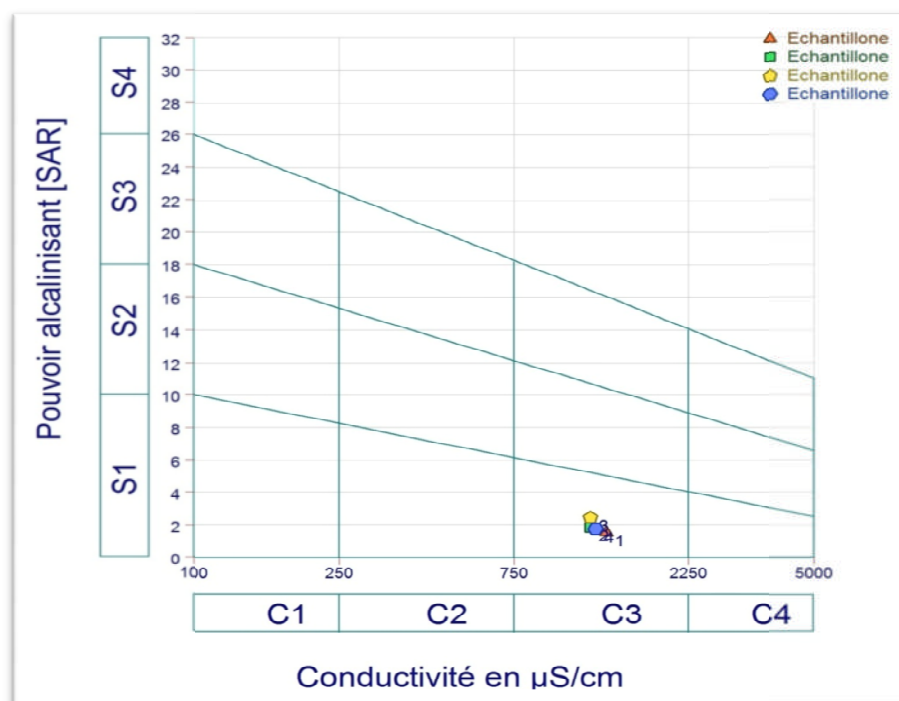
On utilise le SAR pour classer les risques liés au sodium dans les sources d'eau d'irrigation. L'eau caractérisée par un SAR supérieur à 10 aura tendance à produire une accumulation de sodium dans le sol. Le sodium agit au niveau de la défloculation du sol argileux ce qui entraîne une diminution de la macroporosité (air) et du taux d'infiltration de l'eau. Cette action sur la structure du sol est particulièrement néfaste pour les gazons fortement piétinés.

Le SAR est obtenu par la formule suivante :  $SAR = \frac{Na}{[(Ca + Mg)2]^{0,5}}$  Les concentrations sont exprimées en méq/L

Une eau avec un SAR très élevée présente des concentrations importantes en Na échangeable. Ce dernier peut se substituer aux ions alcalino-terreux (Ca et Mg) des argiles et entraînant ainsi l'obturation des pores et par suite une imperméabilisation des sols (Richarde et al., 1959).

#### VI.4.1 Quantification des effluents de la STEP

Le report des analyses chimiques des effluents de la STEP de Nouakchott sur le diagramme d'aptitude d'irrigation montre bel et bien que les effluents de la STEP appartiennent à la classe C3-S1 (Figure.32). C'est une eau admissible, convenable à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés.



**Figure 32 : Diagramme de classification de l'eau d'irrigation**

## Conclusion Générale

A la lumière des résultats obtenus au niveau des paramètres physicochimiques et métalliques mesurés au niveau des effluents de la STEP on constate que : l'étude de la qualité physicochimique et métallique des effluents de la STEP du périmètre maraîcher du Sebkhia a montré que :

Les paramètres physiques (Température, pH, conductivité électrique, TDS) répondent à la norme en matière d'irrigation.

En ce qui concerne les paramètres chimiques (Dureté, calcium, sodium, potassium, chlorures, bicarbonates, ammonium et orthophosphates). Parmi ces paramètres chimiques seuls les bicarbonates présentent des teneurs très élevées dépassant les teneurs limites fixées

L'étude des métaux lourds tel que le fer, le Manganèse, le cuivre, le plomb, le cadmium, l'arsenic et le mercure a montré la présence de ces métaux à des concentrations en dessous des seuils fixées pour les eaux usées utilisées en irrigation.

La présence de certains métaux tels que le plomb, le cadmium, l'arsenic et le mercure à l'état de traces incite la mise en place d'un système de traitement adéquat qui permettra l'élimination totale des traces de métaux lourds.

Donc en fin l'eau de la STEP est admissible pour l'agriculture et même avec sa teneur élevée en chlorure il n'a pas des effets néfastes sur l'agriculture .

D'une autre part on doit faire attention à l'accumulation de ces métaux lourds (qui se présentent abondamment dans les eaux de la STEP en trace ) dans les tissus du plant et le sol.

## Références bibliographiques

- BELHAJ A. (2001).** Les épidémies d'origine hydrique dans le monde.  
*Synthèse Technique, ENGRET centre de Montpellier et OIE de Limoges, pp 1-16.*
- BOUAROUDJ S. (2012) .** **Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation.**  
*Rapport de fin d'étude (Magistère en Ecologie), Université Mentouri Constantine,75p.*
- BRGM, (1967).**Etude géochimique des eaux souterraines de l'Afrique de l'ouest: nappes du sud-ouest Mauritanien, Rapport BRGM, 250 p.
- CARUBA R. et DARS R, (1991) .**Géologie de la Mauritanie.  
*Institut supérieure scientifique de Nouakchott, 321p.*
- DAHINDEN M . (2006) .**Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation.  
*Rapport de fin d'étude (Master), Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg ,80 p.*
- DAVID L.S, DANIEL S. et JANICE E.C. (2000).**Hepatic microsomal desulfuration and dearylation of chlorpyrifos and parathion in fingerling channel catfish: lack of effect from Aroclor 1264,*Aquatic Toxicology, 50, pp. 141-149.*
- DAFRI A . (2008) .** Biodégradation des crésols par le microbiote des eaux usées de la ville de Constantine.  
*Rapport de fin d'étude (Magistère en Microbiologie appliquée), Université Mentouri Constantine.79p.*
- DEMBA O. (2012) .**Aspects physico-chimique et bactériologique des effluents de la station d'épuration destinés à l'agriculture périurbaine de Nouakchott.  
*Rapport d'fin d'étude (DEA), université cheikh anta diop de Dakar,69p.*
- EL KHOKH K, BELGHYTI D, EL KHARRIM K, KBIBCH A, CHENTOUFI . (2011) .** Caractérisation physico-chimique des eaux usées urbaines de la ville de Mechraa Belksiri (Gharb, Maroc).  
*Science Lib, Volume 3 N° 110205*
- EDDABRA R. (2011).** Evaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du Grand Agadir : isolement, caractérisation moléculaire et antibioresistance des espèces du genre Vibrio.  
*Thèses de Doctorat, Université de Strasbourg, 146 p.*
- Khodapanah L,Sulaiman WNA,Khodapanah DN.(2009).**Groundwater Quality Assessment for Different Purposes in Eshtehard District, Tehran, Iran.  
*EuropeanJournal of Scientific Research, Vol. 36, No. 4, 543-553.*



**Loué A. (1993).** Oligo-éléments en agriculture.

*Ed. Nathan (ed), 45-177.*

**Mario M. (1996)** .Rapport de la mission FAO: développement de la production maraîchère dans les périmètres urbains et périurbains de Nouakchott, 22pages.

**M. Al-Shammiri, A. Al-Saffar, S. Bohamad, M. Ahmed. (2005).**Waste Water Quality and Reuse in Irrigation in Kuwait Using Microfiltration Technology in Treatment.

*Desalination, Vol. 185, 1-3, 213-225.*

**N'DIAYE.AD, OULD KANKOU M. O. S. A et IBNO NAMR K, (2012)** .Combinaison des paramètres physicochimiques avec des méthodes d'analyses Statistiques dans l'Évaluation de l'Arsenic contenu dans les eaux usées urbaines de Nouakchott.

*Science Lib, 4, 120105,11p ISSN 2111- 4706 .*

**NebilB, (2010).** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques.

*Thèse de Doctorat, Université de Sfax, 236 p.*

**N'DIAYE AD, Ould KANKOU M.O.S.A et IBNO NAMR K. (2011).**Caractérisation des effluents de la STEP du périmètre maraîcher du Sebkh, Nouakchott.

*Science Lib Editions Mersenne: Volume 3, N ° 110805 ISSN 2111-4706*

**N'DIAYE.AD, OULD KANKOU M. O. S. A et IBNO NAMR K, (2013)** .Contribution à l'étude de l'origine du plomb contenu dans les effluents de la STEP utilisés en agriculture dans le périmètre maraîcher de la sebkh (Nouakchott, Mauritanie).

*Larhyss Journal n° 12, pp. 85-93*

**OULD KANKOU M. O. S. A.,(2004)** .Vulnérabilité des eaux et des Sols de la rive droite du Fleuve Sénégal en Mauritanie , Etude en laboratoire du comportement de deux Pesticides, *Thèse de Doctorat, Université de Limoges. 159 p.*

**Ould Babah I. O. A , (2007)** . développement du système de qualité environnement et sanitaire de la distribution de l'eau potable à Nouakchott.

*Thèse de Doctorat Université de Savoie 262 p.*

**OULD ELMOUSTAPHA Ahmed, (2000)** .Influence d'un ouvrage portuaire sur l'équilibre d'un littoral soumis à un fort transit sédimentaire, l'exemple du port de Nouakchott(Mauritanie), *Thèse de Doctorat, Université de Caen.163p.*

**Peter T.J, Biggs S.J., Weeir L.K. et Keating A.B, (2003).**Nitrate in ground waters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia- Agriculture.

*écosystèmes and environnement, 94, pp 49-58.*

**Rodier J, (1996)** .Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer.  
*8 ème édition, Dount, Paris. 340p.*

**Suarez D.L, James D. Wood, Scott M. Lesch., (2006)** . Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain-irrigation management system.  
*Agricultural water management 86,150 – 164*

**SALAHEDDIE R,(2005)**. caractérisation physico-chimique et valorisation des boues résiduaires urbaines pour la confection de substrats de culture en pépinière hors-sol.  
*Thèse de Doctorat, Université Colonel El Hadj Lakhdar,115p*

**Séméga B. M, (1999)** .Nappe Continental Terminal du Trarza (Mauritanie) dans le contexte du bassin sédimentaire côtier sénégal-mauritanien .  
*rapport de stage post Doctoral.177pages.*

**Séméga B.M, (1995)** .Interactions physico-chimiques des eaux de la nappe côtière du Trarza (Mauritanie) à Idini et le long du littoral sud.  
*Thèse d'Université Nice, 232 p.*

#### **RéférencesWeb**

[www.water.gov.ma/userfiles/file/3\\_Irrigation.pdf](http://www.water.gov.ma/userfiles/file/3_Irrigation.pdf)

# Annexes

## Annexe 1 : Matériels et Méthodes d'analyse

### I. Echantillonnage

Le prélèvement des échantillons est d'une grande importance puisque la valeur de leur analyse dépend directement de l'eau prélevée. Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres en polyéthylène rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser. Sur chaque flacon il faut mentionner la date et le lieu de prélèvement de l'échantillon. Les prélèvements ont été effectués hebdomadairement selon le calendrier suivant : le 3 Avril, le 10 Avril, 17 Avril et le 24 Avril 2013.

Lord de cette mission de prélèvement certains paramètres physico-chimiques ont été mesurés ou relevés sur place, à savoir, la conductivité électrique, les TDS, la température de l'eau et enfin le pH. Une base de données préliminaire est établie sur la base de ces mesures.

#### I.1 Température et le pH

Ces deux paramètres physiques ont été mesurés par un pH mètre de type Wagtech muni d'une sonde pour la mesure de la température.

#### I.2 Conductivité et les TDS

La conductivité d'une eau traduit sa charge en particules ioniques et est d'autant plus élevée que la concentration des ions est importante. La conductivité électrique et les TDS ont été mesurés à l'aide d'un conductimètre de type Wagtech.

#### I.3 Turbidité

La turbidité a été mesurée par un turbidimètre de type Wagtech muni d'étalons de 0,02 NTU, 20 NTU, 100 NTU et 800 NTU

### I.2 Méthode d'Analyse

#### I.2.1 Spectrophotomètre à Emission de 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.

Il s'agit d'un instrument analytique muni d'une solution d'étalon contenant 20 mg/L de sodium et potassium et un blanc contenant de l'eau distillée. Les métaux alcalins sodium ( $\text{Na}^+$ ) et potassium ( $\text{K}^+$ ) sont dosés par spectrométrie de flamme.

### I.2.2 Dosages Volumétriques

Cette méthode est utilisée pour la détermination les paramètres suivantes : la dureté totale (TH), le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ; le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), les Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) et la Demande Chimique en Oxygène (DCO).

#### I.2.2.1 Dosages Bicarbonates

Principe : L'alcalinité d'un échantillon correspondant à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes. Le titre alcalimétrique ou TA permet l'évaluation de la teneur en hydroxydes et en carbonates. Le titre alcalimétrique complet TAC correspondant à la teneur de l'échantillon en carbonate et en bicarbonate dans l'eau.

#### Réactifs :

- Solution titrée de HCl 0,01
- Solution méthyle rouge 0.05% :

Méthyle rouge .....	5g
Eau distillée.....	100ml
Phénophtaléine .....	0.5 g
Eau distillée.....	100ml

#### Mode opératoire :

On prend 25ml de l'échantillon, mettre dans un erlenmeyer et on ajoute 3 goûtes de l'indicateur de méthyle rouge 0,05%. Titrer par HCl 0,01N jusqu'à ce que la couleur devienne rouge, arrêter la titra-Titrer et lire le volume V.

Expression de résultat

$$G_{\text{HCO}_3^-} = 61 \times V \text{ [ mg/l ]}$$

Où  $G_{\text{HCO}_3^-}$  teneur en  $\text{HCO}_3^-$  , V le volume de HCl utilisé au cours du dosage.

### I.2.2.2 Dureté totale (TH)

Dureté totale représente l'ensemble des ions calciums ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) dans une eau.

Principe: L'ensemble des ions calciums ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) est complexé par l'EDTA sel di-sodique en présence d'une solution tampon et du noir Eriochrome T.

#### Réactifs :

##### Solution d'EDTA- N/50 :

EDTA-N/50. ....7.442g

Eau distillée.....1000 ml

##### - Solution tampon

$\text{NH}_4\text{Cl}$  .....27g

$\text{NH}_3$  32% .....137ml

Eau distillée .....500ml

##### - Solution indicateur :

Noire Eriochrome T (NET).....2g

Alcool éthylique 96% .....500ml

#### Mode opératoire :

On prélève 50ml de l'échantillon, on met 2ml de solution tampon et on y ajoute de l'indicateur Noir Eriochrome T. On procède alors à un titrage volumétrique avec l'EDTA- $\text{Na}_2$  0,02N.

Expression des résultats

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

Où TH= dureté totale exprimée en degré français

V le volume de EDTA- $\text{Na}_2$  utilisé.

NB :  $1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg de CaCO}_3$

### I.2.2.3 Dosage du Calcium :

Principe : on ajoute dans l'eau à analyse une solution tampon de soude à pH voisin de 12 – 13 pour que les ions magnésium soient complexés. Puis on titre les calciums par l'EDTA N/50.

#### Réactifs :

Solution d'EDTA-Na<sub>2</sub> N/50 :

EDTA--Na<sub>2</sub> .....7.442g

Eau distillée .....2000ml

Solution de soude à 4% :

NaOH.....4g

Eau distillée .....100ml

Indication: Murexide

#### Mode opératoire:

On prend 50ml de l'échantillon on ajoute 2ml de NaOH 1M puis de l'indicateur de calcium (0,2- 0,5) mg. On titre ensuite par le EDTA-Na<sub>2</sub> à N/50.

Expression des résultats :

$$[Ca^{2+}] = 8.016xV [mg/l]$$

$$[Ca^{2+}] = 8,016 * V_e (mg/l)$$

[Ca<sup>2+</sup>] : teneur en Ca<sup>2</sup> exprimée en mg/l

V<sub>e</sub> : est le volume d'EDTA-Na<sub>2</sub> ajouté (ml)

### I.2.2.4 Dosage du Magnésium

principe : Les ions magnésium (Mg<sup>2+</sup>) sont complexés par l'EDTA, sel di sodique en présence d'une solution tampon et de noir Eriochrome-T (NET). Les ions calcium sont éliminés par l'ajout d'une solution d'oxalate de potassium.

#### Réactifs

Solution d'EDTA (M/50)

Solution d'oxalate de potassium à 20% :

K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.....20g

Eau distillée .....100 ml

Solution tampon :

NH<sub>4</sub>Cl.....27g

    NH<sub>3</sub> 32%.....137ml

    Eau distillée.....500 ml

Solution indicateur :

Erichrome Noir T (NET).....2g

Alcool ethylique 96%.....500 ml

### **Mode opératoire:**

On prend 100 ml de l'échantillon à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml, ajouter 2 ml d'oxalate de potassium à 20%, procéder à la filtration puis ajouter au filtre le volume acide chlorhydrique correspondant, au dosage TAC. Ajouter ensuite 5 ml de la solution tampon et 10 gouttes du NET, la solution a une coloration rose titrer avec la solution d'EDTA (M/50) jusqu'au virage au bleu.

### **Expression des résultats :**

Soit V le volume (en ml) de l'EDTA) correspondant au virage, la concentration des ions magnésium est donnée par l'expression :

$$[Mg^{2+}] = 4,86 \cdot V \text{ (mg/l)}$$

V : volume d'EDTA correspondant au Mg<sup>2+</sup>.

[Mg<sup>2+</sup>] : teneur de l'échantillon en magnésium.

#### **I.2.2.5 Dosage des chlorures :**

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

#### **Réactifs**

Indicateur de chromate de potassium :

    Chromate de potassium 5%.....5 g

    Eau distillée .....100ml

Solution de nitrate d'Argent :

Nitrate d'Argent .....16,987g  
Eau distillée.....1000ml

**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  $AgNO_3$ .

Expression des résultats :

$$[Cl^-] = V \times 35,5 [mg/l]$$

Où  $[Cl^-]$  = concentration en  $Cl^-$  et  $V$  le volume de  $AgNO_3$ .

**I.2.2.6 Détermination de la Demande Chimique en Oxygène**

**Réactifs**

- Permanganate de potassium
- Acide sulfurique concentré
- Oxalate de sodium
- Sulfate de cuivre

**Préparation des Solutions**

- Solution de permanganate de potassium N/40
- Solution d'oxalate de sodium N/40

**Mode opératoire**

- Prélever 10 mL de l'échantillon
- Mettre dans un ballon de 100 mL
- Ajouter 5 mL de l'acide sulfurique concentré
- Ajouter 1 g de Sulfate de cuivre

Préparer une solution de permanganate de potassium (N/40) dont on ajoute 3 mL dans le ballon, le ballon est déposé dans un bain marie pendant 30 minutes

On retire le ballon du bain marie et on ajoute d'oxalate de sodium (N/40)

Immédiatement on titre par le permanganate de potassium N/40



On répète la même procédure avec le blanc c'est-à-dire de l'eau distillée en prenant 10 ml.

Expression des résultats

A = ml de  $\text{KMnO}_4$  utilisé pour l'échantillon.

B = ml de  $\text{KMnO}_4$  utilisé pour le blanc.

1/40 = Normalité de  $\text{KMnO}_4$ .

8000 = milliéquivalent masse de l'oxygène  $\times$  1000 ml/L.

### **I.2.3 Dosage Photométrique:**

La photométrie est une méthode d'analyse instrumentale basée sur le fait que les substances colorées absorbent une partie du spectre lumineux. Souvent un composé chimique coloré va absorber une longueur d'onde spécifique que l'on peut déterminer en balayant une solution de ce composé de toutes les longueurs d'onde composant la lumière blanche. Il s'agit d'un Photomètre de type Wagtechle à l'aide duquel on a mesuré les paramètres suivants :

L'ammonium, les orthophosphates, les sulfates, le fer, le Manganèse, le Cuivre et l'Aluminium.

#### **I.2.3.1 Dosage de l'ammonium**

Réactifs et Matérielle :

Pastille Ammonia N°1

Pastille Ammonia N°1

Photometer Wagtech

Eprouvettes rondes, verre, 10ml

#### **Procédure de test**

- Remplir le tube jusqu'à 10 ml.
- Ajouter une pastille 'Ammoniac N° 1' et une pastille 'Ammoniac N° 2', écraser et remuer pour dissoudre.
- Attendre 10 minutes pour permettre le développement complet de la couleur.
- Sélectionner Phot 4 pour mesurer l'ammoniac en mg/l N ou sélectionner Phot 62 pour mesurer l'ammoniac en mg/l  $\text{NH}_4$ .
- Lire le résultat (voir mode d'emploi de l'instruction).

### **V.2.3.2 Dosage de Cuivre**

#### **Réactifs**

Pastillecuivre N°1

Pastille cuivre N°1

PhotomètreWagtech

Eprouvettes rondes, verre, 10ml

Séparation du Cuivre résiduel

Le photomètre à lecture directe est programmé pour le cuivre libre et total. Utiliser le programme Phot 10 Cuivrelibre, puis sélectionner ‘suivant’ pour continuer au programme Phot 11 Cuivre total.

#### **Procédure de test**

- Remplir le tube jusqu'à 10 ml
- Ajouter une pastille ‘cuivre N° 1’, écraser et remuer pour dissoudre.
- Sélectionner Phot 10.
- Lire le résultat
- Le résultat pour le Cuivre libre s’affiche en mg/L Cu. Arrêter le test à cette étape si vous ne désirez mesurer que le cuivre libre.
- Ajouter une pastille ‘cuivre N° 2’ , écraser et remuer pour dissoudre.
- Lire le résultat
- Le résultat s’affiche en mg/L Cu – Cuivre Total.

### **I.2.3.3 Dosage de Manganèse**

#### **Réactifs**

PastilleManganèse N°1

Pastille Manganèse N°2

Photomètre Wagtech

Eprouvettes rondes, verre, 10ml

#### **Procédure de test**

- Remplir le tube jusqu'à 10 ml.(Voir Note1).
- Ajouter une pastille 'Manganèse N° 1' écraser et remuer pour dissoudre.
- Ajouter une pastille 'Manganèse N° 2' écraser et remuer pour dissoudre.
- Attendre 20 minutes pour permettre le développement de la couleur.
- Sélectionner Phot 20.
- Lire le résultat
- Le résultat s'affiche en mg/L Mn.

#### **I .2.3.4 dosage de Phosphate**

##### **Réactifs**

Pastille Phosphate N° 1

Pastille Phosphate N° 2

Photomètre Wagtech

Eprouvettes rondes, verre, 10 ml

##### **Procédure de test**

- Remplir le tube jusqu'à 10 ml.
- Ajouter une pastille Phosphate N°1', écraser et remuer pour dissoudre
- Ajouter une pastille 'Phosphate N°2', écraser et Attendre 20 minutes pour permettre le développement complet de la couleur.
- Sélectionner Phot 20.
- Lire le résultat
- Le résultat s'affiche en mg/l PO<sub>4</sub>.

#### **I .2.3.5 Dosage de Fer**

##### **Réactifs**

Pastille Iron

PhotomètreWagtech

Eprouvettes rondes, verre, 10 ml

### **Procédure de test**

- Remplir le tube jusqu'à 10 ml ;
- Ajouter une pastille Iron. LR, écraser et remuer pour dissoudre ;
- Attendre 1 minute pour permettre le développement de la couleur ;
- Sélectionner Phot 18 ;
- Lire le résultat ;
- Le résultat s'affiche en mg/l Fe

### **I.2.3.6 Dosage d'Aluminium**

#### **Réactif**

Pastille Aluminium N° 1

Pastille Aluminium N° 2

Photomètre Wagtech

Eprouvettes rondes, verre, 10 ml

#### **Procédures de test**

- Remplir le tube jusqu'à 10 ml.
- Ajouter une pastille Aluminium No 1', écraser et remuer pour dissoudre
- Ajouter une pastille 'Aluminium No 2', écraser et remuer doucement pour dissoudre.  
Eviter d'agiter vigoureusement
- Attendre cinq minutes pour permettre le développement complet de la couleur.
- Sélectionner Phot 14.
- Lire le résultat (voir mode d'emploi de l'instrument).
- Le résultat s'affiche en mg/L AL

### **I.2.4 Spectrométrie d'Absorption Atomique à Flamme et à Four graphite**

C'est une technique qui s'est largement développée ces dernières années. Elle est actuellement d'utilisation courante pour le dosage de métaux lourds.

Principe : La spectrométrie d'absorption atomique fonctionne avec des lampes à cathode creuse qui émet des rayonnements lumineux à des longueurs d'ondes bien déterminées et

spécifiques pour chaque élément. Lorsque les éléments sont mis à des températures très élevées, ils passent de l'état fondamental à l'état excité (Atomisation).

L'énergie émise par la lampe à cathode creuse est absorbée par l'élément à l'état atomique. Cette énergie absorbée est quantifiée par le détecteur qui la transforme en courant électrique sous forme de densité optique.

En spectrométrie d'absorption atomique on distingue deux types:

- la spectrométrie d'absorption atomique avec flamme : Pour les éléments qui existent en grande concentration ex: (Fe, Zn,...).
- la spectrométrie d'absorption atomique avec four: pour l'analyse des éléments qui existent à des teneurs très faible ex : (Pb, Cd, Cr...)

Application : Cette technique est appliquée pour les analyses des métaux dans l'eau, sel, sédiment et dans la matière biologique tel que (poissons, algues, sang, urine, cheveux...etc.). Pour les matrices qui contiennent des matières organiques, il faut la minéralisation avant toute lecture.

Avantage :

Cette technique présente les avantages suivants : Universalité : la possibilité de doser un nombre important d'éléments et la sélectivité : les éléments peuvent être dosés les uns après les autres.

Remarque :

La Spectrométrie d'Absorption Atomique est sujette à des interactions pouvant conduire à des erreurs de mesures, mais les moyens de les éviter sont simples et relativement variés : la contamination, qui peut provenir soit du matériel non propre soit des réactifs non purs, utilisation de solutions étalons adéquates. Il y a donc lieu d'éviter les erreurs de manipulation en utilisant des réactifs purs et du matériel bien propre pour éviter la contamination et parfois utiliser des modificateurs de matrice.

#### **I.2.4.1 Détermination du Plomb (Pb) et Cadmium (Cd) par spectrométrie d'absorption atomique :**

##### **Réactifs**

- HNO<sub>3</sub> (65% pour analyse, ISO, Merck).
- Détergent spécial de laboratoire.

- Eau bi- distillé.

Procédure :

- 1- laisser tremper le matériel toute une nuit dans une solution de savon (2% dans de l'eau du robinet) dans un bac en plastique.
- 2- Rincer abondamment d'abord avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- 3- Laisser tremper le matériel dans une solution d'acide nitrique 10% (V/V) pendant au moins 6 jours à température ambiante.
- 4- Rincer abondamment avec de l'eau bi-distillé (au moins 4 fois).
- 5- Mettre le matériel à sécher.
- 6- Stocker le matériel dans des sacs en polyéthylène fermés hermétiquement, pour prévenir le risque de contamination.

#### **Traitement de l'échantillon :**

Les prélèvements des échantillons d'eau sont faits dans des tubes en PET de 50 ml contenant 0,2% acide nitrique supra pur et l'analyse de métaux lourds directe par la spectrométrie d'absorption atomique est opérée.

#### **Blanc de réactif :**

Il s'agit d'une solution d'acide nitrique de 0,5 % (V/V) avec de l'eau bi-distillée.

#### **Solution standard :**

Les standards pour la courbe de calibration doivent être préparés en utilisant les mêmes réactifs que pour les échantillons.

#### **Pour le plomb :**

A partir d'une solution mère de 1000 mg/L des séries de dilutions ont été effectuées et on obtient des solutions d'étalons suivants : 20 µg/L, 40 µg/L, 60 µg/L et 100 µg/L.

#### **Pour le cadmium :**

A partir de la solution mère de 1000 m/L des séries de dilution ont été effectuées et on obtient des solutions d'étalons suivants : 3 µg/L, 5 µg/L et 10 µg/

#### **Annexe 2 :Résultats des analyses physicochimique durant le moi d'Avril**

paramètres	Unité	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4
température	°C	24,6	24,2	24,2	24,25
PH		7,48	7,23	7,79	7,24
Conductivité	mg/l	1347	1216	1218	1260
TDS	mg/l	674	606	609	628
Turbidité	NVU	87,1	42,7	36,3	53,5
TH	F°	13,41	12,81	10,8	7,24
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	18	15	22	17
Ca <sup>++</sup>	mg/l	28,05	17,63	14,2	20,04
Mg <sup>++</sup>	mg/l	15,55	20,41	17,49	19,92
Na <sup>++</sup>	mg/l	42	49	59	47
K <sup>++</sup>	mg/l	28	28	32	33
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	46	39	32	33
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	719,8	671	683,2	701,5
Cl <sup>-</sup>	mg/l	276,9	156,2	156,2	220,1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	900	850	875	860
Fe	µg/l	0,16	0,24	0,18	0,25
Al	µg/l	0,14	0,08	0,1	0,06
Cu	µg/l	0,56	0,72	0,4	0,64
As	µg/l	3,806	0	21,68	11,03
Pb	µg/l	4,545	9,77	0	0
Cd	µg/l	1,09	0,705	0,775	0,661
Hg	µg/l	0,074	0,074	0,025	0
Mn	µg/l	4	5	3	4
DCO	Mg/l	40	30	50	57

**Tableau 5 : Résultats des analyses durant le moi d'Avril**

### Annexe 3 : Norme de marocain l'eau destiner à l'irrigation

Paramètres	Valeurs Limites
Mercure (Hg) en mg/L	0,001
Cadmium (Cd) en mg/L	0,01
Arsenic (As) en mg/L	0,1
Chrome total (Cr) en mg/L	1
Plomb (Pb) en mg/L	5
Cuivre (Cu) en	2
Zinc (Zn) en mg/L	2
Sélénium (Se) en mg/L	0,02
Fluor (F) en mg/L	1
Cyanures (CN) en mg/L	1
Phénols en mg/L	3
Aluminium (Al) en mg/L	5
Beryllium (Be) en mg/L	0,1
Cobalt(Co) en mg/L	0,5
Fer (Fe) en mg/L	5
Manganèse (Mn) en mg/L	0,2
Molybdène (Mo) en mg/L	0 ,01
Nikel(Ni) en mg/L	2
Vanadium (V) en mg/L	0,1

**Tableau 6 : Paramètre Toxique**



<b>Paramètre</b>	<b>Valeur limite</b>
<b>Sodium (Na) en mg/L</b>	
<b>Irrigation en surface (SAR)</b>	69
<b>Irrigation par aspersion</b>	9
<b>Chlorure(Cl) en mg/L</b>	
<b>Irrigation en surface</b>	350
<b>Irrigation par aspersion</b>	15
<b>Bore(B) en mg/L</b>	3

**Tableau 7 : Les ions toxiques (affectant les cultures sensibles)**

<b>Paramètre</b>	<b>Valeur limite</b>
<b>Température (°C)</b>	35
<b>Ph</b>	6,5 à 8,4
<b>Matières en suspension en mg/l</b>	
<b>Irrigation gravitaire</b>	200
<b>Irrigation par aspersion localisée</b>	100
<b>Azote nitrique en mg/L</b>	30
<b>Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) Irrigation par</b>	518
<b>Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) en mg/L</b>	250

**Tableau 8 : Effet divers (affectant les cultures sensibles)**