

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des sciences de la nature et de vie et sciences de la terre et de l'univers
Département des sciences de la nature et de la vie



Mémoire
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Science de l'environnement

Présenté par :

M^{elle} : **TELLI HAFSA**

Thème

**Impact des rejets des eaux usées épurées de la
cuvette d'Ouargla sur l'environnement
de Sebkhât Safioune**

Soutenu publiquement :

Le: 24/06/2013

Devant le jury :

Président	Mr .NILI M.S	M.C.B	UKM Ouargla
Promoteur	Mr. SAKER ML	M.C.A	UKM Ouargla
Co- Promoteur	Mr.DADDI BOUHOUN M	M.C.A	UKM Ouargla
Examineur	Mr.IDDER M.A.H	M.A.A	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2012 /2013

liste des Tableaux

<i>Tableau</i>	<i>Titre</i>	<i>page</i>
<i>Tableau 01</i>	Classes de turbidité usuelles (NTU : nephelometric turbidity unit).	04
<i>Tableau 02</i>	Quelques micro-organismes pathogènes dans les eaux usées (BOUTELLI et MENASSIA, 2008).	07
<i>Tableau 03</i>	Les données climatiques de la ville d'Ouargla (2002-2012) (O.N.M, 2013)	16
<i>Tableau 04</i>	Coordonnées géographiques des stations d'étude leurs coordonnées sont déterminées par G.P.S.	29
<i>Tableau 05</i>	Paramètres physico-chimiques des eaux de Sebkhate Safioune	38
<i>Tableau 06</i>	Familles et espèces végétales dans les stations d'étude	55

Liste des figures

<i>Figure</i>	<i>Titre</i>	<i>page</i>
<i>Figure 01</i>	Situation géographique de la région d'étude (Ouargla).	15
<i>Figure 02</i>	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région d'Ouargla (2002-2012).	18
<i>Figure 03</i>	Situation de la ville d'Ouargla selon le Climagramme d'Emberger (2002-2012).	19
<i>Figure 04</i>	Carte géologique locale (BG, 2004) .	20
<i>Figure05</i>	Coupe schématique des formations superficielles de la cuvette (BELLAOUR, 2008).	21
<i>Figure 06</i>	Schéma représentatif de la répartition verticale des eaux souterraines de la région d'étude (HAFOUA, 2005).	21
<i>Figure 07</i>	Schéma de la fluctuation de la nappe phréatique (HAFOUA, 2005).	22
<i>Figure 08</i>	Réseau hydrographique de la vallée de Ouargla (BOUTELLI,2012)	23
<i>Figure 09</i>	Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT) (UNESCO, 1972)	24
<i>Figure 10</i>	Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972).	25
<i>Figure 11</i>	. Chotts et Sebkhass de la vallée de Ouargla (BOUTELLI,2012)	27
<i>Figure 12</i>	Position géographique de la station de Sebkhass Safioun	29
<i>Figure 13</i>	Méthodologie de travail	37
<i>Figure 14</i>	Variations du pH des eaux au niveau de sebkhass de Safioun	38
<i>Figure 15</i>	Variations de la salinité des eaux au niveau de sebkhass Safioun	39

Figure 16	Bilan ionique des eaux au niveau de Sebkhath Safioune	39
Figure 17	Variations des nitrates des eaux au niveau de sebkhath Safioune	40
Figure 18	Variations du niveau de la nappe phréatique à sabkha Safioune	42
Figure 19	Moyenne des mesures du niveau de la nappe phréatique	42
Figure 20	Variations du pH des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhath Safioune	43
Figure 21	pH moyen des eaux phréatiques dans les stations d'étude	43
Figure 22	Variations de la conductivité électrique des eaux phréatiques le long des transects de sebkhath Safioune	44
Figure 23	Variations du résidu sec des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhath Safioune	44
Figure 24	Conductivités électriques moyennes des eaux phréatiques dans les stations d'étude	45
Figure 25	Résidus sec moyens phréatiques dans les d'étude des eaux stations	45
Figure 26	Variations des nitrates des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhath Safioune	46
Figure 27	Nitrates moyennes des eaux phréatiques dans les stations d'étude	47
Figure 28	Variations de l'humidité du sol le long des transects de Sebkhath Safioune	48
Figure 29	Humidité moyenne du sol dans les trois stations d'étude	49
Figure 30	Variations du pH du sol le long des transects de sebkhath Safioune	49
Figure 31	pH moyen du sol dans les stations d'étude	50

Figure 32	Variations de la conductivité électrique du sol le long des transects de Sebkhath Safioune	50
Figure 33	Variations du résidu sec du sol le long des transects de Sebkhath Safioune	51
Figure 34	Salinité moyenne du sol dans les trois stations d'études	52
Figure 35	Variations matière organique du sol le long des transects de Sebkhath Safioune	52
Figure 36	Taux de matière organique moyen du sol dans les stations d'étude	53
Figure 37	Densité des espèces dans la station d'étude	59
Figure 38	Fréquence des espèces dans les stations d'étude	60
Figure 39	Recouvrement des espèces dans les stations d'étude	61

Liste des photos

<i>Photos</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
<i>Photo 1</i>	Composantes du canal de transfert des eaux usées traitées et des eaux de drainage vers Sebkhath Sefioune.	11
<i>Photo 2</i>	Parcours du canal de transfert des eaux usées traitées et des eaux de drainage	11
<i>Photo 3</i>	Arrivée des eaux usées traitées et des eaux de drainage à Sebkhath Sefioune	12
<i>Photo 4</i>	Techniques de prélèvements des échantillons	31
<i>Photo 5</i>	Echantillonnage de sol	32
<i>Photo 6</i>	Prélèvement de sol	33
<i>Photo 7</i>	Echantillons séchés	33
<i>Photo 8</i>	Echantillons de sol à l'étuve	35
<i>Photo 9</i>	Echantillons de sol à dessiccateur	35

Liste des abréviations

Abréviation	signification
DBO	Demande biologique en oxygéné
DCO	Demande chimique en oxygéné
O.N.A	2003
O.N.M	Office nationale Météorologique
SA	Station A
SB	Station B
SC	stationC
G.P.S.	Système position géographique
Hs	Humidité du sol
CEs	Conductivité électrique du sol
RSs	Résidu sec du sol
pHs	PH de sol
pHn	PH de la nappe phréatique
CEn	Conductivité électrique de la nappe phréatique
RSn	Résidu sec de la nappe phréatique
Np	Niveau de la nappe phréatique
PC	Phragmites communis
Tg	Tamarix gallica
Hs	Halocnemum strobilaceum

Remerciements



Avant tout, louange à Dieu, le tout puissant pour nos avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever le présent travail de recherche.

Au terme de ce travail, nous tenons tout d'abord à présenter nos sincères remerciements à :
M^r SAKER M.L., notre promoteur, pour sa patience, ses conseils avisés et l'intérêt qu'il a porté à la réalisation de ce mémoire ;

M^r DADDI BOUHOUN M., notre co-promoteur, pour sa précieuse collaboration, son appui et ses conseils précieux.

Nous sommes très heureuses d'exprimer notre reconnaissance à **M^r NILI M.S.**, d'avoir accepté la présidence de ce jury.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de faire partie de cet honorable jury, et ont bien voulu examiné ce modeste travail, particulièrement **M^r IDDER M.A.H.**

Nous tenons à remercier également tous les personnels des laboratoires du département de nous avoir aidé dans l'accomplissement de cette tâche.

Et nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à réalisation de ce travail.

Hafsa



Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma mère et mon père, que j'aime beaucoup et que Dieu les garde

A mes frères et sœurs,

A mon promoteur,

A mon Co-promoteur,

A toute la famille.

A tous mes amis

A tous ceux que j'aime.

M^{elle} Telli Hafsa





Introduction Générale

Introduction générale

L'Algérie abrite une gamme de zones humides très diversifiées : lacs, lagunes, marais, chotts, sebkha. L'adhésion de l'Algérie à la convention de Ramsar a été effective en 1984, à ce jour, 42 sites sont classés sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, couvrant une superficie de 2 958704 ha, représentant 0.78% du territoire national contre 0.02%, et 0.08%, respectivement pour le Maroc et la Tunisie (**LAOUINI, 2012**).

En Algérie, 1451 zones humides sont recensées, dont 762 naturelles et 689 artificielles. Elle compte également 42 sites classés sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, s'étendant sur une superficie de près de 3 millions d'hectares. Un classement de 18 autres sites sur la liste de Ramsar est en cours de réalisation, selon la DGF. D'après **AEWA (2007)** (Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique Eurasie).

Ces écosystèmes sont très fragiles et menacent par l'effet anthropique. L'étude faite par **Galewski (2008)** montre que les zones humides méditerranéennes subissent cependant de fortes pressions anthropiques qui se sont nettement amplifiées au cours du 20ème siècle. Elles sont utilisées comme des exutoires des eaux excédentaires, surtout dans les régions sahariennes. Cet effet anthropique a contribué à la disparition de la moitié des zones humides de la Méditerranée dans les cinquante dernières années, celles restantes souffrent généralement de dégradation et de pollution, d'origines diverses.

La ville de Ouargla connaît un grave problème d'excédents hydriques, causé par les rejets des eaux de drainage et des eaux résiduaires urbaines.

Ce problème des excédents des eaux est devenu aujourd'hui une véritable menace pour l'environnement et les conséquences s'en font ressentir, aussi bien en agglomération qu'en périphérie des zones habitées (**IDDER, 1998**).

Cette situation a conduit à une remontée importante de la nappe phréatique.

Cette remontée a provoqué la dégradation des conditions environnementales et sanitaires dans la cuvette et a mis en danger l'avenir économique de la région.

Pour améliorer cette situation, les pouvoirs publics, représentés par l'office National de l'Assainissement de Ouargla, ont recommandé la construction d'un canal pour l'évacuation des

eaux usées épurées et des eaux de drainage vers un nouvel exutoire, se situant suffisamment loin de l'agglomération : la Sebkha Safioune. Cette solution a pour objectif d'assurer un assainissement durable de la cuvette de Ouargla.

Dans le cadre de ce mémoire de fin d'étude, nous nous sommes intéressées à l'étude de l'impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla sur l'environnement de Sebkhat Safioune.

Nos travaux de recherches ont été menés dans la sebkha Safioune qui constitue le point le plus bas de la cuvette d'Ouargla. Elle s'étend sur une superficie totale de près de 8000 hectares et constitue l'exutoire naturel des crues des oueds N'sa et M'zab.

Notre étude comporte quatre parties essentielles, se présentant comme suit : la première partie est une synthèse bibliographique, la deuxième partie présente l'approche expérimentale. Notre approche expérimentale a porté notamment sur les aspects suivants; l'étude de la qualité des eaux de la nappe phréatique, la qualité des eaux du point de rejet, l'étude de la qualité des sols, et enfin l'étude du peuplement végétal.

La troisième partie de ce travail est consacrée à l'essentiel des résultats obtenus et les discussions s'y rapportant.



Chapitre I

Eaux usées

Chapitre I. Eaux usées**1. Définition**

Les eaux résiduaires ou eaux usées, ce sont des eaux chargées de pollution, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine (FRANK, 2002).

2. Types des eaux usées

Généralement, il existe différents types d'eaux usées en fonction de leur origine ou de leur mode de collecte qui influencent beaucoup leur composition et leurs caractéristiques, où l'on distingue :

2.1. Eaux usées domestiques

Elles se composent :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières en suspension, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides), et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle.
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (wc), très chargées en matières organiques, en composés azotés, phosphorés et microorganismes (FRANK, 2002).

2.2. Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont les eaux produites par des processus industriels consommateurs d'eau, dont le degré de pollution diffère d'un type d'industrie à un autre (OUALI, 1999).

2.3. Eaux agricoles

Provenant de l'élevage, dont les fumiers et lisières, riches en matières organiques azotées, dont certains composés, les nitrates par exemple, peuvent être entraînés, en raison de leur grande solubilité, par les eaux de lessivage et de percolation (BETTAHR et HAMDI, 2010).

2.4. Eaux pluviales

Selon (FRANK, 2002). Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, peuvent être particulièrement polluées, surtout au début des pluies, par deux mécanismes :

- Les lessivages des sols et surfaces imperméabilisées
- La remise en suspension des dépôts des colleteurs.

3. Indicateurs de la pollution d'une eau

L'étude de la pollution d'une eau, nécessite la connaissance d'un certain nombre de paramètres, qu'on appellera « paramètre de pollution ».

3.1. Les indicateurs physiques

3.1.1. Température

La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable, il est important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où les micro-organismes, pouvant influencer de différentes manières sur la solubilité des sels, des gaz et des intervenants dans les processus d'autoépuration, la multiplication des micro-organismes, affectant ainsi l'épuration biologique (BETTAHR et HAMDIA, 2010).

3.2. Indicateurs particuliers

3.2.1. Matières en suspension

Les matières en suspension comprennent toutes les minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau, incluant les argiles, les sales, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau (BOUKHETALA et IDDOU, 2010).

3.2.2. Turbidité

Elle est due à la présence plus ou moins importante des matières en suspension, d'origine minérale ou organique (BOUTELLI et MENASRIA, 2008).

Tableau 01: Classes de turbidité usuelles (NTU : nephelometric turbidity unit).

Cependant une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension. NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

3.3. Caractéristique organoleptiques

Selon (RODIER, 1996). Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement, où certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport et l'aspect de l'échantillon peut se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités...etc.).

3.3.1. Couleur et odeur

Dans les eaux usées brutes, la couleur est due à la présence de matières organiques ou minérales dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés.

L'odeur est due à une fermentation des matières organiques (BOUTELLI et MENASSIA, 2008).

3.4. Indicateurs chimiques

3.4.1. Potentiel d'hydrogène

Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. C'est l'indice de la pollution industrielle (DALI et ZOUAOUI, 2007).

3.4.2. Conductivité électrique

Elle donne une idée sur la minéralisation de l'eau. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation (BOUTELLI et MENASSIA, 2008).

3.5. Indicateurs organiques

3.5.1. Demande biologique en oxygéné DBO

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygéné en mg /l consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20°C et pendant 5 jours à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (TARADAT, 1992).

3.5.2. Demande chimique en oxygéné DCO

La DCO est d'autant plus élevée qu'il y a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables présentes dans l'eau usée (TARADAT, 1992).

Relation entre DCO et DBO₅

La valeur du rapport DCO/DBO₅ d'une eau usée nous permet d'avoir une idée sur sa biodégradabilité.

La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons ...)

DCO /DBO₅ = 1 → bonne biodégradabilité

DCO /DBO₅ = 1,5 à 2 → biodégradabilité moyenne

DCO /DBO₅ = 3 à 4 → biodégradabilité faible (OUALI, 2001).

La détermination des matières oxydables se fait grâce à la formule suivante

$$M_0 = 2 \text{ DCO} / \text{DBO}_5 / 3$$

3.5.3. Oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau usée domestique, pouvant contenir de 2 à 8 mg/l. (OUALI, 2001).

3.6. Indicateurs biologiques

Les micro-organismes se trouvant dans l'eau usée sont à l'origine de traitement biologique, ils comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

Le Tableau suivant présente quelques parasites pathogènes dans les eaux usées :

Tableau 02: Quelques micro-organismes pathogènes dans les eaux usées (BOUTELLI et MENASSIA, 2008).

Organismes	Symptômes, maladies	Nombre pour un litre	Voies de contaminations principales
Virus			
Virus de l'hépatite A	Hépatite A	-	Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E	-	Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	400 à 85 000	Ingestion
Bactéries			
Salmonella	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	23 à 80 000	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire	10 à 10 000	Ingestion
E. coli	Gastro-entérite	-	Ingestion
Protozoaires			
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
Giardia lamblia	Diarrhée, malabsorption	125 à 100 000	Ingestion
Toxoplasma gondi	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre	-	Inhalation/Ingestion
Helminthes			
Ascaris	Ascariase : diarrhée, troubles nerveux	5 à 111	Ingestion
Ancylostoma	Anémie	6 à 188	Ingestion/cutanée
Trichuris	Diarrhée, douleur abdominale	10 à 41	Ingestion

3.7. Eléments toxiques

La présence des métaux lourds (plomb, mercure, ...) et des substances toxiques (phénols) dans l'eau usée peut la rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.

3.8. Nutriments (azote, phosphore)

Le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates), provenant surtout des poudres à lessives et sous forme organique provenant des matières fécales.

4. Traitement des eaux usées

4.1. Etapes de traitement

4.1.1. Prétraitement

Les dispositifs de prétraitement physique sont présents dans toutes les eaux d'épuration, quelques soient les procédés mis en œuvre à l'aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou les particules les plus grossiers. **(BAOUIA et HABBAZ, 2006)**.

Il comporte 3 parties principales :

4.1.2. Dégrillage

Il consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont l'écartement se mesure habituellement en centimètres **(BECHAC et al, 1984)**.

Le dégrillage a pour objectif :

- ❖ L'élimination des déchets volumineux.
- ❖ La protection de la station de traitement **(DEGRMONT, 2005)**.

4.1.3. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes, les gravies, le sable et les particules minérales plus ou moins fines (diamètre supérieur à 0.2 mm), de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, et à protéger les pompes et autres appareils électromécaniques contre l'abrasion **(MEKKAOUI et HAMDI, 2006)**.

4.1.4. Dégraissage-déshuilage

Cette opération est destinée à éliminer les graisses et les huiles à cause des inconvénients que peuvent provoquer leur présence dans l'eau qui sont les suivants :

- Envahissement des décanteurs ;
- Diminution des capacités d'oxygénation des installations de traitement ;
- Les mauvaises sédimentations dans les décanteurs ;
- Le bouchage des pompes et des canalisations **(BOUTELLI et MENASRIA ,2008)**.

4.2. Traitement primaire

4.2.1. Décantation

Elle permet une séparation de deux phases, liquide- solide ou liquide-liquide, par simple gravité. Elle dépend à la fin des propriétés des particules et du régime hydraulique (THOMAZEAU, 1981).

Selon KAROUNE, 2008, la plupart des stations d'épuration ont effectué deux décantations, l'une sur les eaux usées du prétraitement, l'autre après le traitement biologique. Les boues formées contiennent une forte proportion de matière organique (20 à 30% de matière sèche), des matières grasses (6 à 8 %) et de la cellulose (8 à 15%).

4.2.2. Coagulation-floculation

Ce sont des méthodes qui favorisent la sédimentation des particules flottantes dans les eaux usées, grâce à l'action de réactifs chimiques ajoutés artificiellement (les coagulants ou les floculant) (BOUZIANI, 2000).

4.2.3. Traitements secondaires

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est-à-dire nécessitant un apport oxygène.

Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs (BENZAOUI et ELBOUS, 2009).

4.2.4. Traitement tertiaires

Selon (Emilie, 2002) les traitements complémentaires appelés aussi tertiaires, avancés ou de finissage, ce sont des procédés qui permettent d'améliorer les caractéristiques d'une eau résiduaire après un traitement biologique ou un traitement physico-chimique.

On leur fait appel lorsqu'il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire du milieu récepteur ou en raison d'une réutilisation immédiate.

Ces procédés ont notamment pour but :

- L'élimination de l'azote et du phosphore ;
- la désinfection

4.2.5. Réutilisation des eaux usées

On appelle réutilisation des eaux l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce des actions volontaires.

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte ;

- ✓ La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans passage ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel.
- ✓ La réutilisation indirecte correspond à l'emploi sous forme diluée des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

4.2.5.1. Usage agricole

A l'état brut ou partiellement traité, les eaux usées sont utilisées ;

- ✓ Dans certaines régions du monde pour l'arrosage des champs de luzerne de maïs d'orge et d'avoine.
Les eaux usées partiellement traitées sont utilisées également pour ;
- ✓ L'irrigation de certaines catégories de plantations (des oliviers en Jordanie)
- ✓ L'arrosage des cultures de coton et des plantes fourragées.
- ✓ Pour l'arrosage des espaces verts et les jardins publics dans de nombreuses villes du monde.

En Algérie, l'irrigation par les eaux usées se généralise dans plusieurs régions du pays, par manque d'eau d'irrigation, surtout pendant la saison sèche. Les eaux usées traitées peuvent être réutilisées pour l'arrosage de certains vergers (oliviers, figuiers...) et pour l'arrosage des espaces verts (**BOUZIANI, 2000**).

4.2.5. 2. Usage municipal

Selon (**BENHDID et HARROUZ, 2010**). Il peut couvrir une assez large gamme d'utilisations qui ne requiert pas d'eau de qualité potable. Comme par exemple ;

L'arrosage des parcs et jardins publics;

- ✓ Le lavage des rues ;
- ✓ La lutte contre les incendies ;
- ✓ Le nettoyage des engins de collecte des ordures ménagères

4.2.5.3. Usage industriel

Cette réutilisation est importante en raison du recyclage fréquent des eaux, qui est souvent justifié par la réduction des consommations .mais elle peut aussi concerner les eaux refroidissement.la réutilisation est plus difficile envisager pour des eaux chaudière qui doivent être fortement déminéralisées et pour les eaux des industries agroalimentaire qui doivent avoir la qualité des eaux potables (**BECIS et BETOUIDIANE 2005**).

5. Eaux de rejet dans la ville d'Ouargla**5.1. Assainissement agricole et ses problèmes**

Les palmeraies de la «Cuvette» existent depuis plus d'un millénaire, essentiellement grâce au fameux puits artésiens d'Aïn Sfa de l'ancienne cité de Sédrata, et elles ont connu une extension maximum vers 1958 (année de la réalisation du premier forage Albién). Ce développement s'est poursuivi avec le début du pompage de la nappe du Mio-pléocène en 1962. Toutefois, les premiers travaux de drainage se situent entre 1949 et 1952. Ce n'est qu'en 1949, qu'un effort systématique d'assainissement fut entrepris pour lutter contre le paludisme, il a été construit un véritable réseau de drains aboutissant dans le chott vers la zone déprimée du pied du baten(**Dubost, 2002**).

Actuellement, le réseau de drainage s'étend sur une longueur totale d'environ 80 km. Un canal collecteur à ciel ouvert, d'une longueur égale à 10,5 km traverse la sebkha de Bamendil ainsi que toute la partie Nord de Ouargla. Créant une ceinture de clôture à l'ancienne palmeraie de Ouargla, ce drain n'a pas été réalisé suivant les normes requises puisque l'étude propose une largeur de drain à 12 m et non pas à 6 m, comme c'est le cas actuellement.

Les études et les observations faites sur l'état actuel des réseaux de drainage montrent que la majeure partie des canaux sont inefficaces et à faibles capacité d'évacuation des eaux excédentaires de l'intérieur des palmeraies à cause de sa mal réalisation et organisation, et aussi le manque de son entretien, et la position topographique qu'occupent certaines palmeraies (**SLIMANI, 2006**).

5. 2. L'assainissement urbain**5.2.1. Réseau d'assainissement**

Le réseau d'assainissement urbain de la ville de Ouargla est de type unitaire. Il couvre actuellement les trois communes : Ouargla, Rouissat et Ain Beïda. Il repose sur 66 stations de pompage (relevage et refoulement). On distingue deux types d'assainissement, la majorité des

citoyens sont branchés au réseau d'égout, mais il existe aussi des réseaux d'assainissement selon le mode autonome.

La proportion de raccordement au réseau public pour les trois communes concernées est répartie comme suit :

- 70 % pour Ouargla,
- 50 % pour Rouissant,
- 80 % pour Ain Beïda.

Le réseau d'assainissement de la ville s'étend sur une longueur de 120 km, dont les diamètres varient de 200 mm pour les canalisations secondaires à 1800 mm pour les collecteurs principaux (SLIMANI, 2006).

5.2.2. Diagnostic des installations d'assainissement

D'après (SLIMANI, 2006) Au terme du diagnostic des installations d'assainissement de l'agglomération on avait mis en évidence un certain nombre de carences et des dysfonctionnements importants qui sont rappelés ci- dessous :

5.2.2.1- Branchements au réseau d'égout

Il apparaît que seulement 67 % des habitations de l'agglomération sont raccordés au réseau. Les autres habitations disposent de systèmes d'assainissement autonome (Bonnard & Gardel, 2001).

Toutes situations confondues et tous diamètres pris en compte, on estime que le tonnage de matières actuellement piégées dans les réseaux est évalué à 8000 m³. Sur le réseau principal, 29 % du linéaire est colmaté à plus de 50 %. La statistique incluant la totalité des collecteurs (c'est-à-dire incluant tous les réseaux tertiaires et les branchements) porte cette proportion à plus de 40 %

5.2.3. Eaux de drainage

5.2.3.1. Historique des débits prélevés

Les forages de Ouargla qui captent les aquifères du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal ne sont jamais équipés de dispositifs de mesures des volumes exhaurés. Les données qui figurent dans cet historique de débits publiés jusqu'à présent représentent toujours des valeurs estimées, dont la précision, est assez variable et difficile à apprécier.

A Ouargla et N'Goussa, l'exploitation s'est faite avant 1888 par puits artésiens pour l'irrigation, mais il n'existe pas de données antérieures. En 1888, le débit exploité atteignait 460 m³.s⁻¹ à Ouargla et 62 m³.s⁻¹ à N'Goussa. A Ouargla, ce débit a augmenté sans cesse jusqu'en 1962 (666 m³.s⁻¹), où il s'est stabilisé, les pompages ayant commencé en 1951 à N'Goussa, par contre, le débit a sans cesse diminué (16 m³.s⁻¹) jusqu'en 1969, et ceci malgré l'apparition du pompage en 1967.

5.2.3.2. Evaluation quantitative des eaux de drainage

Selon (SLIMANI, 2006) Dans l'état actuel des choses, il est impossible d'évaluer les volumes d'eaux de drainage par mesure directe des débits au niveau des drains, car le réseau de drainage est très mal organisé et son écoulement est souvent défectueux. En outre, les volumes d'eaux véhiculés par les drains principaux contiennent, en plus des eaux de drainage, de grandes quantités d'eau dont l'origine est difficilement identifiable. Afin d'avoir une estimation approchée des volumes d'eau de drainage à évacuer, nous allons comparer les apports, constitués par les débits d'eau d'irrigation (I) utilisés dans chaque secteur, les précipitations (P) et l'évapotranspiration potentielle (ETP), puisque celle-ci correspond sensiblement aux besoins d'eau maxima des cultures, lorsque celles-ci sont bien alimentées. Etant donné que les apports dus aux précipitations sont négligeables, puisqu'ils ne représentent que 2,5 % environ des besoins

5.3. Localisation des points de rejet

Le premier schéma directeur d'assainissement de la ville de Ouargla propose de faire canaliser les eaux usées vers la station d'épuration d'où elles sont évacuées vers un seul point de rejet (le chott de Ain Beida). Le développement de la population qui n'a pas suivi l'évolution prévue dans l'étude du schéma d'assainissement, a engendré l'augmentation du débit rejeté. De plus, l'absence d'une gestion permanente du système d'assainissement (dysfonctionnement de la station d'épuration et les arrêts très fréquents des pompes) a imposé la modification de ce plan par la création de plusieurs points de rejet tout au long du canal.

Le canal est composé de deux parties, l'ancienne partie qui se trouve à Ain Beida, réalisée depuis 1983 où l'on trouve les points de rejet de Ain Beida, Ouargla, Chott (1992) et Saïd Otba (1993). La deuxième partie, dont les travaux d'exécution ont commencé en 1991 à partir du Chott jusqu'à Haï El Nasr, en passant par Bamendil, avec une longueur de 10,5 km et une pente de 1 ‰. La création, en 1992, du point de rejet de Bamendil, a vu le raccordement des effluents de Bamendil village et Bouameur respectivement en 1998 et 2000.

En 1992, le bassin de décantation de Haï El Nasr a été réalisé avant l'achèvement du canal. Enfin, le point de rejet de la route de Ghardaïa a été créée en 1998. Actuellement, les eaux usées brutes sont orientées vers une station d'épuration par lagunage par refoulement, et subissent les différents traitements conventionnels d'un effluent urbain. La station de lagunage D4 Ouargla, mise en service en 2009, se situe au nord de Saïd Outba. Les eaux usées à traiter arrivent à la station d'épuration par l'intermédiaire de cinq stations de refoulement qui amènent les eaux usées des stations de pompage nœud hydraulique de Chott, de Sidi Khouiled, de la nouvelle station de pompage caserne/hôpital, de la station de pompage douane, et de la route N'Goussa. Les eaux épurées sont évacuées par gravité vers le canal de transfert vers Sebkhata Safioune (S.T.E.P.Ouargla, 2009)

5.4. Evacuation des excédents hydriques urbains et agricoles

Selon (MENSOU, 2012) L'ouvrage d'évacuation des excédents hydriques est constitué d'un canal rectangulaire avec deux chenaux, l'un pour les eaux usées traitées, qui peuvent être utilisées pour l'agriculture le long du transfert, l'autre pour les eaux de drainage de la palmeraie qui ont une très forte salinité (**photo 01**). Ces dernières peuvent être valorisées au niveau de Sebkhata Safioune par la récupération du sel. L'ouvrage part de la station de pompage et aboutit à la sebkha de Safioune, environ 40 km au nord (**Photo.02**). Le canal a une section rectangulaire de 2,9m x 2,3m, avec une cloison centrale d'une hauteur de 1,5 m (Bonnard et Gardel, 2003).

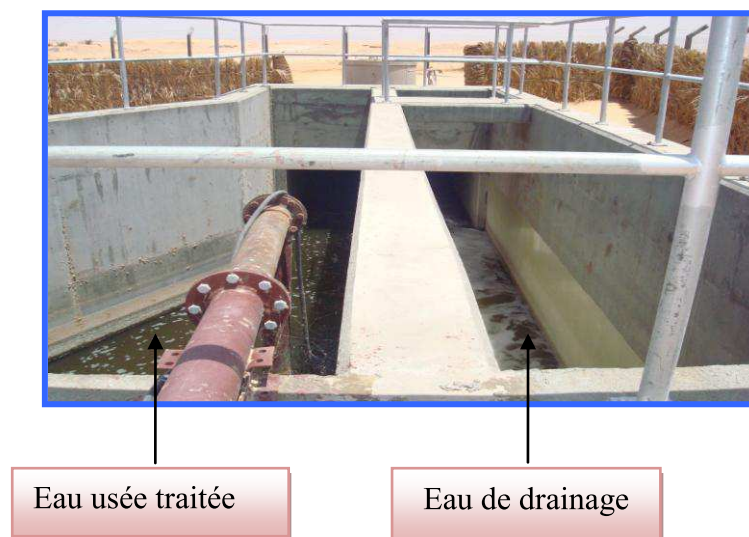


Photo 01: Composantes du canal de transfert des eaux usées traitées et des eaux de drainage vers Sebkhata Sefioune.



Photo02: Parcours du canal de transfert des eaux usées traitées et des eaux de drainage
(MENSOUS, 2012).

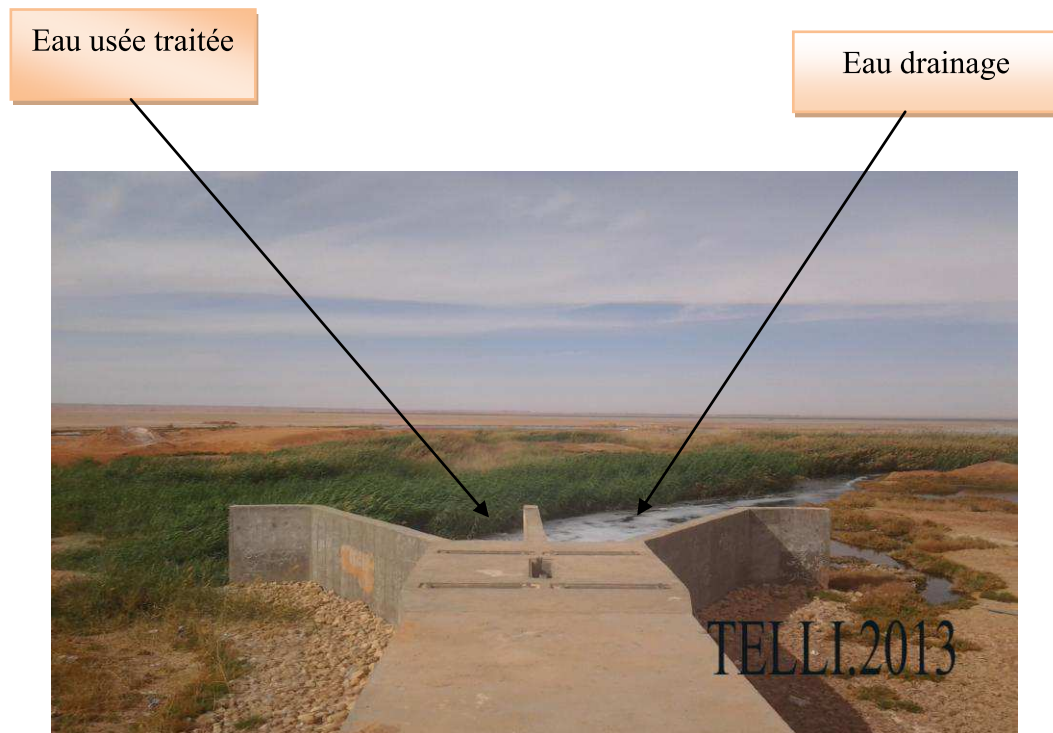


Photo03: Arrivée des eaux usées traitées et des eaux de drainage à Sebkhath Sefioune.

5.5. Rejet de Sebkhath Sefioune

- **Superficie :** sabkaht Séfioune s'étend sur 8000 ha de superficie dont 2500 ha utilisés actuellement comme zone de rejet des eaux usées traitées et des eaux excédentaires d'irrigation de Ouargla (ONA, 2010).
- **Profondeur de l'eau :** varie entre 0,83m au niveau du piézomètre p034, et 1,64 au niveau du piézomètre p023. Notons que ces profondeurs ont été enregistrées durant la

période des hautes eaux (campagne de mesure février 2010), cela nous amène à déduire qu'en cette période de basses eaux, un rabattement sera enregistré et sera en moyenne statistique élaboré par synthèse des campagnes piézométriques antécédentes, de l'ordre de 0,5 à 0,9 m.

- **Volume de l'eau :** actuellement, le volume pompé est de l'ordre de 51000m³ /J, dont 35000m³ issus des eaux épurées et 1600 m³ issus des eaux de drainage agricole (ONA, 2010).
- **Situation actuelle du site :** actuellement, 2500ha de superficie sur 8000 sont utilisés pour récupérer les eaux de drainage agricole et les eaux épurées. Ces 2500ha sont délimités par des digues superficielles réalisées dans le cadre du projet "Assainissement de la vallée de Ouargla" , avec une nature de sols évidemment très salins vu le pouvoir évaporant de Sebket Sefioune, qui ne fait que remonter les sels contenus dans les eaux de la nappe phréatique (+250000mg/l) en surface, avec une nette domination du chlorure de sodium (Na cl), qui s'avère un sel à très lente précipitation.

D'autre part, et vu la réalisation du projet, aucune odeur nauséabonde aux alentours du rejet final n'est signalée, ce qui reflète le bon processus d'épuration des eaux rejetées dans le site en question.



Chapitre II.
Présentation de la région d'étude

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

1. Situation géographique

Ouargla, l'une des Oasis du Sahara algérien; située au Sud Est du pays, au fond d'une large cuvette de la vallée de Oued M'ya, à environ 800km d'Alger. La ville de Ouargla, chef lieu de la Wilaya est située à une altitude de 134-136m, ses coordonnées géographiques sont de 31° 58 de latitude Nord et de 5° 20 de longitude Est (**OZENDA, 1983**).

La wilaya de Ouargla acouvre une superficie de 163233km² et demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Elle est limitée :

- Au Nord par les Wilayat de Djelfa et d'El Oued,
- A L'est par la Tunisie,
- Au Sud par les Wilayat d'Illizi et de Tamanrasset,
- A l'Ouest par la Wilaya de Ghardaïa

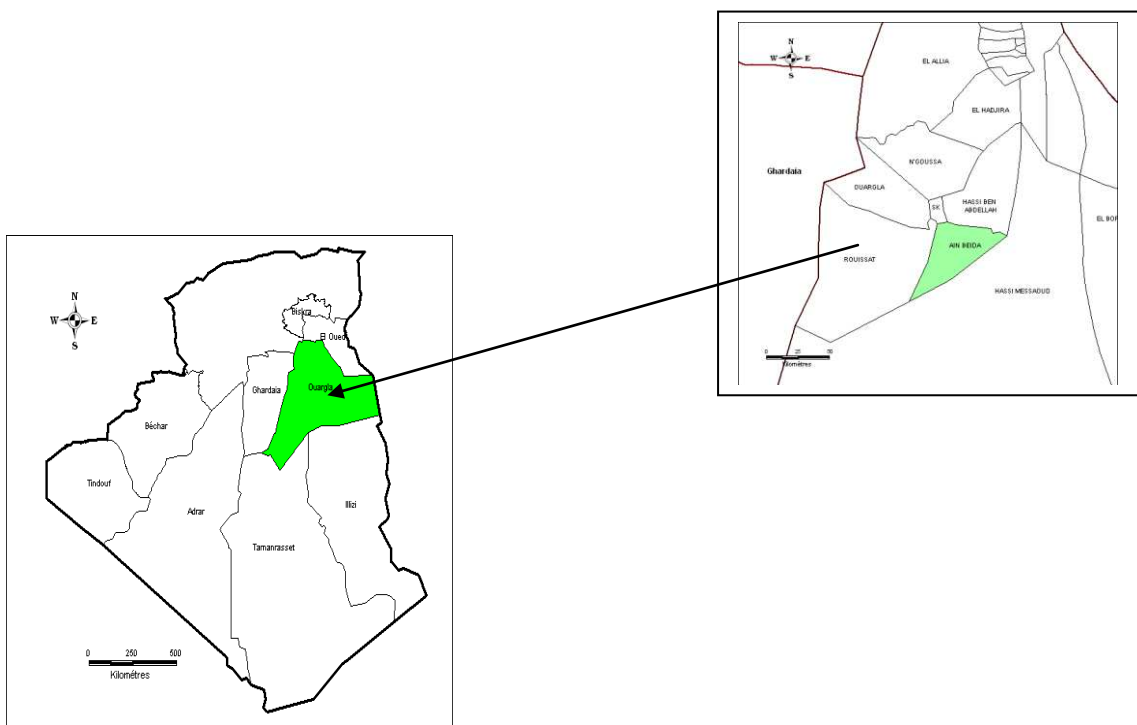


Figure 01: Situation géographique de la région d'étude (Ouargla).

2. Climatologie

2.1. Les données météorologiques de la région de Ouargla

Ouargla est caractérisée par un climat saharien avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées et une forte évaporation.

Tableau 03: Les données climatiques de la ville de Ouargla (2002-2012) (O.N.M, 2013).

Mois	T min (°C)	T max (°C)	T moy(°C)	H (%)	P (mm)	V (km /h)	Evaporation (mm)
Janvier	3.01	17.6	10.5	58.42	8.8	10.62	82.84
Février	5.24	20.33	12.59	53.32	1.14	12.85	118.96
Mars	9.27	24.69	16.93	47.56	3.06	14.8	166.54
Avril	13.74	29.45	21.63	43.74	1.2	16.34	204.34
Mai	17.61	34.07	26.09	40.35	0.83	17.56	301.9
Juin	22.94	39.42	31.71	36.02	0.29	16.82	349.42
Juillet	26.29	43.17	34.76	34.37	0.12	14.11	413.27
Août	25.33	41.92	33.84	38.41	0.61	14.54	385.32
Septembre	20.98	35.99	28.89	47.69	3.24	14.69	272.87
Octobre	15.9	22.32	23.51	51.08	5.63	14.69	199.44
Novembre	8.32	22.32	15.65	56.3	4.95	9.32	121.89
Décembre	4.31	17.79	11.09	58.5	2.32	9.54	83.43
Moyenne annuelle	14.41	29.09	22.27	47.15	2.68	13.82	225.02
Cumul	.....	.....	.....	.....	32.19	.....	2700.22

M : Moyenne mensuelles des températures maxima en °C.

m : Moyenne mensuelles des températures minima en °C.

(M+m)/2 : Moyenne mensuelles des températures maxima et minima en °C.

T : Température; **H** : humidité relative ; **P** : Pluviométrie ; **V** : Vitesse de vent

1.2.1.1. Température

L'année 2012 est caractérisée par des températures moyennes annuelles variantes entre 36,8°C en juillet et août 10,5°C en février (**Tab. 3**). La température maximale la plus importante est enregistrée durant le mois de juillet (44,9 °C), alors que la température minimale la plus faible est enregistrée durant le mois de février avec une valeur de 3,7°C. La tendance semble être la même pour la douzaine 2002-2012 où le mois le plus chaud est celui de juillet avec une température moyenne de 34,76 °C. Par contre, c'est le mois de janvier qui est considéré comme le plus froid (10,5°C).

2.1.2. Précipitation

Dans la région de Ouargla, les pluies sont rares et irrégulières d'un mois à un autre et suivant les années. La hauteur moyenne des précipitations enregistrées sur 10 ans, de 2002 à 2012 est égale à 32,19 mm. Les mois les moins arrosés sont juin avec 0,29 mm, juillet avec 0,12 mm et Aout avec 0,61 mm et Mai

2.1.3. Humidité relative de l'air

A Ouargla, l'humidité varie sensiblement en fonction des saisons de l'année en cours. Durant l'été, elle chute jusqu'à 34,37% en juillet sous l'effet d'une forte évaporation due aux vents chauds comme le sirocco. Par contre en hiver, elle s'élève au dessus de 50% sans jamais dépasser 70 % sur une moyenne de 10 ans (**Tab. 03**). Le degré hygrométrique de l'air reste toujours très faible dans tout le Sahara central (Adrar) et le Sahara méridional (Tamanrasset). Dans cette région d'étude, l'humidité relative de l'air atteint en moyenne un maximum de 58,5% au mois de décembre.

2.1.4. Evaporation

Dans la région d'Ouargla comme partout en milieu aride, l'évaporation est Toujours plus importante sur une surface nue que sous le couvert végétal, surtout en été. Elle atteint un maximum en août avec 413,27mm durant la décennie (2002-2012) et un minimum de 82,84 mm pour le mois de décembre pendant la même période (**Tab. 03**). La moyenne annuelle enregistrée est de 225,02 mm.

2.1.5. Vent

Dans la région d'Ouargla, les vents soufflent pendant toute l'année avec des vitesses variables allant de 9,32 m/s en Novembre à 17,56 m/s en Mai pour la décennie (2002-2012)

(Tab.03). En hiver, ce sont les vents d'Ouest qui prédominent. Au printemps, ils proviennent du Nord, du Nord-est et de l'Ouest. En été et en automne, ils viennent du Nord vers le Sud.

2.2. Synthèse des données climatiques

2.2.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen permet de déterminer la période sèche suivant un principe d'échelle $P = 2T$.

P : précipitation **T** : température moyenne annuelle.

L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche dans la région de Ouargla ; cette période s'étale sur toute l'année (Fig.02).

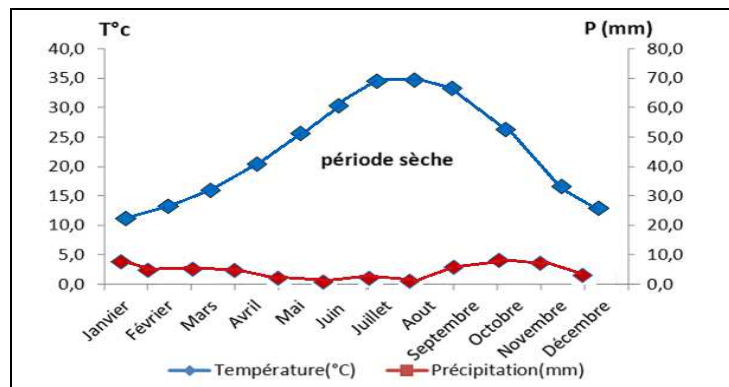


Figure 02 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région de Ouargla (2002-2012).

2.2.2. Climagramme d'Emberger

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté, en abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnée par le quotient pluviométrique (Q3). L'indice est égal au quotient pluviométrique de STEWART, il peut s'écrire :

$$Q3 = 3,43 P / (M-m)$$

Q3 est le quotient pluviométrique.

P est la moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm calculé pour 10 ans (2002-2012)

M est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud.

m est la moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Le climat est d'autant plus sec que le quotient pluviothermique Q3 est plus petit. En observant le climagramme (**Fig. 03**), il est à constater que la région de Ouargla présente un $Q3 = 2.75$ et $m = 3.01$, en conséquence, la région de Ouargla appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux. Elle se caractérise par des températures élevées, une pluviométrie très réduite, une forte évaporation et une luminosité intense.

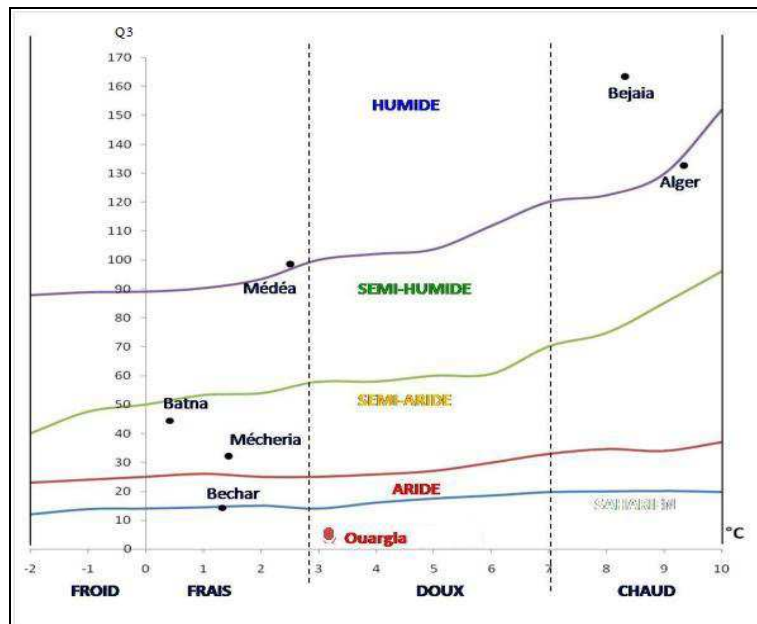


Figure 03: Situation de la ville d'Ouargla selon le Climagramme d'Emberger (2002-2012).

3. Géologie

Le territoire de la ville de Ouargla est situé dans l'immense bassin saharien, caractérisé par la prédominance de dépôts plio-quadernaires. Des affleurements éocènes et créacés se rencontrent néanmoins à l'Est. Il est situé dans une région très peu accidentée et stable tectoniquement.

Trois régions distinctes peuvent être distinguées :

- ✓ Le grande Erg Oriental : vaste dépôt de sable éolien à l'Est et au Sud ;
- ✓ au centre : région de vallée où prédomine les dépôts d'alluvions ;
- ✓ le plateau de M'Zab à l'Ouest.

Du point de vue lithologique et pétrographique, on rencontre dans les affleurements à travers le territoire de la région des alluvions actuels, des sebkhas et croûtes gypso salines, des calcaires lacustres, des conglomérats, des calcaires marneux à rognon siliceux, des marnes et enfin des calcaires dolomitiques (**ROUVILOIS-BRIGOL, 1975**).

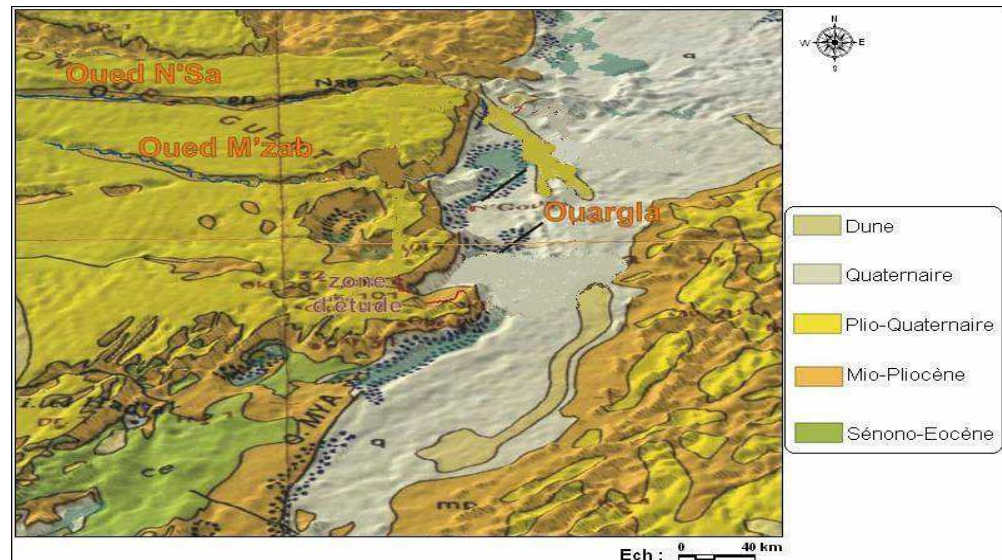


Figure 04: Carte géologique locale (BG, 2004).

4 Géomorphologie

La cuvette d'Ouargla est constituée de (04) quatre éléments géomorphologiques importants (Fig. 05)

4.1. Hamada Mio-Plio-quatrenaire

C'est une formation continentale détritique qui forme un plateau dont l'altitude moyenne est de 200 m. Ce plateau s'abaisse légèrement d'Ouest en Est où il est très fortement érodé et ne laissant que quelques buttes témoins, appelées "goure".

4.2. Glacis

Sur les versants ouest de la cuvette s'étagent du plus ancien au plus récent, d'Ouest en Est sur quatre niveaux de 200 à 140 m d'altitude. Les glacis situés à 180 et 160 m se caractérisent par des affleurements du substrat gréseux du Mio-Pliocène. L'Est de la cuvette est un vaste glacis alluvial à sable grossier, situé à 150 m d'altitude.

4.3. Sebkhass

Marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression. Elles sont constituées de sable siliceux et/ou gypseux à croûte gypseuse de surface et de subsurface. En aval de Ouargla, diverses sebkhass alternent avec des massifs dunaires jusqu'à Sebkheth Safioune qui est à 103 m d'altitude, formant le point le plus bas de la région.

4.4. Dunes de sable

Ce sont des formations éoliennes récentes en petits cordon d'environ 150m d'altitude, occupant l'Est et le Sud de la cuvette et bordent les sebkhass.

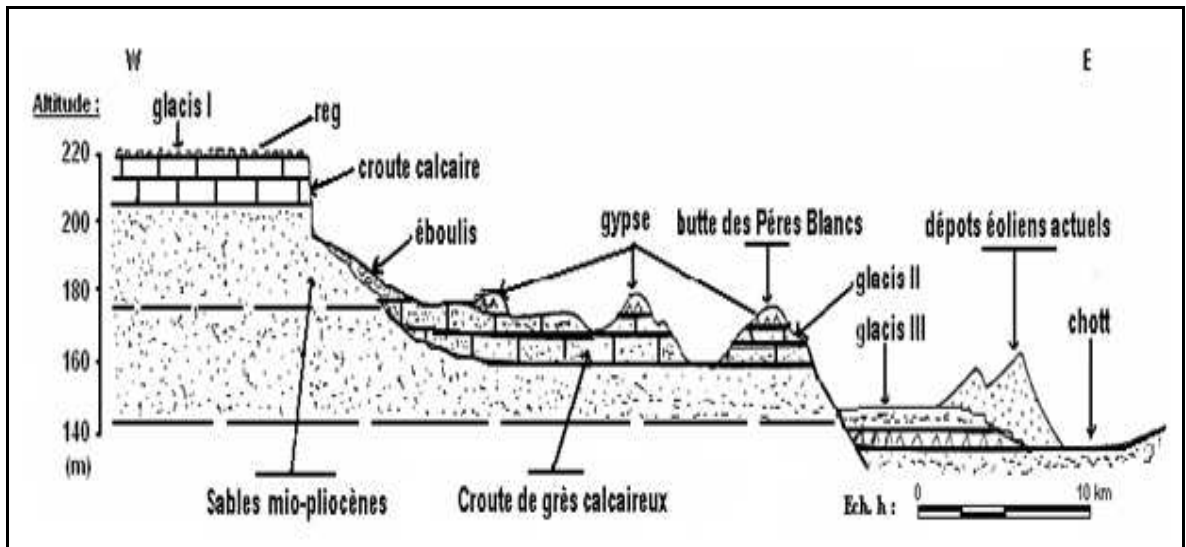


Figure 05: Coupe schématique des formations superficielles de la cuvette (BELLAOUR, 2008).

5. Hydrologie

D'après (BG, 2004), les grands réseaux hydrographiques de la région d'étude sont Oued M'ya et oued M'zab et Oued N'sa qui drainent leurs eaux vers la cuvette de Ouargla, et par conséquent posent des problèmes de remontée des eaux superficielles. La coupe schématique représente la répartition verticale des eaux souterraines (Fig 06).

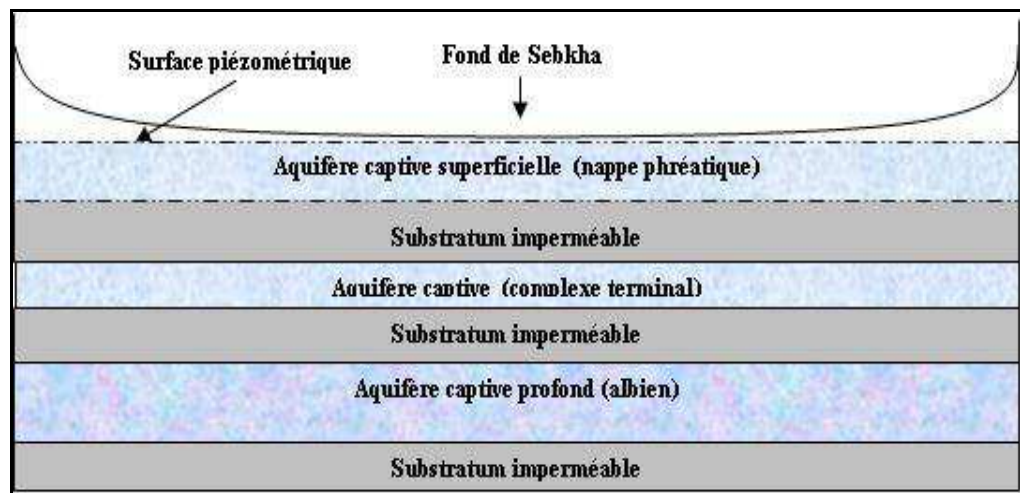


Figure 06: Schéma représentatif de la répartition verticale des eaux souterraines de la région d'étude (HAFOUDA, 2005).

Selon (BOUTELLI, 2012). C'est l'aquifère phréatique qui pose problème, car sa surface piézométrique remonte et étouffe l'appareil végétal des palmiers, ce qui entraîne leur dépérissement, avec une diminution progressive de rendement, puis la mort (Fig 07).

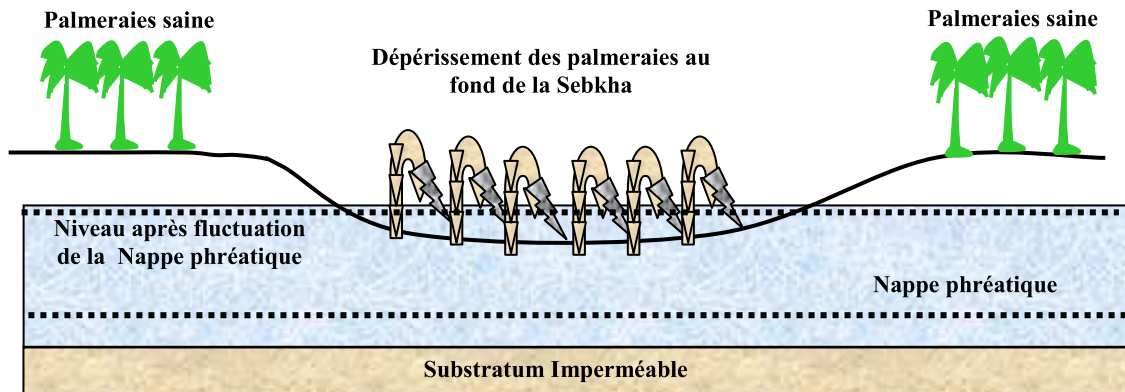


Figure 07: Schéma de la fluctuation de la nappe phréatique (HAFOUDA, 2005).

5.1. Oueds de la vallée de Ouargla

La cuvette de Ouargla est alimentée par trois oueds importants :

5.2. Oued M'Zab

L'Oued M'Zab coule d'Ouest en Est sur environ 320 km, de la région de Botma Rouila à 750 m d'altitude jusqu'à Sebkhet Safioune à 107 m, située au nord de la cuvette de Ouargla. La surface du bassin versant est de 5 000 km². Il n'y a pas d'écoulement pérenne. Les crues sont exceptionnelles, les dernières observées datent de 1901, 1951, 1991 et septembre 1994. Le débit mesuré en 1994 a atteint 13,5 m³/seconde (ONA, 2003).

5.3. Oued N'sa

Le bassin versant d'Oued N'Sa couvre une superficie de 7 800 km². Il coule selon une direction Ouest-Est dans son cours supérieur, en direction Nord-Nord-Ouest -Sud-Sud- Est dans son cours moyen, sur une longueur d'environ 100 Km, et de nouveau vers l'Est en son cours inférieur pour se déverser dans Sebkhet Safioune. Les crues sont également exceptionnelles. La dernière date de 1994, où le débit enregistré a été de 35 m³/seconde (ONA, 2003).

5.4. Oued M'ya

Le bassin d'Oued M'Ya couvre une superficie de 19.800 Km². Les écoulements sont plus fréquents en novembre, octobre, mai et juin. Les crues d'Oued M'Ya se perdent à 200 km en amont de la ville de Ouargla (ONA, 2003).

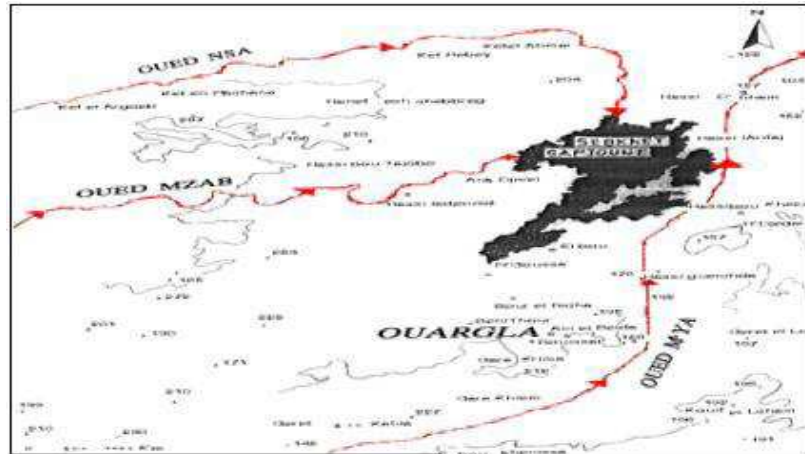


Figure 08: Réseau hydrographique de la vallée d'Ouargla (BOUTELLI, 2012).

6. Hydrogéologie

Comme dans la plupart des oasis du Sahara, les seules ressources hydriques les plus sollicitées sont d'origines souterraines. Les formations géologiques de la région de Ouargla contiennent deux grands ensembles de formations aquifères, séparés par d'épaisses séries d'évaporites ou argileuses : de la base du crétacé supérieur, l'ensemble inférieur appelé le Continental Intercalaire (CI) ou "Albien", et l'ensemble supérieur appelée le Complexe Terminal (CT). Une troisième formation, d'importance plus modeste, s'ajoute aux deux précédents est la nappe phréatique, d'âge quaternaire.

6.1. Présentation des nappes de la région

Dans le sous-sol de la vallée, il existe trois grands ensembles aquifères, qui du haut vers le bas sont :

- La nappe phréatique dont le niveau est souvent proche de la surface (parfois moins de 1 mètre), généralement entre 1 et 2 m, mais qui peut dépasser 18 m au sud d'Ouargla (au P 108) ou sous les reliefs.
- L'ensemble aquifère du Complexe Terminal (CT), comprenant trois aquifères différents, qui de haut en bas sont le Mio-Pliocène, le Sénonien et le Turonien.
- L'ensemble aquifère du Complexe Intercalaire dit aussi nappe de l'Albien, fortement artésienne, située à 1100- 1200 mètres de profondeur.

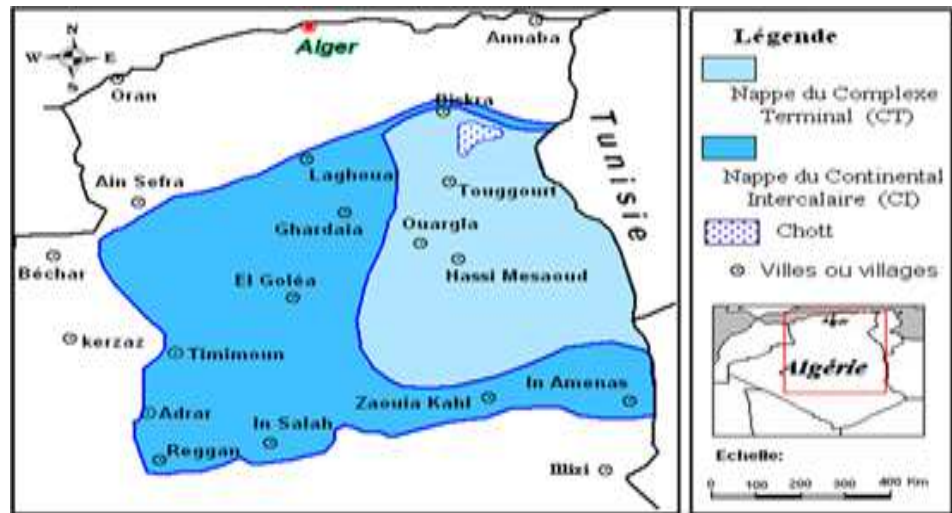


Figure 09: Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT) (UNESCO, 1972).

6.1.1. Nappe phréatique

Elle est dite aussi nappe libre, cette nappe est contenue dans les sables alluviaux de la vallée, en se localisant principalement dans la vallée d'Oued Righ et dans la cuvette. Cette nappe s'écoule du Sud vers le Nord, suivant la pente de la vallée. Sa profondeur varie en fonction des points et des saisons, généralement entre 1 et 2 m, parfois moins, entre 0,15 m et 0,25 m, à proximité du chott d'Oum Er-Raneb. Elle peut dépasser 18 m au Sud de Ouargla (ROUVILLOIS, 1975). Elle affleure dans les zones basses (sebkhas et chotts), et dans certaines palmeraies. Elle est située à une dizaine de mètres de profondeur. Cette nappe n'est pas exploitée à cause de sa grande salinité qui dépasse les 15 g/l. En outre, elle est polluée, car elle se mélange aux eaux urbaines et les eaux de drainage de la palmeraie (ONA, 2003).

6.1.2. Nappes du Complexe Terminal

Le Complexe terminal comprend trois aquifères, qui du haut en bas sont :

- La nappe du Mio-Pliocène ;
- la nappe du Sénonien ;
- la nappe du Turonien

Dans la cuvette de Ouargla, seules sont exploitées les nappes du Mio-Pliocène et celle du sénonien.

6.1.3. Nappe du Mio-Pliocène

L'exploitation de la nappe du Mio-pliocène par le creusement de nombreux puits artésiens, datant de 1883. Cette nappe est contenue dans les sables grossiers, atteints vers 30 à 60 m de profondeur par les puits artésiens jaillissants qui autrefois irriguaient les palmeraies d'Ouargla (ONA, 2003).

L'eau est alors située entre 30 et 60 m de profondeur. En 1901, le nombre de puits atteint 160 et l'artésianisme diminue. Le développement de ces puits et une meilleure disponibilité en eau ont favorisé la sédentarisation des nomades dans l'oasis (ONA, 2003).

6.1.4. Nappe du Sénonien

La nappe artésienne du sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur. Le résidu sec varie entre 1,8 et 3,6 g/l. Elle est surtout utilisée pour l'alimentation en eau potable (ONA, 2003).

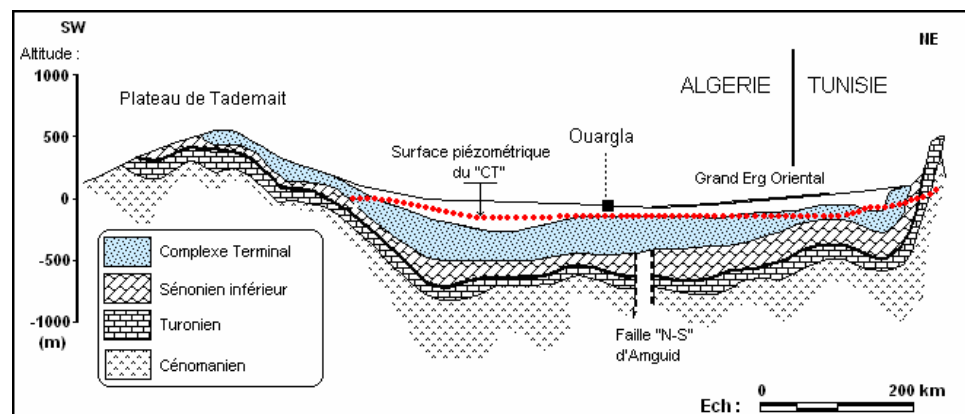


Figure 10: Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972).

6.1.5. Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire couvre une superficie de 800 000 Km² et est une des plus grandes réserves souterraines au monde. C'est une nappe fossile qui n'est pas réalimentée par la climatologie actuelle. Cette réserve de 3,5.10¹³ m³ doit être gérée comme une ressource minière épuisable.

Dans la région de Ouargla le toit de la nappe est situé à - 850 mètres (par rapport au niveau 0) et donc par rapport au sol à -1000 mètres, l'épaisseur du réservoir est de 800 mètres au total (ONA, 2003).

7. Généralités

Sebkha, en arabe, mot désignant les plaines salines soumises à des inondations périodiques. Dans les milieux désertiques, les dépressions ne sont occupées que temporairement par de l'eau. Une forte évaporation conduit à la formation caractéristique d'une croûte d'évaporites qui tapissent le fond de ces dépressions.

7.1. Systèmes de Sebkhas

Les sebkhas, ce sont des écosystèmes naturels, présentent des intérêts très diversifiés. Ces systèmes sont utilisés comme des indicateurs de l'évolution géochimique naturelle, le suivi de cette évolution est non disponible dans les autres systèmes (lac éternel, chambre magmatique) sur le plan écologique. Les sebkhas, constituent des biotopes très importants, qui ont contribué à la protection de la biodiversité. Mais ces systèmes sont très fragiles et sont menacés par l'effet anthropique (eaux usées, engrais et pesticides).

7.2. Classification des Sebkhas

7.2.1. La classification mondiale des lacs salés : selon le bilan hydrologique ;

Selon (**BOUTELLI, 2012**).L'étude qui a été faite par (Yan, J.P., 2001), appliquée sur des grands lacs du monde, ceux de Qinghai et Turquie, a classé les lacs salés en 3 types, selon leurs bilans hydrologiques (Tableau 04), à savoir :

- les lacs éphémères de type (A) 'Ephemeral lake ; short terme, ce sont des lacs saisonniers, pouvant devenir secs dans un intervalle de temps très court, cela est du au taux d'évaporation très élevé. Il s'agit de bassins fermés et ne reçoivent pratiquement pas de la matière minérale dissoute. Le pH dans ce cas est contrôlé par la réaction des minéraux seulement, parce que les protons libérés par les réactions de ces derniers ne peuvent pas être neutralisés par le flux des bicarbonates. La basse alcalinité des eaux rend le milieu acide (Bryant et al, 1994). La plupart des modèles géochimiques expérimentaux sont basés sur ce modèle hydrologique (Hardie et Eugster, 1970, Herczeg et Lyon., 1991; Sun et al., 1993, Donovan et Rose., 1994).
- Les lacs éternels, de longue durée, de type (B), 'Perennial lake ; long term). Le volume d'eau dans ce type de lac décroît graduellement dans un grand intervalle de temps. En contre partie, la salinité du lac décroît à cause du flux d'eau qui arrive au lac, provoquant la dilution des eaux. Le pH du lac est souvent maintenu pendant longtemps à un niveau élevé.

- Les lacs éternels à très grande durée, de type(C) ‘Large perennial lake; very long term), leur volume d’eau reste constant pendant de très longues périodes. L’augmentation de la salinité est continue dans le temps à cause du flux de la matière dissoute, déversée dans le lac. Le pH reste élevé et dépend de la matière minérale dissoute.

Tableau 04: Classification des lacs fermés (BOUTELLI, 2012).

Types de lacs fermés			
	A	B	C
Schémas			
Type de lac	Lacs éphémères (courte durée)	Lacs éternels (moyenne durée)	Larges lacs éternels (très grande durée)
Bilans hydrique	$Q_{in} \ll (E_i - P_i) A_i$ Décroissance de volume V_i	$Q_{in} < (E_i - P_i) A_i$ Décroissance de volume V_i	$Q_{in} = (E_i - P_i) A_i$ Décroissance de volume V_i
Mécanisme de concentration	Evaporation	Evaporation et dissolution du flux de la matière	dissolution du flux de la matière

7.2.2. Classification selon le milieu de formation

Les différents types de sebkhas dépendent de leur milieu de formation. Mais toutes les sebkhas ont un point commun ; il s’agit de zone proche de la nappe phréatique. La déflation joue jusqu’à ce que soit atteint le niveau hydrostatique. Par capillarité, l’eau de la nappe subit une aspiration due à sa propre évaporation en surface. Se faisant, elle dépose successivement des sels dissous de carbonate de calcium ($CaCO_3$), de gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), d’anhydrite ($CaSO_4$) et de chlorure de sodium ($NaCl$), qui précipitent pour donner une croûte imperméable et parfois très épaisse d’évaporites

On distingue trois types de sebkhas, associés à des conditions de formation spécifiques :

a) Sebkhia fluvio-lacustre

Les eaux souterraines d'infiltration dans des bassins hydrographiques peu profonds et l'évaporation par capillarité qui en découle, expliquent la formation de telle structures.



Figure 11: Sebkhia fluvio-lacustre (Sultanat d'Oman).

b) Sebkhias inter-dunaires

Comme leurs noms l'indiquent, elles correspondent aux lacunes laissées dans les champs de dunes par déflation. Dans les plaines salines où elles se forment, la nappe phréatique est superficielle et permet la formation des séries évaporitiques, notamment le gypse.



Figure 12: Sebkhia inter dunaire, exemple de champs de dune de Liwa.



Figure 13: Affleurement d'une sebkha (région de Liwa (UAE)), le niveau hydrostatique est à moins de 2 m de la surface.



Figure 14: Formation d'évaporite. Ici, un mélange de sel et de gypse (région de Liwa (UAE)).

c) Sebka marine ou côtière

Située dans la zone supra tidale, c'est-à-dire au delà de la limite de haute mer, elle est caractérisée par des inondations liées aux tempêtes ou aux grandes marées d'équinoxe. Cette influence marine est également identifiable par la présence de tapis d'algues et les stromatolithes.

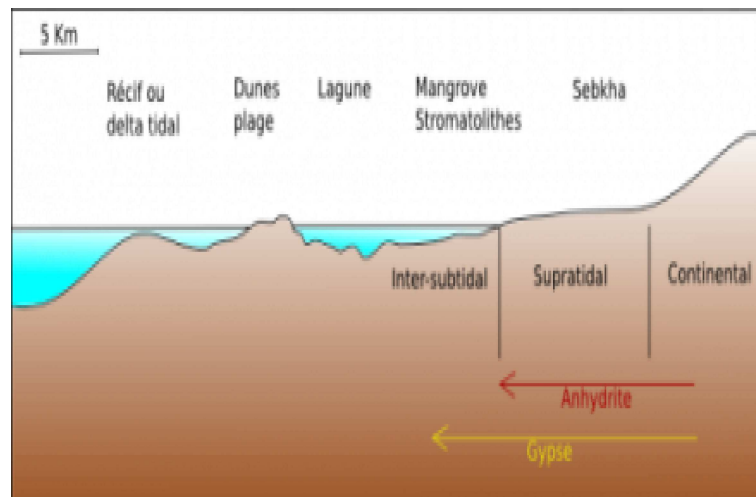


Figure15: Profil transversal dans le littoral d'Abou Dhabi.

La couche transversale présente une séquence caractéristique d'un coussin algair de stromatolite à nodules de gypse, sous une couche d'anhydrite et de sable carbonaté, le tout est parfois surmonté de sel.



Figure 16 : Croûte de sel (Sebkha marine d'Al Watbah (UAE)).

7.3. Sebkhas et chotts de la cuvette d'Ouargla

Sur les 99000 hectares que compte la cuvette de Ouargla, la superficie occupée par les zones de sebkhas est évalué à 21000 ha dont 3500 ha représentés par les chotts (lieux d'apparition des eaux stagnantes), parmi les plus importants, on distingue le chott Ain Beida, Oum-Er-Raneb et Sebkhet Safioune, les autres sites sont de moindre importance, comme les chotts de Saïd Otba et Bour El-Haicha, les sebkhas de N'Goussa et Bamendil.(BG, 2004).

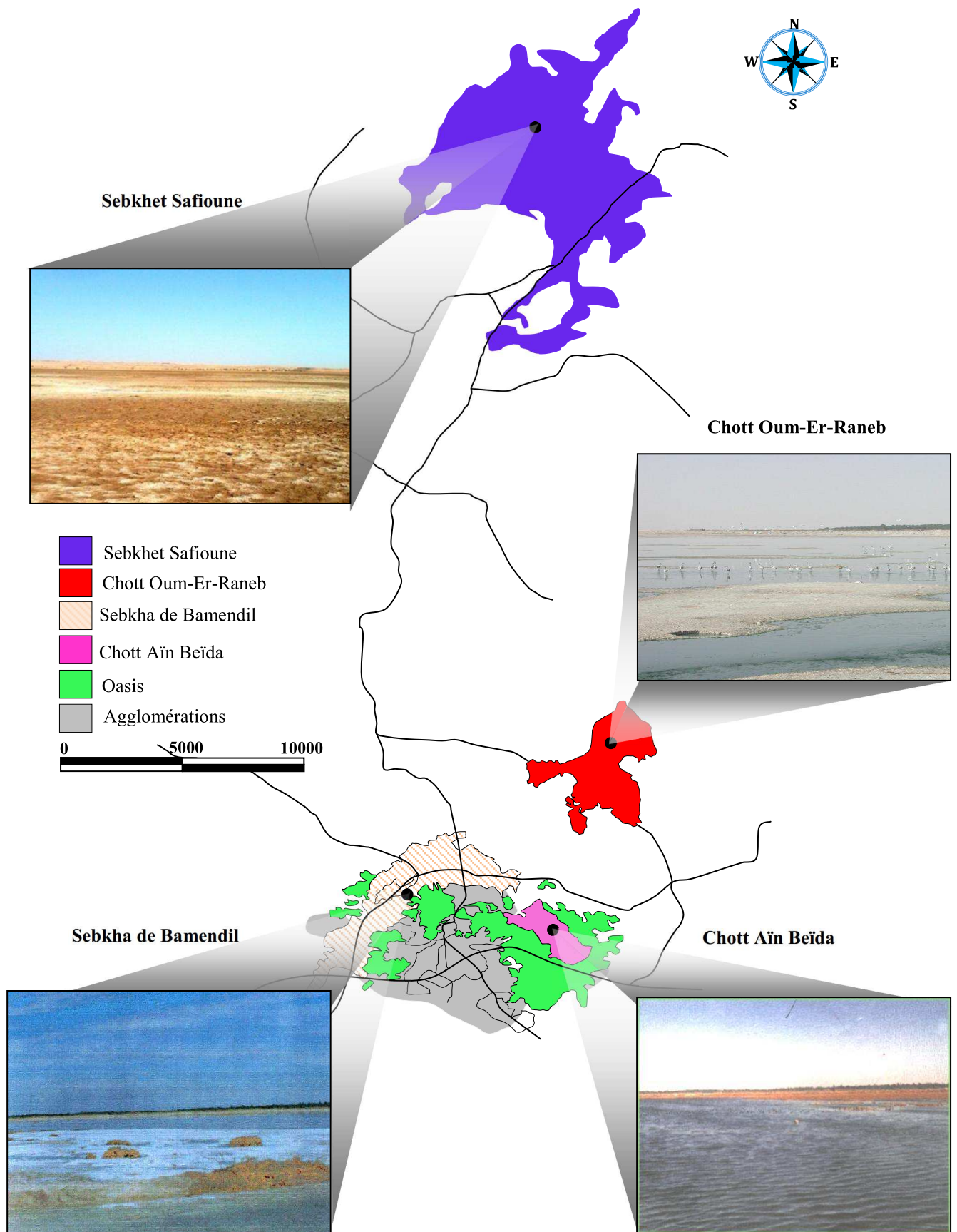


Figure 17: Chotts et Sebkhass de la vallée de Ouargla (BOUTELLI, 2012).



**Chapitre III.
Matériels d'étude**

Chapitre III. Matériels d'étude

1. Présentation du site d'étude (zone humide de sebkhet Sefioune)

Notre travail de recherche a porté sur le site de sebkhat Safioune. Celle-ci constitue le point le plus bas de la cuvette de Ouargla. Elle s'étend sur une superficie totale de près de 8000 hectares et constitue l'exutoire naturel des crues des Oueds N'sa et M'zab (BG, 2004).

Sebkhat Sefioune, située à 41 km d'Ouargla, est une ancienne sebkha, zone d'épandage de plusieurs oueds qui s'est asséchée et a repris vie depuis 2009, date de la mise en exploitation du canal de déversement des eaux d'assainissement épurées et des eaux de drainage agricole de la cuvette de Ouargla. Elle a une superficie de 8000ha dont 2500ha sont inondés depuis son apparition. Le milieu attire une importante population d'oiseaux, comme il est couvert de diverses espèces floristiques.

2. Choix des stations d'études

Nous avons choisi trois stations expérimentales (transects), à savoir : la station **A**, située au Nord West, du point de rejet de Sebkhat Safioune, proche de la conduite des eaux traitées, la station **B**, située au Sud Est West du point de rejet de Sebkhat Safioune, proche des eaux mélangées (eau traitée et eau de drainage), et enfin la station **C**, située au Sud Est proche de la conduite des eaux drainage. Chaque station a une superficie de 500m².

Chaque station est divisée en cinq sous stations (secteurs) de 100 m² de superficie chacune. Nous avons effectué dans chaque station un transect de 50m de longueur et de 10m de largeur. Chaque transect est dirigé vers le point de rejet de la Sebkha.

Tableau 05 : Coordonnées géographiques des stations d'études leurs coordonnées sont déterminées par G.P.S.

Stations	Sous Stations	Coordonnées géographiques	
		Latitude (Nord)	Longitude (Est)
Station (A)	(1)	32°16.36.99	005°22.07.15
	(2)	32°16.36.57	005°22.07.12
	(3)	32°16.36.15	005°22.07.14
	(4)	32°16.36.78	005°22.07.09
	(5)	32°16.36.36	005°22.07.12
Station (B)	(1)	32°16.36.86	005°22.07.31
	(2)	32°16.36.46	005°22.07.40
	(3)	32°16.36.12	005°22.07.45
	(4)	32°16.35.69	005°22.07.48
	(5)	32°16.35.39	005°22.07.45
Station (C)	(1)	32°16.36.72	005°22.07.35
	(2)	32°16.36.32	005°22.07.45
	(3)	32°16.36.97	005°22.07.31
	(4)	32°16.35.59	005°22.07.59
	(5)	32°16.35.29	005°22.07.61

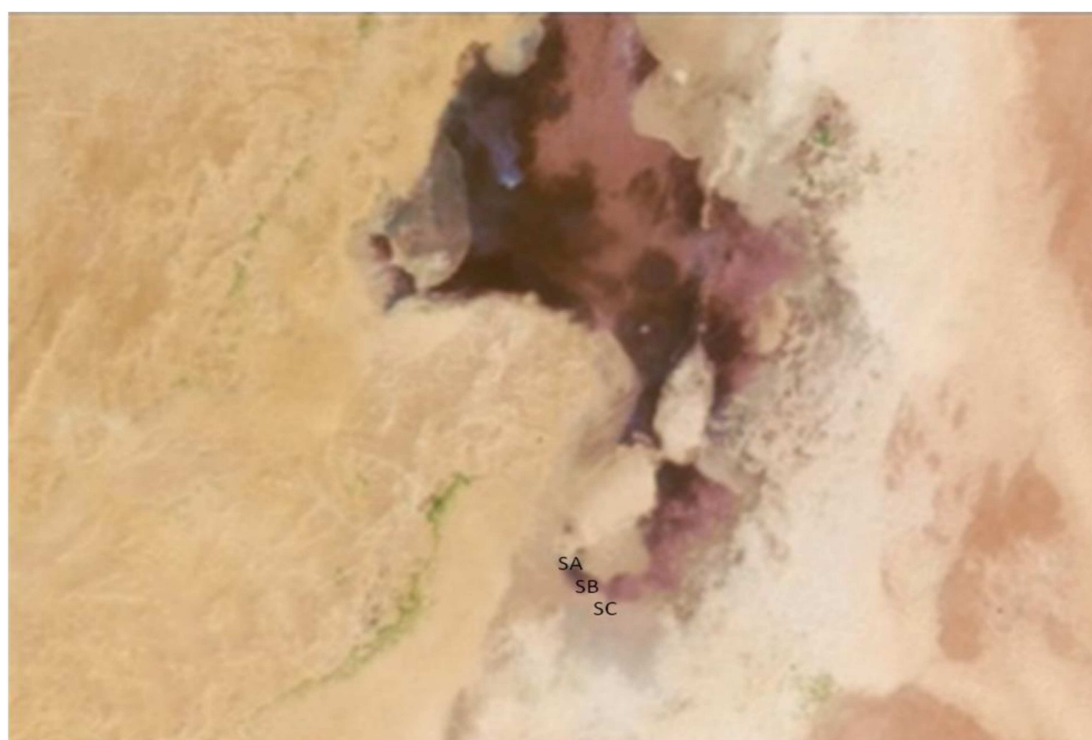


Figure 18 : Position géographique de la station de Sebkhia Safioune.

3. Matériels d'étude

Pour la réalisation de notre travail, nous avons utilisé les matériels suivants, à savoir :

❖ Sur le terrain

3.1. Etude des eaux

Pour les prélèvements des échantillons des eaux, nous avons utilisé :

- des bouteilles en plastique ;
- des étiquettes pour la dénomination des échantillons

3.2. Etude du sol

En général, les sols des chotts salés (**TOUTAIN, 1979**).

Selon **AUBERT, 1983** et **DENIS, KHOUKOU et MIHNA, 2004**, les sols salés sont des sols dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles, peu solubles que le gypse. Parfois, leur complexe absorbant est riche en ions, provenant de ces sels, susceptibles de dégrader leurs structures, en particulier le sodium.

Pour les prélèvements des échantillons de sol, nous avons utilisé, ce qui suit :

- une tarière de 1,20 m, pour la profondeur de 0-20 ;
- des sachets en plastique pour mettre les échantillons de sol ;
- des étiquettes pour la dénomination des échantillons.

3.3. Etude de la flore

D'une manière générale, les végétaux des sols salés sont des halophytes.

Selon **LABERCHE J.C, 2004**, les halophytes sont des végétaux qui se développent en présence de sels. Toutes les plantes vivent dans un milieu contenant des sels variés, puisqu'elles se nourrissent d'ions minéraux prélevés dans l'eau du sol, mais pour les halophytes, la quantité de sels solubles est anormalement grande.

Pour l'échantillonnage de la végétation, nous avons utilisé, ce qui suit :

- Un décamètre, du fil, des piquets pour délimiter les stations et les secteurs ;
- un appareil photo pour la prise de photos.



**Chapitre IV.
Méthodes d'étude**

Chapitre IV. Méthodes d'étude**1. Approches méthodologiques**

L'approche méthodologique adoptée nous a permis de diagnostiquer l'impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla sur l'environnement, et d'apprécier ses qualités sur l'état de dégradation du milieu récepteur de Sebkhata Safiouna.

Pour la réalisation de ce travail, on a procédé à la caractérisation des eaux, à savoir : la qualité des eaux au niveau de Sebkhata Safiouna, la qualité des eaux phréatiques, l'analyse du sol, l'identification et la classification des espèces, et enfin une étude sur l'évolution du peuplement végétal.

1.1. Etude des eaux au niveau de Sebkhata Safiouna

Les prélèvements sont effectués dans des flacons bien propres, préalablement stérilisés à 120C°, pendant 30 minutes et rincés au moment du prélèvement avec de l'eau à analyser.

Les échantillons sont transportés dans une glacière directement au laboratoire et mis au réfrigérateur à 4C°. Toutefois, un certain nombre d'analyses sont pratiquées sur place, telles que la température, le pH (**RODIER, 1976**).



Photo 04 : Techniques de prélèvements des échantillons.

1. 2. Etude de la nappe phréatique

Pour l'étude de la nappe phréatique, elle a été faite au moment de l'étude du sol, durant la période d'étude. Dans les stations d'études, nous avons prélevé les échantillons au niveau de chaque station.

1.2.1. Etude du niveau de la nappe phréatique

Nous avons mesuré le niveau de la nappe phréatique par rapport au sol, où dans chaque station, on creusé un trou à l'aide d'une tarière de 1,20 cm, et nous avons mesuré le niveau de la nappe phréatique à l'aide d'une règle graduée.

1.2.2. Etude de la qualité des eaux phréatiques

A l'aide d'un tuyau fin, on a prélevé l'eau de la nappe phréatique du trou par aspiration, puis on a mis dans de petites bouteilles en plastique les échantillons d'eau.

1.3. Etude du sol

L'échantillonnage du sol a été effectué le long d'un transect de 50m dans les trois stations d'études (A .B.C.). Les prélèvements de sol sont effectués dans les sous-stations d'étude à l'aide d'une tarière, de profondeur 20cm (**photo.05**) tout en mettant les échantillons de sol dans des sachets en plastique pour éviter leur séchage.



Photo 05 : Echantillonnage de sol.



Photo 06 : Prélèvement de sol.

Après la détermination du taux d'humidité du sol, les échantillons ont été séchés à l'air libre (**photo.07**) et ensuite, ils sont tamisés avec un tamis de 2mm (**photo.08**) puis analysés au niveau du laboratoire.



Photo 07 : Echantillons séchés.

1.4. Méthodes d'étude de la flore

1.4.1. Etude du peuplement végétal

L'étude du peuplement végétal a été réalisée au printemps (mars-avril) à cause de la floraison de la plupart des espèces végétales, ce qui va faciliter leur identification. L'étude est effectuée sur une superficie de 100m².

1.4.2. Méthode d'échantillonnage de la végétation

Dans le cadre de cette recherche, nous avons choisi l'échantillonnage systématique. C'est une méthode d'échantillonnage anciennement pratiquée sous la forme de transect (**GOUNOT, 1969**). Il s'agit d'un réseau systématique de points ou de lignes ou de petites surfaces régulièrement espacées.

1.5 . Méthode d'analyse**❖ Au laboratoire**

Pour effectuer les analyses des eaux, des sols et de la végétation au niveau du laboratoire, nous avons utilisé le matériel suivant, à savoir :

Un pH mètre, un conductivimètre, une centrifugeuse, un agitateur, une balance, une étuve, un four à moufle, un spectrophotomètre, une balance et un bain marie. Egalement, plusieurs verreries, comme les pipettes, les bûchers, les boites pétries etc. Les analyses ont été effectuées au laboratoire de l'ITAS (Ouargla).

1.5.1. Analyse des échantillons des eaux

a) **pH** : mesuré au pH mètre

b) **Conductivité électrique (C.E) à 25°C** : mesurée au conductivimètre

c) **Résidu sec (R.S)** : par la dessiccation à 110 °C.

d) **Faciès**

• **L'anion** : Cl^- est dosé par titrimétrie.

Les ions : SO_4^{--} , CO_3^- , HCO_3^- sont analysés par le *HPLC* (Chromatographie ionique en Phase Liquide sous Pression).

• **Les cations** : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ sont analysés par le spectrophotomètre à flamme.

e) **Nitrate** : ce paramètre est mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre

f) **La demande biologique en oxygène DBO**

Principe

On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (05) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon.

Cette dépression sera enregistrée par une OXITOP

g) **La demande chimique en oxygène DCO**

Principe

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_2), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure (HgSO_4)

Expression des résultants

La teneur en DCO est donnée en mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre (DR2800)

1.5.2. Analyse des échantillons de sol**a) Humidité**

Selon (VIEI, 1979). L'humidité est la teneur en eau du sol en place, estimée par la différence de poids après séchage à l'étuve à 105C° pendant 48h (photo.09).



Photo 08 : Echantillons de sol à l'étuve. **Photo 09 :** Echantillons de sol à dessiccateur.

b) Conductivité électrique à 25 C°

La C.E. est mesurée au conductivimètre. Elle traduit la concentration saline totale de la solution et elle est exprimée (AFNOR, 1999), en :

c) Résidu sec

Par dessiccation à 100 °C.

d) Matière organique

Le carbone organique est oxydé par bichromate de potassium en milieu sulfurique. La bichromate doit être en excès; la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. (METHODE D'ANNE).

e) pH

Il est mesuré au pH mètre sur une solution (terre /eau) 1/5 (AFNOR, 1999).

1.5.3. Méthodes d'étude de la végétation

Nous identifions et classons les espèces rencontrées et déterminons les paramètres écologiques étudiés.

1.5.3.1. Identification des espèces végétales

Pour chaque espèce végétale, nous avons précisé le nom scientifique, le nom vernaculaire, la famille et l'habitat dans une fiche descriptive, avec l'aide et l'expérience des enseignants de l'I.T.A.S. et la bibliographie.

Pour cette étude, nous avons étudié quelques indices écologiques, tels que :

- ❖ **La densité** : elle représente le nombre d'individus par unité de surface (**GOUNOT, 1969**).
- ❖ **La fréquence** : la fréquence est le pourcentage d'individus d'une espèce par rapport au nombre total des individus recensés dans le même échantillon (**GOBAT et al, 1995**).
- ❖ **Le recouvrement** : d'après **GOUNOT (1969)**, le recouvrement est calculé par la projection sur le sol de la partie aérienne de la plante. L'approche du calcul du recouvrement est variable à cause de la forme de la plante qui peut être circulaire, dans ce cas, on calcule le diamètre (d), soit rectangulaire, on calcule la longueur (a) et la largeur (b), dont :
 - **R** = $\pi * (d / 2)^2$ pour le recouvrement circulaire
 - **R** = **a*b** pour le recouvrement rectangulaire

Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été effectuées sur l'étude des corrélations selon les méthodes de DAGNELIE(1975), (Logiciel Excel statistique 2003 selon l'échelle des valeurs critiques $r_{1-\alpha/2}$).

Corrélation "Sol-nappe phréatique" .

Corrélation "Sol-nappe phréatique-végétation" .

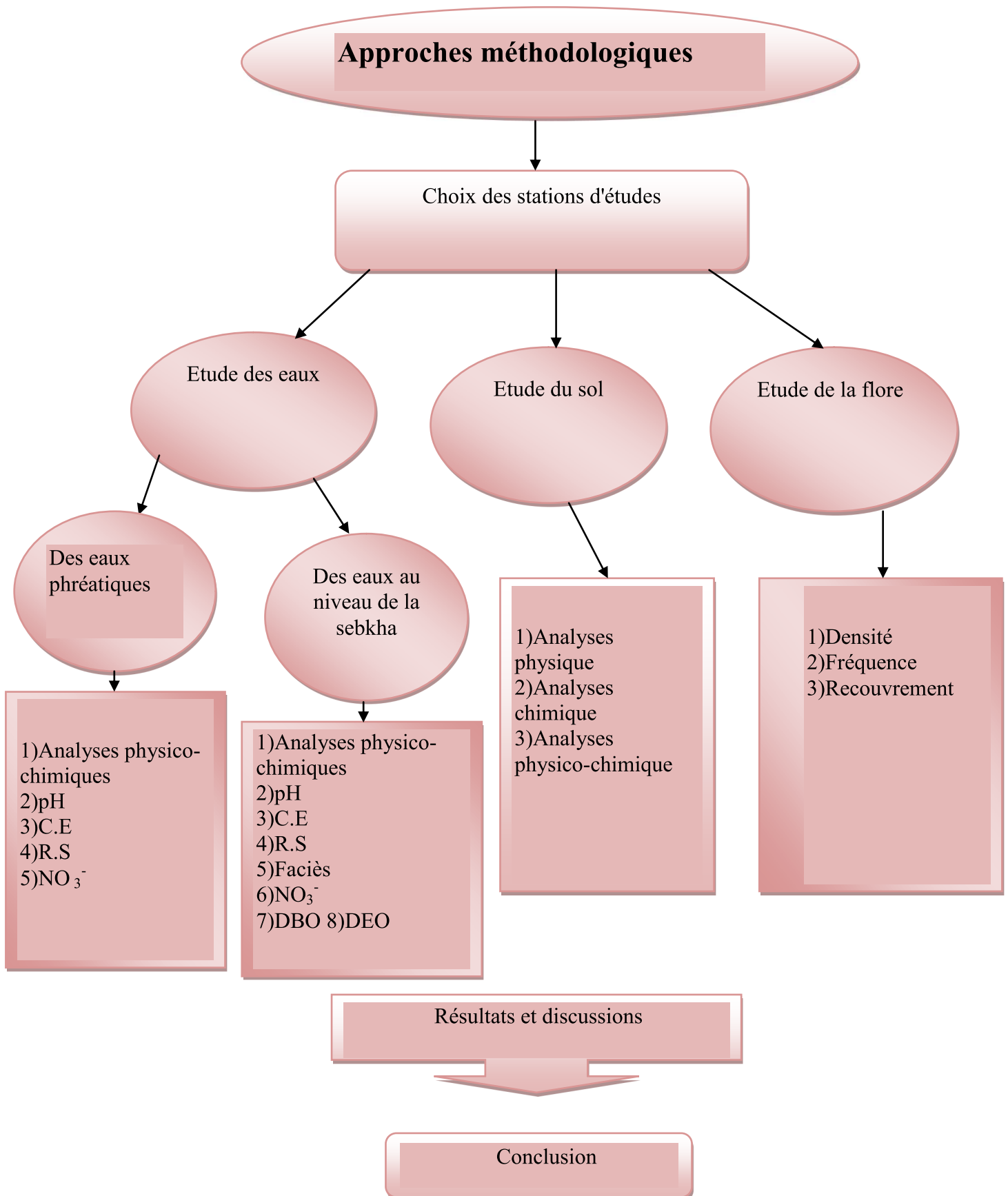


Figure 19 : Méthodologie de travail.



**Chapitre V.
Etude des eaux**

Chapitre V. Etude des eaux

1. Qualité des eaux de Sebkhath Safioune

Les résultats des analyses des eaux au niveau de Sebkhath Safioune se caractérisent par des qualités variables (**Tab.06**).

Tableau 06 : Paramètres physico-chimiques des eaux de Sebkhath Safioune

	Eau traitée	Eau de drainage	Eau de sebkha	Eau loin de la sebkha
pH	7,62	7,76	7,73	7,89
CE 25°C mS/cm	12,51	18,04	16,42	17,26
Rs(g/l)	7,3	12	11,9	19
Ca ⁺⁺ mg/l	532	1250	1123	1755
Mg ⁺⁺ mg/l	470	742,4	678	1011
Na ⁺ mg/l	1722	3012,2	2963,08	2112
Cl ⁻ mg/l	3245	4425	3987	3975
SO ₄ ⁻⁻ mg/l	2714	5137,5	4896	5475
CO ₃ ⁻⁻ mg/l	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻ mg/l	549	512,4	543	356,85
NO ₃ ⁻ mg/l	22,05	11,5	12,08	13,89
DCO mg O ₂ /l	178	/	/	/
DBO ₅ mg O ₂ /l	40	/	/	/

1.1. pH des eaux

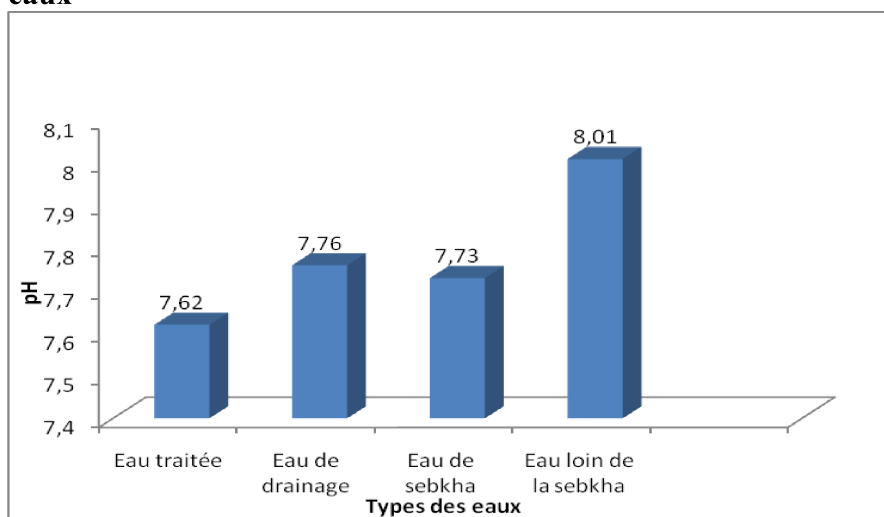


Figure 20 : Variations du pH des eaux au niveau de Sebkhath Safioune.

Le pH des eaux analysées montrent une certaine alcalinité. Les valeurs du pH des eaux ne montre pas beaucoup de variations. Le pH des premiers échantillons des eaux usées traitées est de l'ordre de 7,63. Pour les eaux de drainage, leur pH est de 7,76. Quant aux eaux de sebkha, leur pH est de 7,73. Pour les eaux loin de la sebkha, leur pH est de 7,89. Ces valeurs sont conformes aux normes de rejets algériennes ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) (KEBICHE, 1999).

1. 2. Salinité des eaux

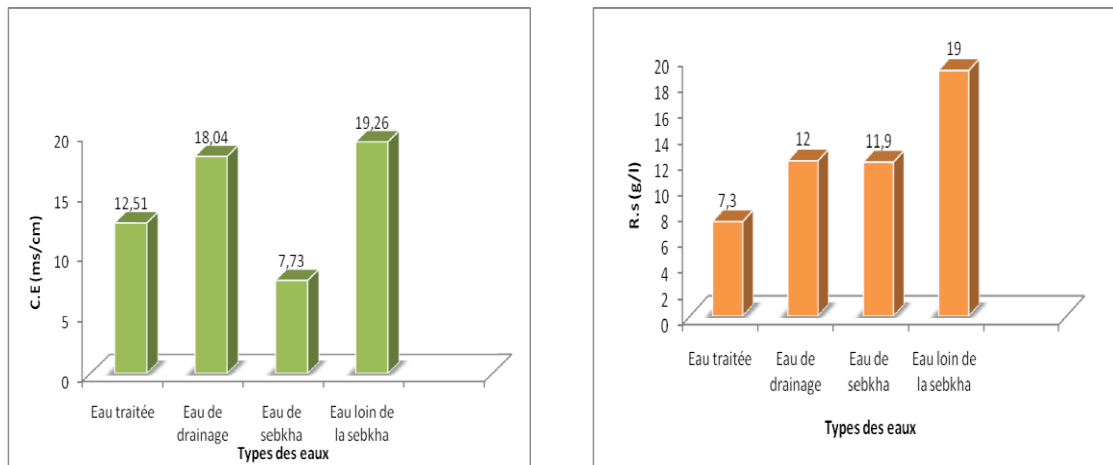


Figure 21 : Variations de la salinité des eaux au niveau de Sebkhât Safioune

Les résultats de la conductivité électrique et du résidu sec des eaux montrent que la salinité des eaux est excessive, selon l'échelle de salinité (Annexe.1). Il y a une augmentation de la salinité, telle que observée pour les eaux drainage. Cette augmentation signifie une augment du coefficient de dissolution des sels (RODIER, 1996).

1.3.Faciès

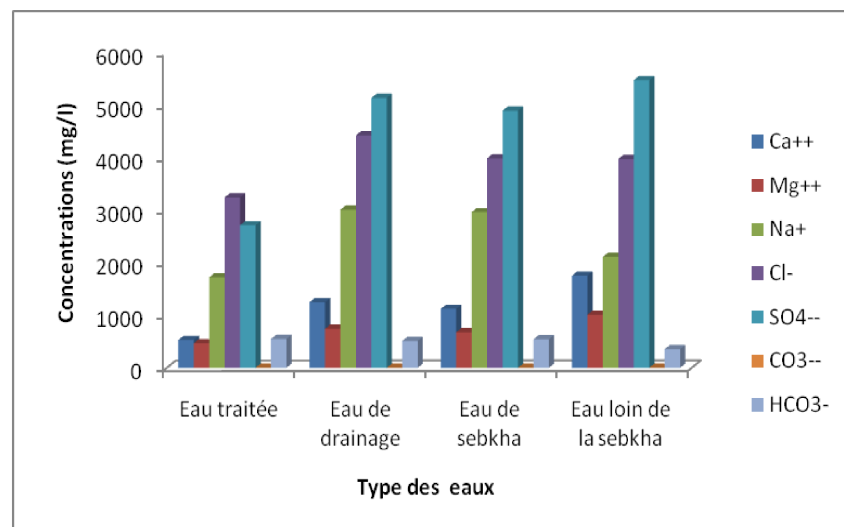


Figure 22: Bilan ionique des eaux au niveau de Sebkhât Safioune.

Les résultats obtenus montrent que les eaux au niveau de Sebkhath Safioune indiquent une variabilité cationique et anionique du faciès prédominant, chloruré calcique.

1. 4. Nitrates des eaux

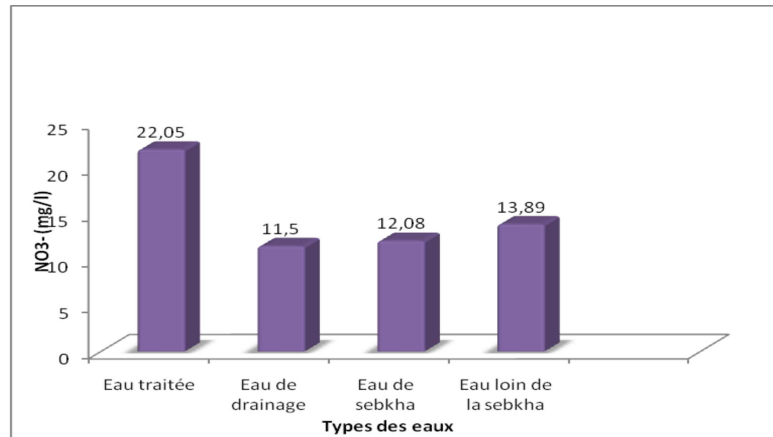


Figure 23 : Variations des nitrates des eaux au niveau de Sebkhath Safioune.

Les nitrates sont utilisés comme indicateurs de pollution. Elles jouent le rôle de fertilisants pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO_3^- selon (SLIMANI, 2006). Le niveau de pollution des eaux est inférieur par rapport aux normes de pollution recommandées (OMS, 2006).

A partir des analyses des eaux (Fig.23), on constate que les teneurs en nitrates des eaux de Sebkhath de Safioune varient entre 11,5 et 22,05 mg/l.

Il faut noter aussi que les NO_3^- des premiers échantillons des eaux usées traitées sont de 22,05 mg/l. Pour les eaux de drainage, leurs teneurs sont de 11,5 mg/l. Quant aux eaux de sebkha Safioune, leurs teneurs sont de 12,08 mg/l. Pour les eaux loin de Sebkhath Safioune, la teneur en nitrates est de 13,89 mg/l.

Les valeurs obtenues ne dépassent pas les normes de rejets de l'OMS appliquées en Algérie (Annexe. 2).

1.5. Demande biochimique en oxygène des eaux usées traitées

Les résultats de la DBO₅ des eaux traitées sont estimés à 40 mg /l, montrant que les eaux épurées sont excessivement polluées, selon les normes françaises (25 < DBO₅) (**Annexe. 3**). Cela explique le phénomène d'autoépuration, qui signifie la présence des organismes vivants (algues, bactéries,.....), qui consomment l'oxygène pour dégrader la matière organique et diminuer le degré de la pollution (**MERABET, 2011**).

1.6. Demande chimique en oxygène des eaux usées traitées

Les résultats de DOC des eaux traitées sont estimés à 178mg/l. Ces résultats montrent que les eaux épurées sont excessivement polluées, selon normes françaises (DOC < 80) (**Annexe. 3**). La DCO est élevée, due à l'augmentation de la température qui provoque une évaporation élevée, et par conséquent la concentration en charges polluantes (**MERABET, 2011**).

1.7. Rapport DCO/DBO₅

Le rapport DCO/DBO₅ est l'indice de la biodégradabilité en milieu liquide d'un effluent. Il caractérise son aptitude au traitement biologique. Le rapport DCO/DBO₅ varie entre 2 et 3 (**RODIER, 1996**), ce qui confirme que les eaux usées de la région de Ouargla sont d'origine domestique, selon (**SLIMANI, 2006**).

Les résultats obtenus, de l'ordre de 4,45, indique une faible biodégradabilité de l'eau traitée, où la quantité de composés non dégradables biochimiquement est élevée.

2. Etude de la nappe phréatique

2.1. Etude du niveau de la nappe phréatique

Les mesures du niveau de la nappe phréatique réalisées en parallèle avec les échantillons de sol, et à lumière des résultats enregistrés (**fig. 24**).

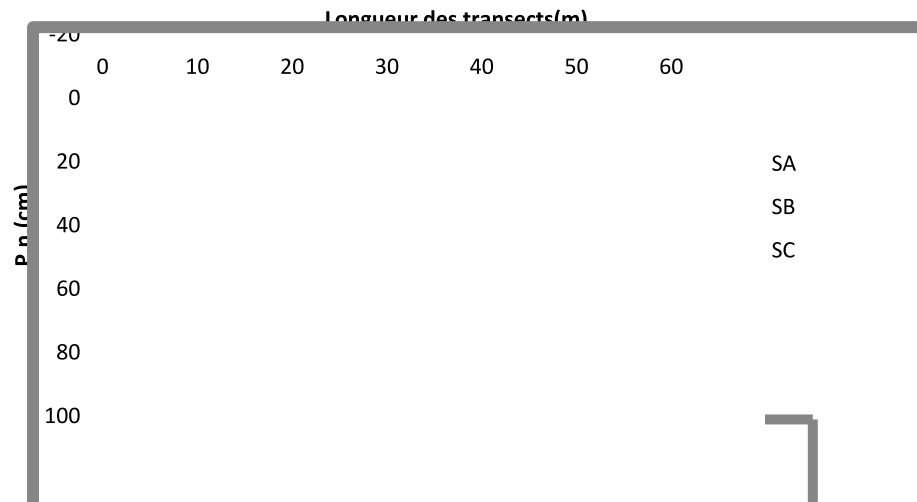


Figure 24 : Variations du niveau de la nappe phréatique à Sabkha Safioune .

D'après la (fig.24).sur l'étude des variations du niveau de la nappe phréatique, nous avons remarqué que les mesures du niveau des eaux phréatiques pour les transects SA, SB et SC à Sebkhia Safioune varient respectivement de 49,4cm à 78cm, -11cm à 39cm et 48,54cm à 87,56cm.

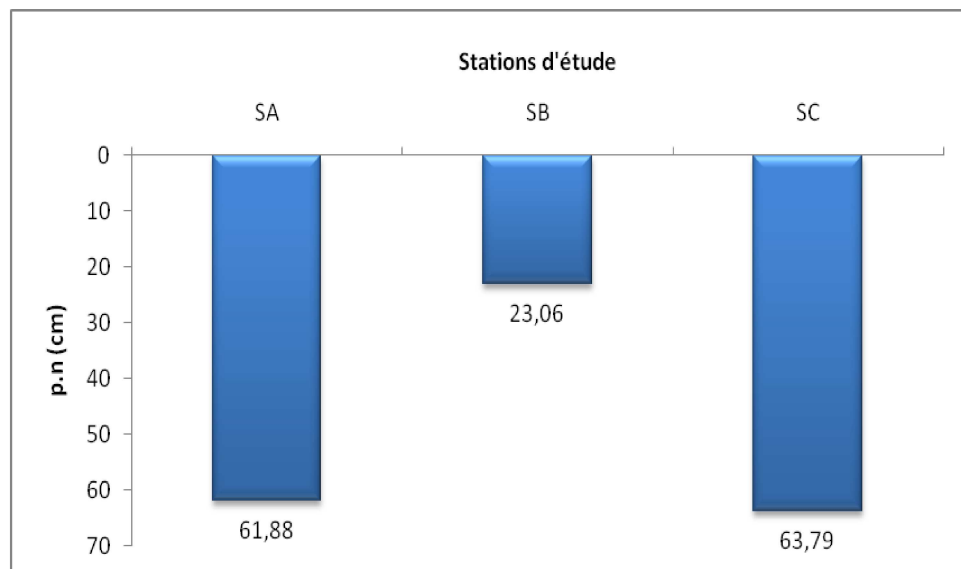


Figure 25 : Moyenne des mesures du niveau de la nappe phréatique.

Selon les résultats obtenus sur l'étude de la nappe phréatique, nous avons remarqué que :

Le niveau de la nappe phréatique dans les stations d'étude est plus proche de la surface du sol, ne dépassant pas 87,56 cm.

La moyenne du niveau de la nappe dans la première station est de 61,88 cm , le niveau dans la deuxième station est de 23,06 cm, et la dernière station montre un niveau de nappe phréatique de 63,79cm.

2. 2.Etude de la qualité des eaux phréatiques

2. 2.1.pH des eaux phréatiques

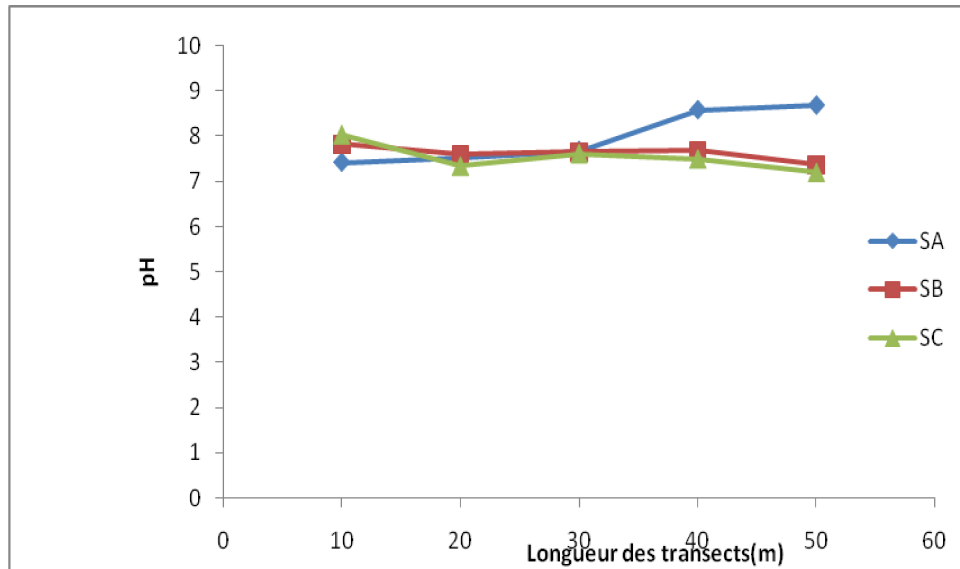


Figure 26 : Variations du pH des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhaf Safioune.

Le pH des eaux de la nappe phréatique analysées est alcalin, selon l'échelle de pH des eaux phréatiques (Annexe.4). Dans la station A, il varie de 7,42 dans le secteur A1 à 8,68 dans le secteur A5. Dans la station B, il varie de 7,37 dans le secteur B5 à 7,82 dans le secteur B1. Dans la station C, il varie de 7,2 dans le secteur C5 à 8,04 dans le secteur C1.

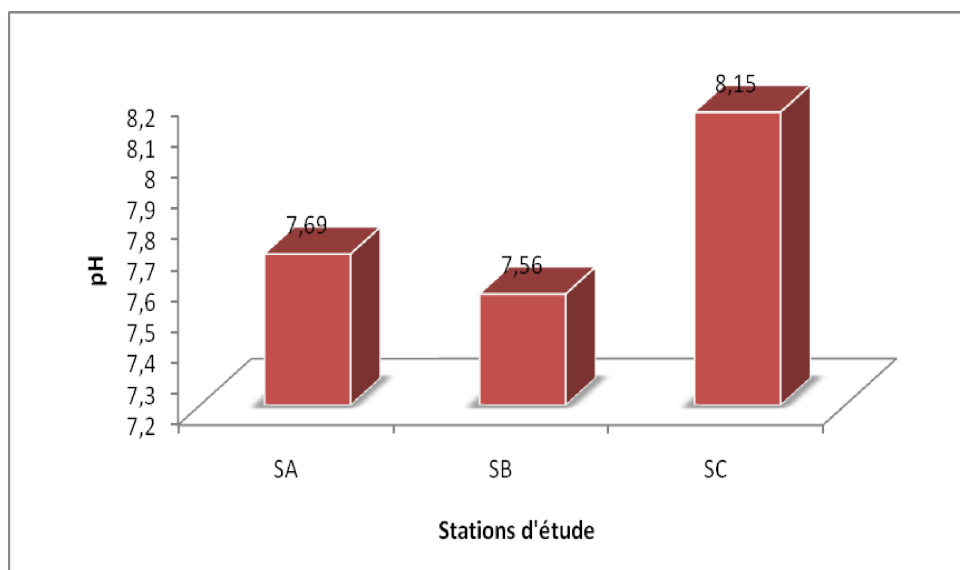


Figure 27 : pH moyen des eaux phréatiques dans les stations d'étude .

Les valeurs obtenues ne montrent pas beaucoup de variations. La moyenne du pH dans la station A est de 7,98. Dans la station B, celle-ci est de 7,6, et pour la 3^{ème} station C, son pH est de 7,54. L'alcalinité des eaux de la nappe phréatique est causée par la nature des sels dissous dans les eaux usées, rejetées dans la station A, et les apports de sels lixiviés par les eaux drainage dans la Station C.

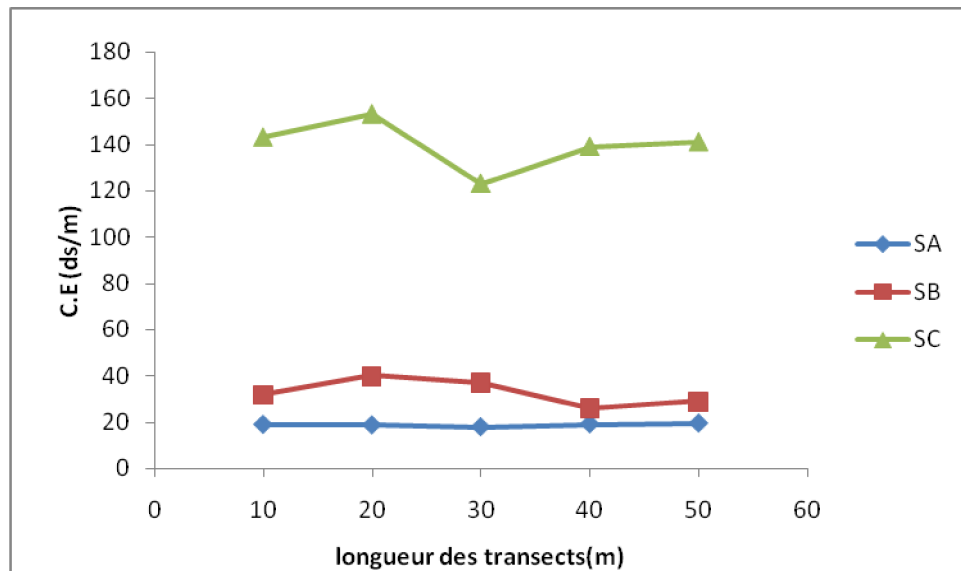


Figure 28 : Variations de la conductivité électrique des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhath Safioune.

2.2.2. Salinité des eaux phréatiques

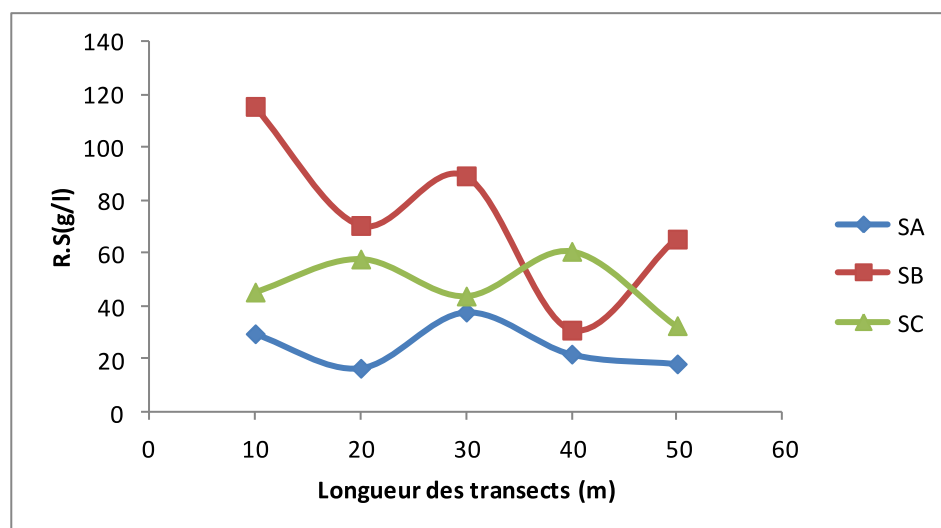


Figure 29 : Variations du résidu sec des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhath Safioune .

Les résultats de la conductivité électrique et du résidu sec des eaux phréatiques dans les stations d'étude, montrent que la salinité des eaux phréatiques est excessive, selon l'échelle de classification des eaux (**Annexe.5**) avec des valeurs de $(17,96 \leq CE \leq 19,56 \text{dS/m})$, $(16,54 \leq Rs \leq 37,8 \text{g/l})$ dans la station A, $(26 \leq CE \leq 40 \text{dS/m})$, $(30,98 \leq Rs \leq 115,69 \text{g/l})$. Dans la station B, ces valeurs se présentent comme suit : $(123 \leq CE \leq 153 \text{dS/m})$, $(32,6 \leq Rs \leq 60,8)$ dans la station C.

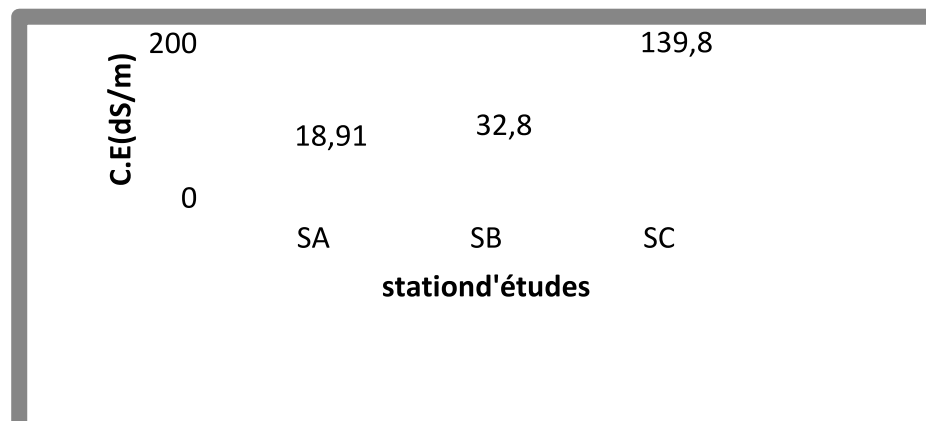


Figure 30 : Conductivités électriques moyennes des eaux phréatiques dans les stations d'étude

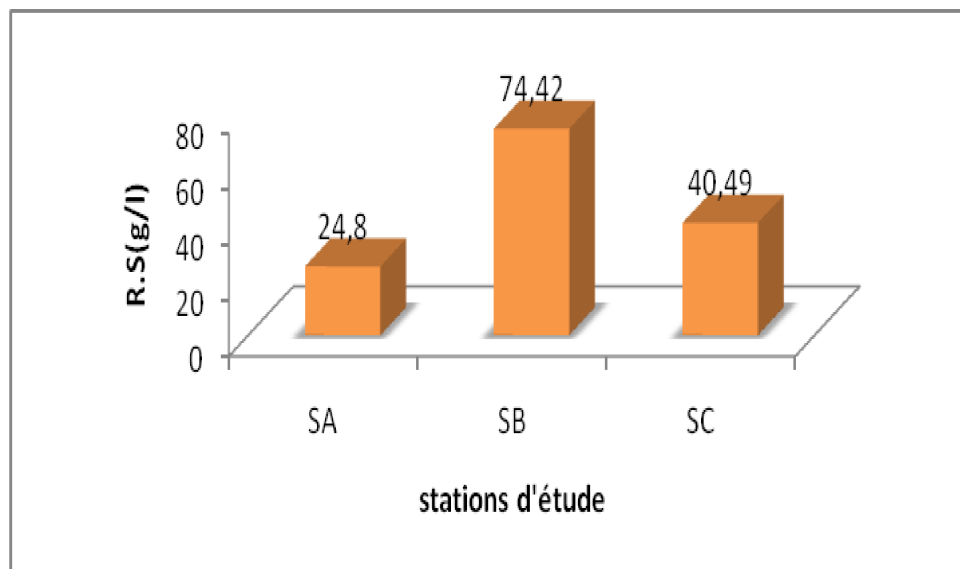


Figure 31 : Résidus sec moyens des eaux phréatiques dans les stations d'étude.

Les mesures moyennes montrent une salinité très élevée dans la station C par rapport à la station B et la station A, avec une moyenne par station. Les valeurs de la conductivité

électrique sont respectivement de 139,8 dS/m, 32,8 dS/m et 18,91 dS/m, et de résidu sec de 40,49g/l, 70,42 g/l et 24,8 g/l.

L'étude statistique ne montre aucune corrélation entre les paramètres de la nappe phréatique et le sol (Annexe. 9).

2.2.3. Nitrates des eaux phréatiques

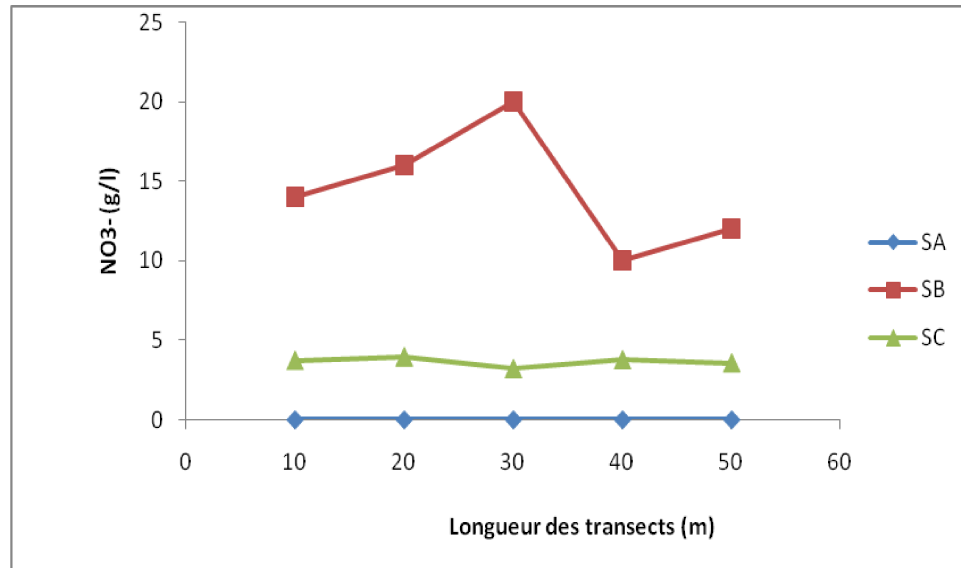


Figure 32 : Variations des nitrates des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhath Safioune .

Les nitrates dans la nappe phréatique varient d'un transect à autre. Ils varient entre 10 et 20mg/l (**fig. 32**). Le maximum est remarqué au niveau du secteur B3 avec 10 mg/l, et le minimum est enregistré au niveau du secteur B4 avec 20 mg/l. Dans la station C, ils varient entre 3,23et 3,98 mg/l, avec un maximum estimé dans le secteur C3 et un minimum observé dans le secteur C2.

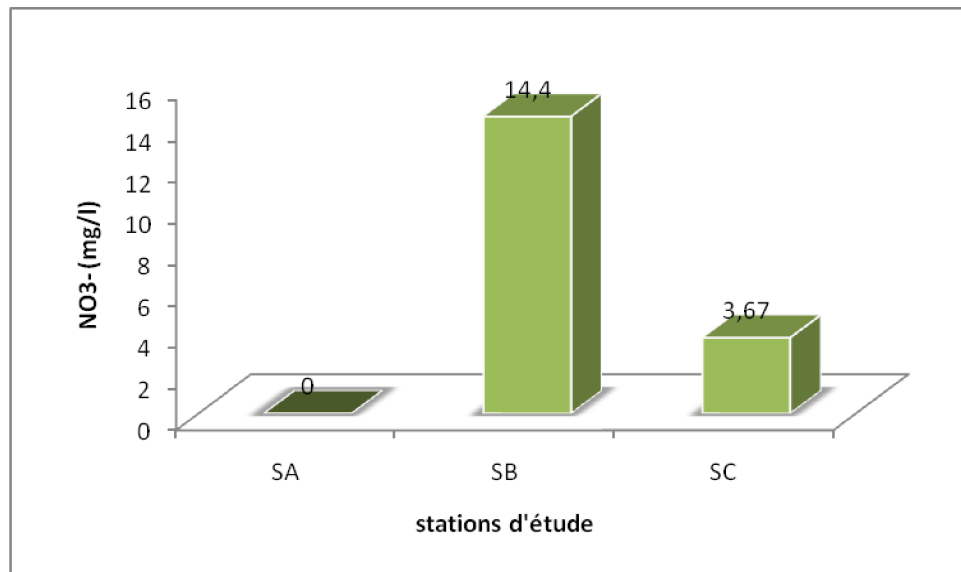


Figure 33 : Nitrates moyennes des eaux phréatiques dans les stations d'étude.

Les valeurs des nitrates apparaissent comme négligeables ou nulles dans les deux stations A et C. Elles sont estimées à 3,67 mg/l dans la station C, expliquant que les ions nitrates sont assimilés par les plantes aquatiques, mais le taux élevé de nitrates dans la station B est estimé à 14,4mg/l, s'expliquant par des apports par les eaux nous semble t-il.

Conclusion

A partir des résultats obtenus, on déduit que Sabkhat Safioune est caractérisée par :

- des valeurs de CE très élevées qui expliquent le degré de salinité des eaux.

Un rapport DCO/DBO5, dépassant les normes, indiquant une mauvaise biodégradabilité.

Nous remarquons que les caractéristiques des eaux de drainage sont proches de celles des eaux de Sebkhaf Safioune, c'est à dire avec une influence des eaux de drainage sur la Sebkhaf.

- Les eaux de la nappe phréatique sont alcalines, s'expliquant peut être à cause des sels dissous dans l'eau, les eaux usées rejetées et les apports par les eaux de drainage ;
- la salinité des eaux phréatiques est excessive, elle varie selon les stations ;
- la présence des nitrates dans les eaux du point de rejet et des eaux de la nappe s'explique par l'utilisation excessive des engrais azotés.



**Chapitre VI.
Etude du sol**

Chapitre VI. Etude du sol

Analyses du sol

1. Humidité du sol

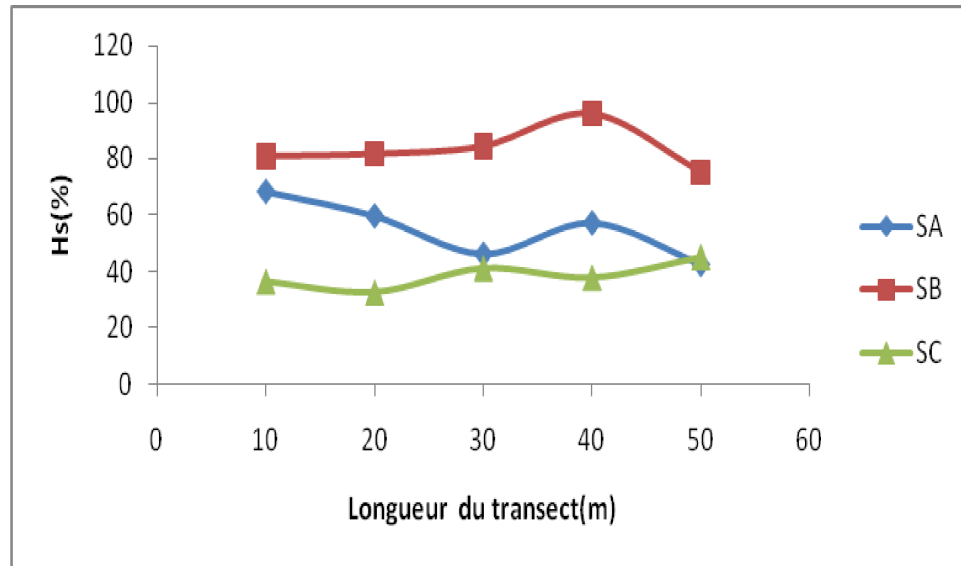


Figure 34 : Variations de l'humidité du sol le long des transects de Sebkat Safioune.

A la lumière des résultats obtenus (**fig. 34**), nous remarquons que l'humidité du sol dans la station A est comprise entre 42,75% et 68,49%. Pour la station B, l'humidité est comprise entre 75,% et 96%. Le taux d'humidité est élevé à cause de la nappe phréatique qui est proche de la surface du sol. Pour la station C, celle-ci est comprise entre 32,62% et 44,92%.

L'étude des corrélations montre qu'il ya une corrélation très hautement significative négative entre l'humidité de sol et profondeur de la nappe phréatique (**Annexe.9**).

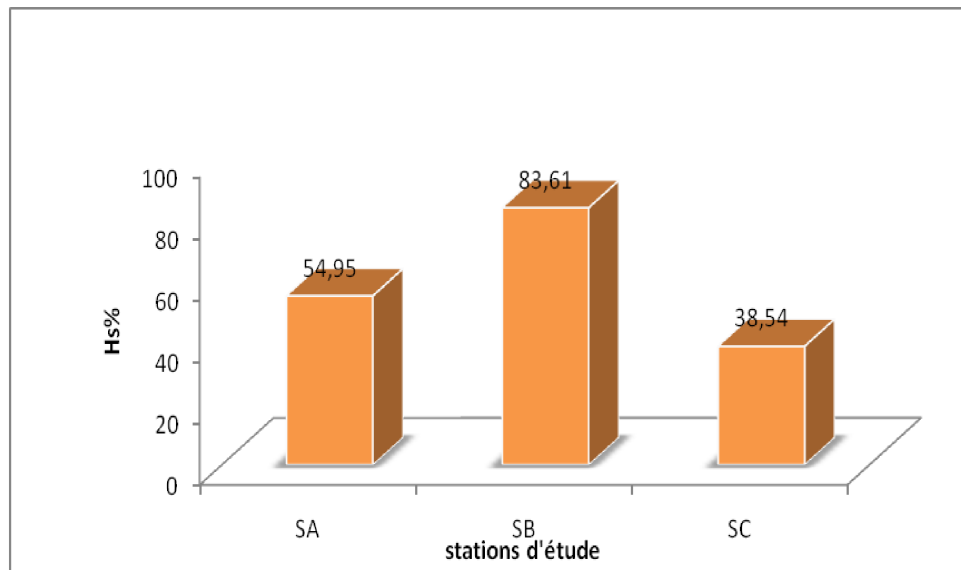


Figure 35 : Humidité moyenne du sol dans les trois stations d'étude.

La moyenne de l'humidité du sol varie entre les stations, elle est de 54,95 dans la station A. Dans la 2^{ème} station B, elle est de 83,61, et dans la 3^{ème} station C, celle-ci est de 38,54.

2. pH du sol

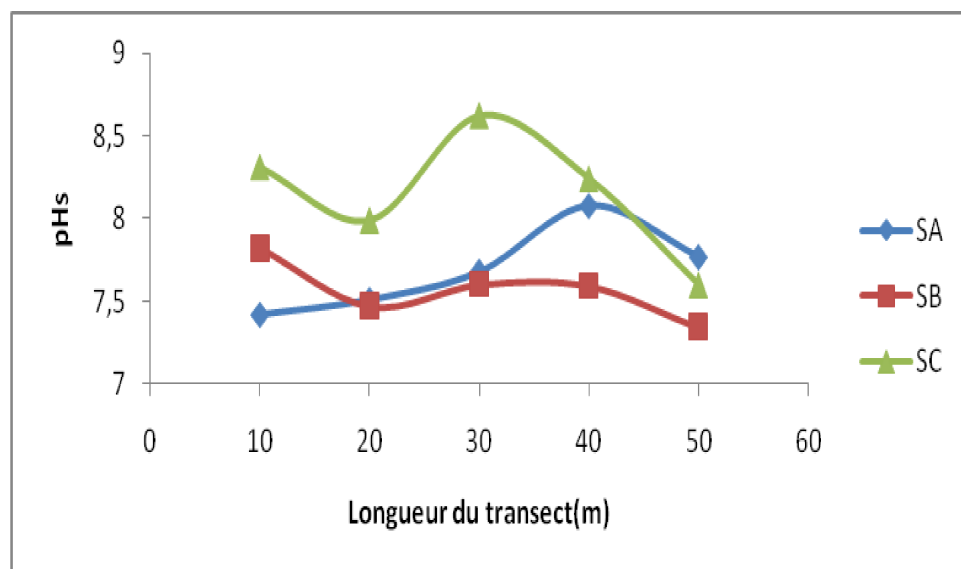


Figure 36: Variations du pH du sol le long des transects de Sebkhath Safioune.

Le pH du sol est généralement alcalin dans les trois stations d'études, selon l'échelle d'interprétation des résultats du pH (Annexe. 6). Dans la station A, il varie de 7,42 dans le secteur A₁ à 8,08 dans le secteur A₄. Dans la station B, il varie de 7,34 dans le secteur B₅ à 7,82 dans le secteur B₁. Dans la station C, il varie de 7,6 dans le secteur C₅ à 8,6 2 dans le

secteur C₃. Les stations d'études constituent des milieux favorables pour les végétaux qui préfèrent les milieux alcalins (plantes halophytes).

L'étude des corrélations du pH montre qu'il ya une corrélation hautement significative positive entre le pH du sol et la conductivité électrique de la nappe phréatique (**Annexe. 9**).

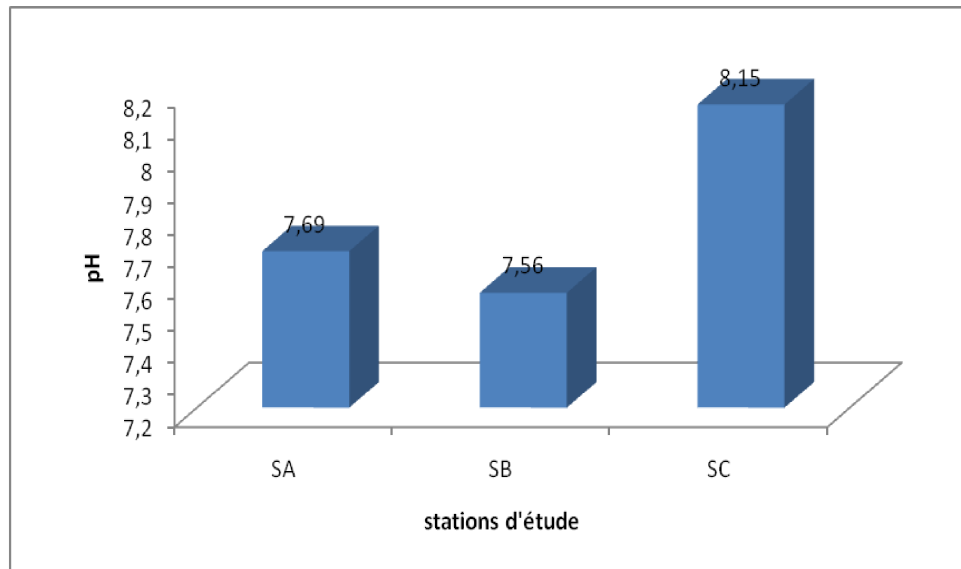


Figure 37 : pH moyen du sol dans les stations d'étude

3. Salinité du sol

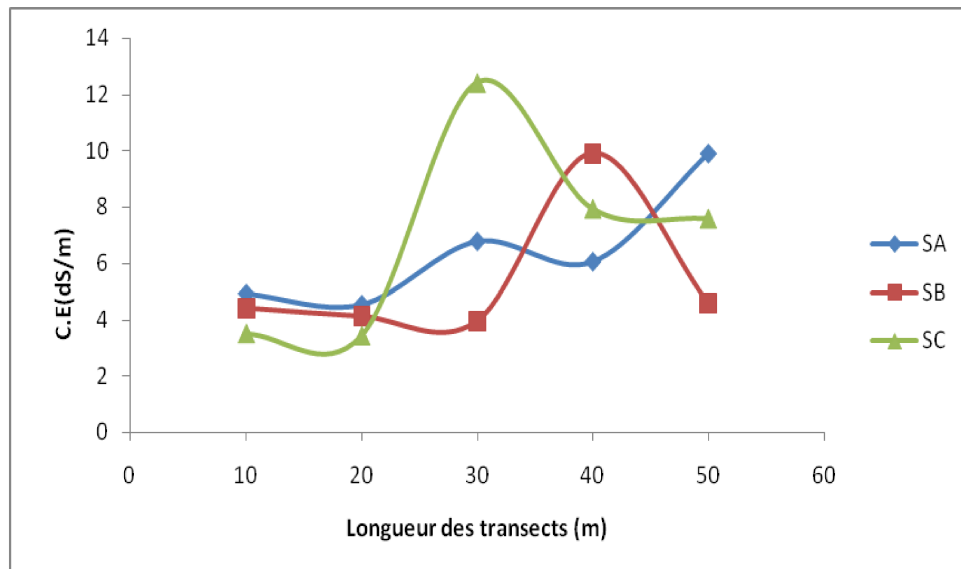


Figure 38 : Variations de la conductivité électrique du sol le long des transects de Sebkhaf Safioune.

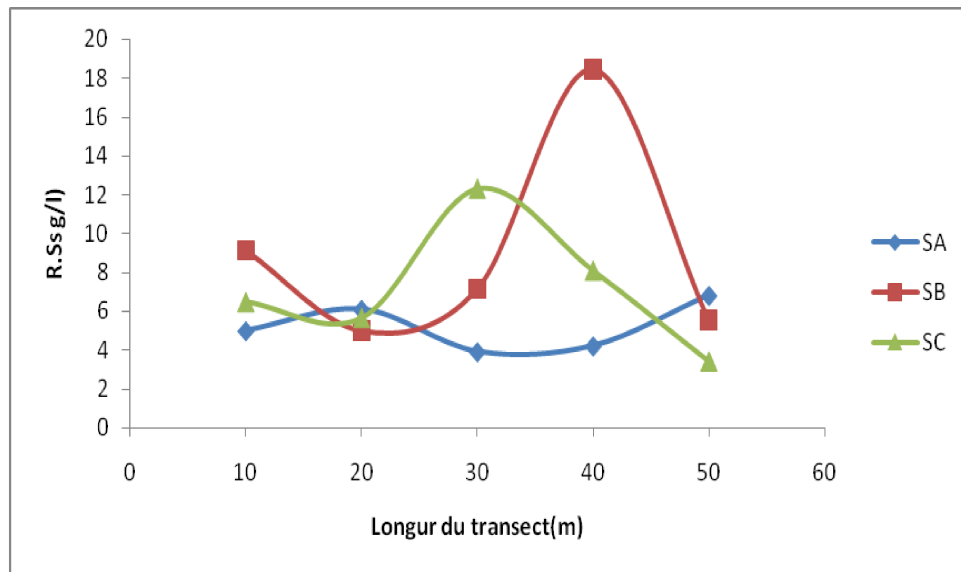


Figure 39 : Variations du résidu sec du sol le long des transects de Sebkhate Safioune .

Les résultats des analyses de la C.E et du Rs dans les stations expérimentales (**Fig.38, 39**) montrent que :

Les sols des stations d'études sont extrêmement salés, selon l' échelle de la salinité (**Annexe.7**) . Dans la station A, la C.E varie de 3,44dSm dans le secteur A₂ à 12,42dS /m dans secteur A₃. Le résidu sec dans la station A oscille entre 3,92 à 6,82g/l. Cette station est moins chargée en sels, parce qu'elle plus proche de la conduite des eaux traitées, où l'on observe une diminution de la végétation tolérante à la salinité.

Pour la station B, la C.E varie de 3,93dS/m dans le secteur B₃ à 9 ,9dS/m dans le secteur B₄. Le résidu sec varie entre 5 et 18,46 g/l. La station B est moins chargée en sels par rapport aux autres stations. La station B a une salinité intermédiaire entre les deux stations A et C, à cause de leurs positions entre les deux conduites des eaux traitées et de drainage. En revanche, cela constitue un milieu favorable pour les végétaux qui tolèrent la salinité. Pour la station C, la C.E est comprise entre 3,45 et 12,38, donc, elle est plus chargée en sels, parce que c'est la station la plus proche de la conduite des eaux de drainage. A la lumière des résultats enregistrés, les eaux sont extrêmement salées.

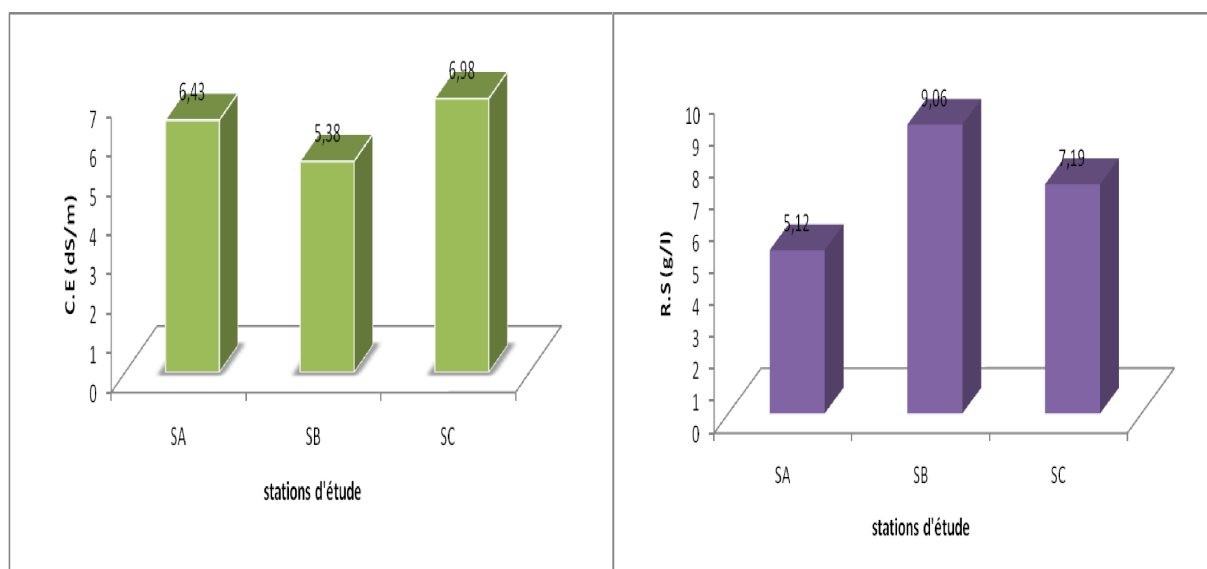


Figure 40 : Salinité moyenne du sol dans les trois stations d'étude.

L'études montre une salinité moyenne du sol qui est élevée dans la station C par rapport aux stations B et A, avec une moyenne par station. Les conductivités électriques sont respectivement de 6,98 dS/m, 5,38 dS/m et 6,43 dS/m, et des résidus secs de 7,19g/l, 9,06 g/l et 5,12 g/l.

4. Taux de matière organique

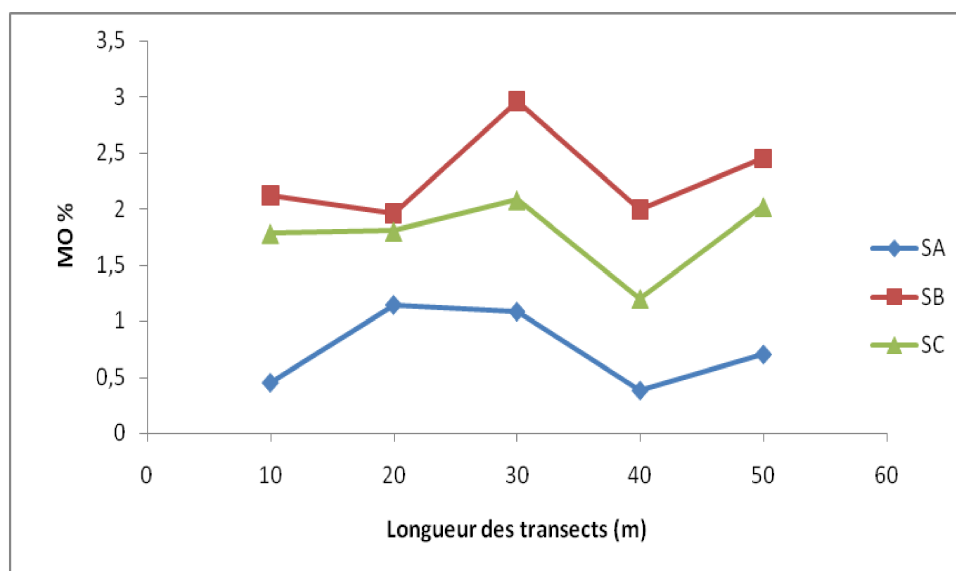


Figure 41: Variations matière organique du sol le long des transects de Sebkhaf Safioune .

La matière organique se présente dans le sol pour une part sous forme de résidus végétaux aux animaux plus ou moins reconnaissables, et pour le reste sous forme de substance adhérentes à la fraction minérale (HENIN et al, 1969).

Dans la station A, la teneur en matière organique est très faible à faible dans tous les secteurs de la station, selon l'échelle des classes de la matière organique (Annexe. 8). Dans le secteur A4, la teneur en matière organique est comprise entre 0,38%, et 1,4% dans le secteur A₂. Dans la station B, le sol présente une teneur faible à moyenne en matière organique, variant de 1,96% dans le secteur B2 à 2,96% dans le secteur B3.

La teneur de matière organique dans cette station est plus élevée, s'expliquant par la présence de substances humiques, d'accumulations de débris végétaux et animaux. Cette station se caractérise par une richesse de végétaux plus élevée que les autres stations. Cette richesse s'explique par l'abondance de l'eau. Selon les résultats obtenus, on remarque que l'humidité est plus élevée en cas de nappe phréatique proche de la surface du sol.

Dans la station C, le sol présente une faible teneur de matière organique, variant de 1,2% dans le secteur C4 à 2,08% dans le secteur C3.

L'analyse des corrélations montre des relations entre le taux de matière organique du sol et le teneur en nitrates de la nappe phréatique (Annexe. 9). Elle montre aussi qu'il y a des corrélations positives significatives et très hautement significatives.

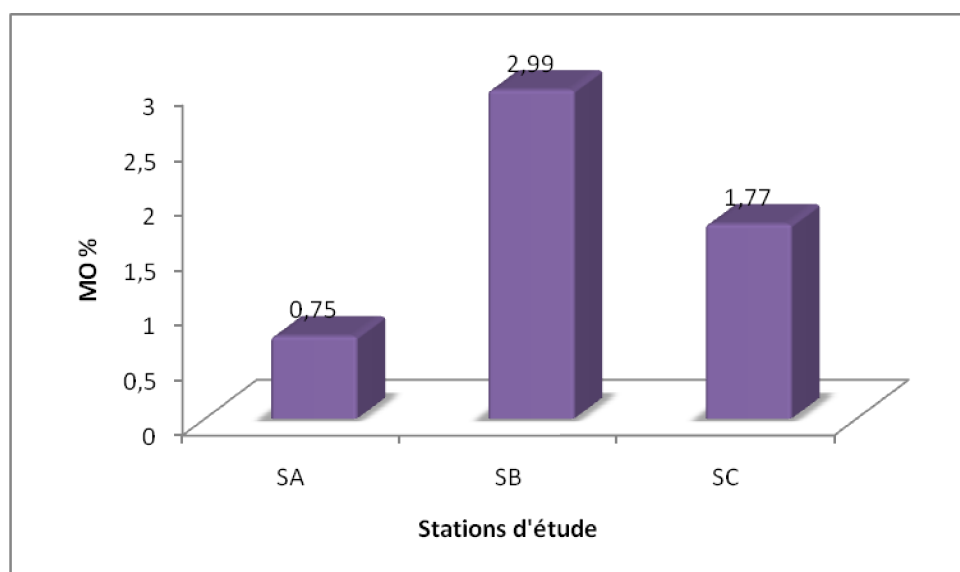


Figure 42 : Taux de matière organique moyen du sol dans les stations d'étude.

Le taux de matière organique du sol varie d'une station à une autre (fig.42). Il varie entre 0,75 et 2,29%, avec maximum remarqué au niveau de la station 02 avec 2,29%, et le minimum est enregistré au niveau de la station A avec 0,75% .

Conclusion

L'étude du sol de nos stations d'études montre que le taux d'humidité reste élevé à cause de la remontée capillaire des eaux.

Les sols de sebkhat Safioune à travers tous les secteurs d'études présentent un pH alcalin.

A la lumière des résultats obtenus, les sols des stations d'études sont extrêmement salés.

Les sols de sebkhat Safioune dans toutes les stations d'études, le taux de matière organique varie de faible à moyennement riche à cause de l'existence de racines plus ou moins dégradées et des substances humiques.



Chapitre VII.
Etude de la flore

Chapitre VII .Etude de la flore

1. Identification et classification des espèces

Les espèces végétales qui existent dans nos stations expérimentales sont identifiées durant la période d'étude.

Tableau 07: Familles et espèces végétales dans les stations d'étude

Familles	Espèces	SA					SB					SC				
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
Poaceae	Pc	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Tamaricaceae	Tg	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Amaranthaceae	H s	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+

-Absence

+présence

D'après le (Tab .07). nous remarquons que l'échantillonnage sur le plan floristique montre que les trois stations expérimentales sont hébergées par trois espèces qui sont : *phragmites communis*, *Tamarix gallica* et *Halocnemum strobilaceum*. Le comportement de ces espèces vis à vis des conditions édaphiques dans les différentes stations est différent, où certaines espèces présentent un taux élevé, comme *phragmites communis* et *Halocnemum strobilaceum* dans les deux stations A et B, très faible, comme *Tamarix gallica*, et sont totalement absentes dans les deux autres stations d'étude, respectivement A et C.

La distribution de ces espèces est variable entre les stations d'une part, entre les secteurs de la même station, d'autre part, suivant l'humidité et la salinité du sol

2. Etude du peuplement végétal

Pour étudier l'évolution du peuplement végétal, nous avons suivi l'évolution de quelques indices écologiques végétaux qui sont : la densité, la fréquence et le recouvrement durant les périodes d'échantillonnage,

Fiche 01. Identification de phragmites communis

Nom scientifique: *phragmites communis Trin*

Nom vernaculaire: *Guseab*

Classification:

famille : Poaceae

Genre: phragmites

Habitat: dans les endroits humides, les lits d'oueds les deltas.

Répartitions: un peu partout dans le Sahara septentrional.

Description: plant pérenne à rhizomes rampant et portant de nombreuses tiges, élevées, pouvant atteindre 4 mètres de haut, tiges droites et dures, feuilles glauques à ligules courtes et cillées, elle sont alternées et longuement inflorescences bruns jaunâtres se composant de très nombreux épillet .

Utilisation: fourragère et artisanale.

Source: OZENDA, 1983 –CHEHMA, 2006

Fiche 02. Identification de Tamarix gallica

Nom scientifique: Tamarix gallica Gr.

Nom Vernaculaire: Tarfa

Classification:

Famille: Tamaricacées.

Genre: Tamarix

Habitat: le Tarfa haite les terrains humides et salée, les lits d'oued et les sebkhas, il peut former des forêts sur de vastes surfaces.

Répartition: très commune dans tout le Sahara.

Description: les tamarix sont des arbres ou arbustes, fréquents dans les terrains, salés, ils sont caractérisés par de petites feuilles écailleuses, souvent imbriquées, donnant aux rameaux l'apparence de ceux de certains genévriers, les feuilles sont souvent ponctuées de minuscules, tout, correspondant à des entonnoirs au fond desquels se trouvent placés les stomates et par ou exsude un mueus, contenant du sel et du calcaire, les racines en général très développées , les fleurs petites forment des chattons de 3 à 4mm de diamètre, les anthères apicules, bractées, élargis à la base .

Source:OZENDA1958-CHEHMA2006

Fiche 03. Identification de *Halocnemum strobilaceum* (Pall) M.Bied



Nom scientifique : *Halocnemum strobilaceum* Pall.

Classification :

Nom vulgaire : Guerna.

Nom français: Haloncemum

Habitat : plante halophile supportant une très forte salinité, vivant dans les terrains compacts très salés et humides, en bordure immédiate des chotts.

Répartitions : nord du Sahara septentrional et régions présahariennes.

Description : arbrisseau à tiges cylindriques, nombreuses, jaunâtres, rampantes, puis redressées de 30 à 100cm de haut, à rameaux longs articulés des pousses courtes ressemblant à des bourgeons.

Utilisation : plante peu broutée par les dromadaires.

Source : OZENDA, 1983 –CHEHMA, 2006

2.1. Densité des espèces végétales dans les stations d'études

L'analyse des résultats de la densité des espèces à sebkhat Safioune montre des différences notables. Pour la station A, l'espèce *phragmites communs* est plus présente à cause de sa nature Hygrophile. Sa densité a été estimée à 29,28 % dans le secteur A2. La densité de *Tamarix gallica* et *l'Halocnemum Stribilaceum* est nulle.

Pour la station B, l'espèce *phragmites communs* est plus présente et a été estimée à 26,12% dans le secteur B4 à cause de la stagnation des eaux usées, suivie par la densité de *Tamarix gallica* qui est plus élevée dans le secteur B2 par rapport à d'autres secteurs, où il a été estimé à 0,05 % à cause du volume d'eau élevé en profondeur, suivie par la densité de *l'Halocnemum Stribilaceum*, qui est plus élevé dans les deux secteurs B2 et B4, où ils ont été estimés à 2,69 28 % à cause du taux élevé de salinité en surface. Pour la station C l'espèce, *l'Halocnemum Stribilaceum* est plus présente avec une densité de 4,96% dans le secteur C2 pouvant être due à la nature des sels qui existent, suivi par l'absence des deux espèces *phragmites communs* et *Tamarix gallica* (fig.43.)

L'étude statistique montre qu'il y a une corrélation très hautement significative positive entre la densité de l'espèce *phragmites communs* et l'humidité du sol, qui est significativement positive avec la teneur en nitrates de la nappe phréatique (Annexe. 8).

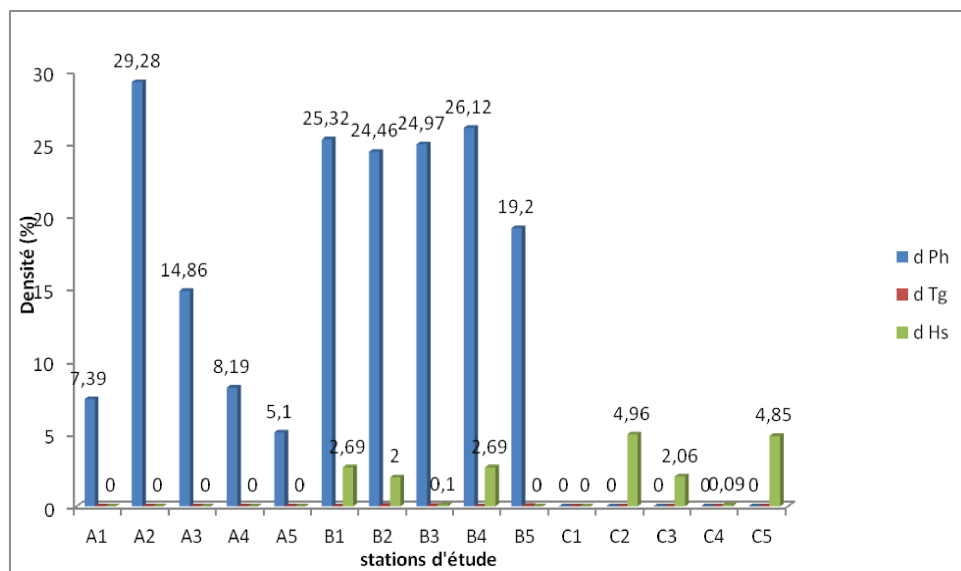


Figure 43: Densité des espèces dans la station d'étude.

2.2. Fréquence des espèces végétales dans les stations d'étude

Les résultats des analyses de la fréquence des espèces à sebkhat Safioune montrent des différences notables. Pour la station A, l'espèce *phragmites commons* est fréquente dans les cinq secteurs, dont sa fréquence est plus élevée dans le cinquième secteur A5, estimée à 100% à cause de l'absence des autres espèces, d'une part, et à l'augmentation de l'humidité du sol d'autre part.

Pour la station B, représentée par *phragmites commons*, elle est fréquente dans les cinq secteurs, dont sa fréquence est plus élevée dans le troisième secteur B3, estimé à 96%, qui peut être du à l'augmentation de l'humidité, suivi par *Tamarix gallica*, qui est la moins fréquente avec 0,03% dans le secteur B1, suivi par *Halocnemum Stribilaceum* qui est moins fréquente, avec un taux de 9,34%.

Pour la station C, *Halocnemum Stribilaceum* est plus fréquente dans les quatre secteurs avec 100%, par ce que le taux de salinité est élevé, avec l'absence des deux espèces *phragmites*, respectivement *commons* et *Tamarix gallica* (fig.44).

L'étude statistique montre qu'il y'a une corrélation hautement significative positive entre la fréquence de l'espèce *Tamarix gallica* et le taux de matière organique du sol qui est significativement positive avec le résidu sec de la nappe phréatique (Annexe. 8).

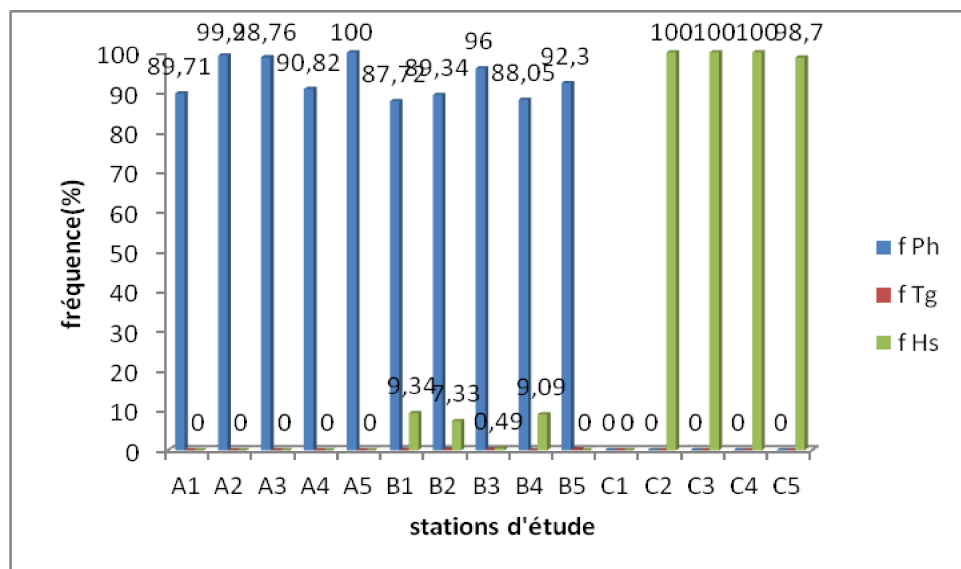


Figure 44: Fréquence des espèces dans les stations d'étude.

2.3. Taux de recouvrement des espèces végétales dans les stations d'études

L'analyse des résultats montrent que le taux de recouvrement des espèces à sebkhat Safioune des différences notables. Pour la station A, l'espèce ayant le taux de recouvrement élevé est *phragmites communs*, avec 36,86%. Dans le secteur A2, cette augmentation est due à l'augmentation de l'humidité, avec un taux de recouvrement qui est nul pour les deux espèces, respectivement, *Tamarix gallica* et *Halocnemum Stribilaceum*.

Pour la station B, l'espèce ayant un taux de recouvrement élevé est *phragmites communs* avec un taux de 29,25%, suivie par *Halocnemum Stribilaceum* avec 25,42% dans le secteur B4. Cela est dû à l'augmentation de la salinité du sol en surface, qui est moins élevée pour l'espèce *Tamarix gallica*, avec 0,08% dans le secteur B5. Pour la station C, *Halocnemum Stribilaceum* présente le taux de recouvrement le plus élevé dans le cinquième secteur C5, avec 58,45%, à cause de l'augmentation de la salinité du sol (fig. 45).

L'étude statistique montre qu'il y a une corrélation hautement significative positive entre le recouvrement de *Halocnemum Stribilaceum* et la conductivité électrique de la nappe phréatique (Annexe. 8).

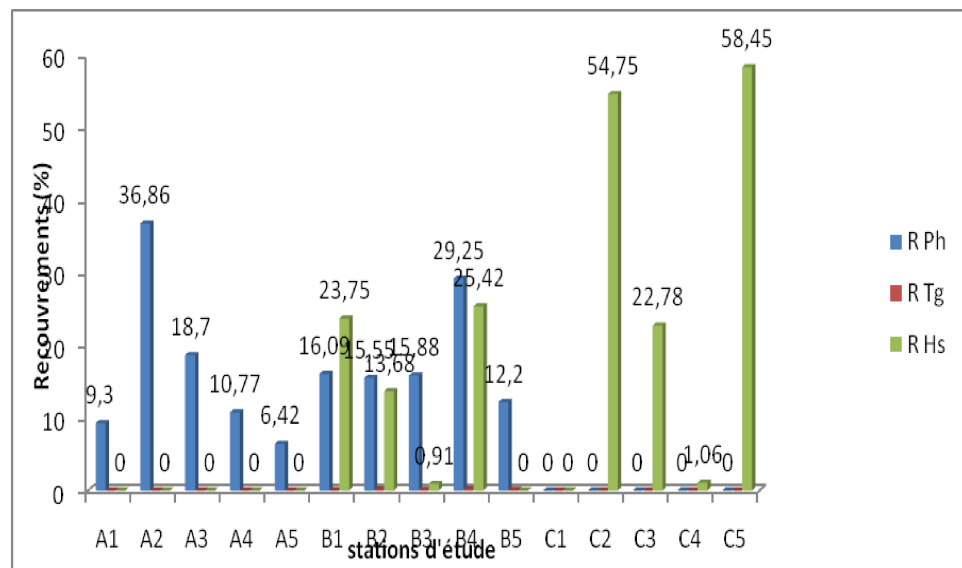


Figure 45: Recouvrement des espèces dans les stations d'études.



Conclusion Générale

Conclusion générale

La présente étude a porté sur l'impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette d'Ouargla sur l'environnement de Sebkhath Safioune. Notre recherche s'est proposé de mettre en évidence les effets des eaux traitées d'assainissement et de drainage au niveau de la Sebkhath et leurs impacts sur la nappe phréatique, le sol et la flore à Sebkhath Safioune.

Au terme de ce travail, il ressort que les eaux de drainage sont proches de celles de Sebkhath Safioune, c'est-à-dire, avec une influence des eaux de drainage sur la Sebkhath.

Sur le plan des éléments de pollution (DBO₅, DCO), nous avons remarqué que les taux des eaux épurées sont excessivement polluées, selon les normes françaises.

Nous pouvons conclure que les sites étudiés présentent une nappe superficielle, très salée, alcaline, avec des teneurs en nitrates qui varient entre 11,5 et 22,05 mg/l.

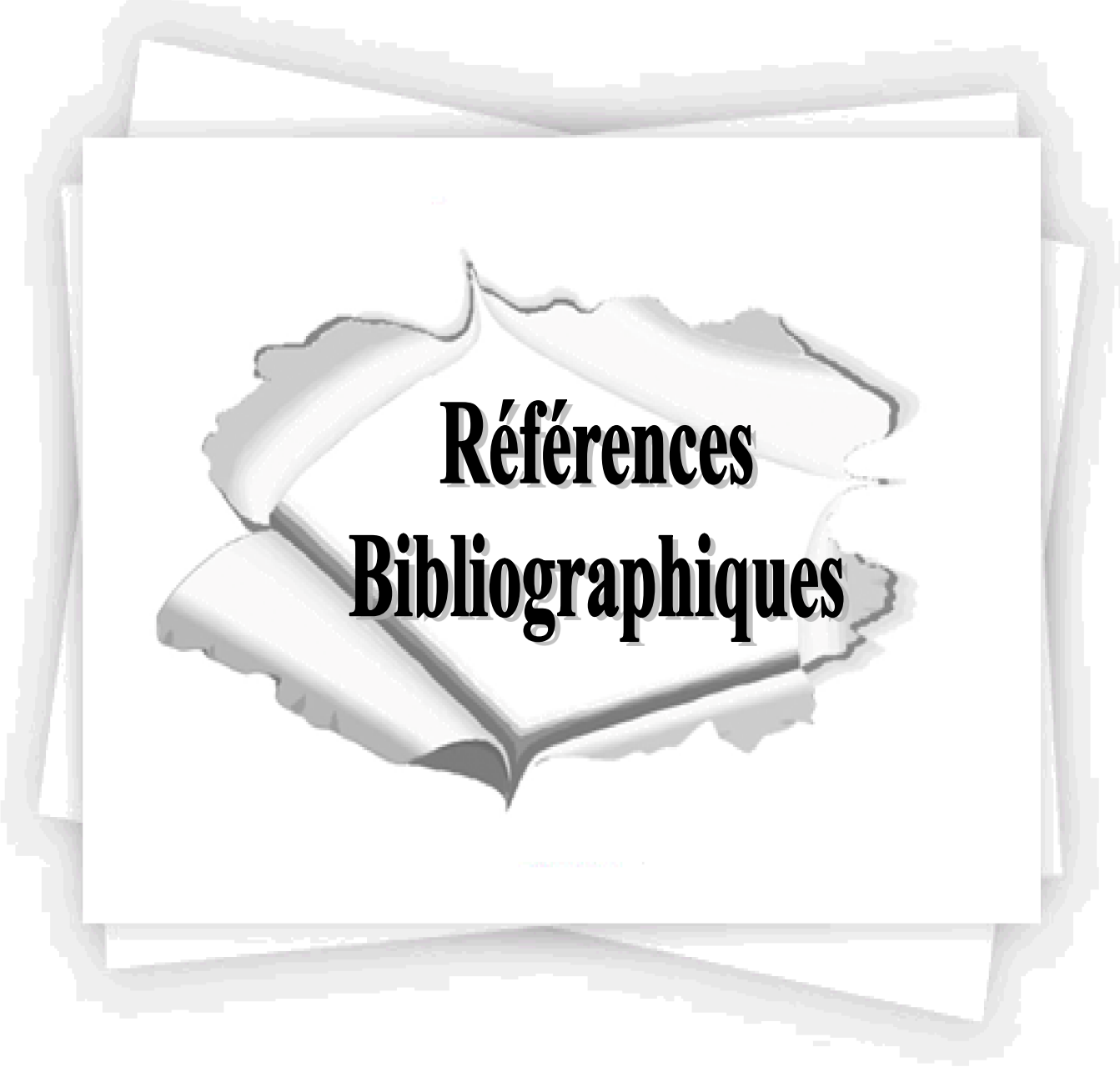
Les sols sont très humides, surtout dans les stations où la nappe phréatique est proche de la surface du sol. Les sols sont salés à extrêmement salés, et faible à moyennement riches en matière organique.

Sur le plan floristique et du point de vue qualitative, l'échantillonnage nous a permis de recenser trois espèces végétales, à savoir : *Phragmites communs*, *Tamarix gallica* et *Halocnemum strobilaceum*.

La distribution des espèces est variable d'une station à une autre. Cette variation peut s'expliquer par la composition du sol et la profondeur de la nappe phréatique.

Les espèces recensées au niveau de Sebkhath Safioune sont des espèces hydro-halophiles.

Enfin, notre étude reste préliminaire, il est important de poursuivre et d'approfondir ces travaux de recherche par d'autres équipes dans la cuvette de Ouargla, particulièrement à Sebkhath Safioune en vue de mieux préciser et fiabiliser les résultats.



**Références
Bibliographiques**

- **AEWA, 2007.** Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'afriqueurasie. Modèle type de présentation des rapports nationaux. 9 p.
- **AFNOR.** Qualité des sols. Ed. AFNOR, vol. 1 et 2, Paris.973 p.
- **AUBERT, G., 1978.** Méthodes d'analyses des sols. Ed. CRDP, Marseille, 191 p.
- **AUBERT, G., 1983.** Observation sur les caractéristique, les dénomination et classification des sols salés ou salsodique .cah.O.S.T.M.Ser.Péd .
- **BAUDOT, B et PERERA, P., 1991.** Guide procédés extensifs d'épuration des eau.
- **BECHAC, j.,BOUTIN ,P.,MERCIER ,B., 1983.**Traitement des eaux usées . 2^{ème} Edition. usées adaptés aux petites et moyennes collectivités. 21P .
- **BECIS, O.,et BETOUIDIANE ,M.,2005.** Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration biologique par boue activée, Haoud Berkaoui-Ouargla .Mém.D.E.S.Microbiologie .Univ d'Ouargla.3p.
- **BELLAOUR, A et E., 2008.**Etude de hydrogéologique des eaux souterraines de la région d'Ouargla soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et perspectives de solutions palliatives (Saharan- Nord-Est Septentrional-Algérie) mém. M.G. En Géologie du Génie Civil et des Milieux Aquifères .Univ de Batna.
- **BENHDID ,H., et HARROUZ ,N.,2010 .**Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla) .Mém Ing .Ecosystème ,Steppiques et Saharien .Univ de Ouargla.89P.
- **BETTAHR, N et HAMDI, A., 2010.**Traitement des eaux usées urbaines par lagunage et possibilité de valorisation de sous-produits en pisciculture (cas de la S.T.E.P.de Ouargla).Mém Ing .Aquaculture. Univ d'Ouargla .87p.
- **BG, 2004,** Etudes d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation, Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique.
- **BONTOUX, J., 1993.**Introduction à l'étude des eaux douces (eaux naturelles, eaux usées eaux de boisson).Qualité etvsanté .2ème édition, CEBEDOC. Paris.167p.
- **BOUKHATALA, Y et IDDOU,K., 2010.** Etude de rendement épuratoire de la nouvelle station d'épuration par lagunage de la ville d'ourgla .Mém Ing . Hydraulique .hydraulique urbaine, Univ de Ouargla. 27p.

- **BOUTELLI,M et MENASSIA,S., 2008.**Conception d'une station d'épuration pour la ville de Ghardaïa . possibilités de réutilisation des eaux épurées. Mém Ing . Hydraulique .Hydraulique urbaine, Univ d'Ouargla .132p.
- **BOUTELLI, MED,H., 2012-** Salinité des eaux et des sels au niveau de la Sebkha de Bamendil caractérisation et conséquences sur l'environnement .Mém. M.G, Aménagement hydrolique dans les mileux arides .Univ de Ouargla .
- **BOUZIANI ,M.,2000.**L'eau de la pénurie aux maladies .Ed .Ibn Khaldoun Oran .117p.
- **BRAULT .JL., 1989.**Traitement des eaux usées .Ed.Paris.p.p.4-10.
- **CHEHMA A., 2006.**Catalogues des plantes septentrional Algéries .
- **DAGNELIE P., 1975.**Théorie et méthodes statistique. Vol.2.2^{ème}Ed. Les presses Agronomiques de Gembloux, A.S.B.L.463p.
- **DALI,H et ZOUAOUI ,K ., 2007.**Réutilisation des eaux usées épurée en irrigation .Mém .Ing.Génie des procédés .Génie de l'environnement.Univ de Ouargla.68p.
- **DEGREMENT ,2005.** Mémento technique de l'eau. Tome1. Ed10^{ème} . 466P
- **DURAND,J et H.,1958.**Les sols irrigables . Etudepédologique .ED. Imbert, Alger.190p.
- **EDELINE, F., 1997.**L'épuration biologique des eaux. Théorie et technologie Edition CEBEDOC.298p.
- **FRANK,R .,2002 .**Analyse des eaux .Aspects réglementaires et techniques. Ed .Scérén CRDP AQUITAINE.Bordeaux.171p.
- **Galewski ,T ., 2008.**vers un observatoire des zones humides méditerranéennes évolution de la biodiversité de 1970 a nos jours. Tour du valat. Med wet. 3p.
- **GAUCHER G et BURDIN S., 1974.** Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés.Presses Universitaires de France, Imp. Boudin, Paris, 234 p .
- **GOBAT.J.C. ARAGNOM.et MATTHEY.1998-**Le sol vivant :Basse de pédologie ,biologie des sols,Paris .572p.
- **GOUNOT, 1969.**Méthode d'étude quantitative de la végétation .Ed. BOULEVARD Paris .305p.

- **IDDER T., 1998.** La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara d'Algérie. Impact des rejets d'origine agricole et urbaine et techniques de remédiations proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse de Doctorat Université d'Angers UFR Sciences..Laboratoire des sciences l'environnement et de l'aménagement. 284p.
- **KAROUNE,S., 2008 .**Effets des boues résiduaires sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber* L.) Mém.Mg . En Ecologie Végétale. Gestion et pathologie des écosystèmes forestiers. Univ de Mentouri Constantine. p244.
- **KEBICHE,M., 1999.**Pollution des eaux superficielles dans un climat semi-aride :la région de Sétif (Algérie).
- **LABERCHE, J et C., 2004.**Biologie végétale .Ed.DUNON,Paris, 240p.
- **MENSOUS, M.,2012-** Etude de système de gestion des eaux usées dans l'oasis de Ouargla .mém .M.G. Univ de Ouargla.
- **MERABET. S.,201** Etude comparative de deux systèmes aquatique dans le Sahara septentrional (chotte Merouane et Ain El Beida),environnement et signes de dégradation .mém.M.G. Ecologie Saharienne et environnement .Unvi de Oaurgla.
- **O.N.A., 2003.** Office National de l'Assainissement. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation: Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique Ouargla, 42 p.
- **(ONA, 2010).**
- **O.N.M.2013.**Données climatologiques d'Ouargla.
- **OUALI,M.,2001 .**Cours de procédés unitaires biologique et traitements des eaux . Office des publication Unitaires, Alger.52 p .
- **OZENDA. P., 1983.**Flore du sahara .Ed.Centre National des Recherches Scientifiques .Pris
- **RODI, L., 1996.** Analyse de l'eau .eaux naturelles ,eaux résiduaires ,eau de mer.8^{eme} .Edition DUNOD, Paris.1114p.

- **RODIER, 1976.** Analyse d'eau .8ème Edition. Bordas. Paris, 120p.
- **RODIER, 1996.** L'analyse de l'eau. Ed. DUNOD, Paris. 1383 p.
- **ROUDIER, J., 1976.** Analyse d'eau .8ème Edition. Bordas .Paris 120p.
- **ROUVILLOIS-BRIGOL, N., 1975.** Le pays de Ouargla (Sahara algérien) variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed. Département de Géographie, Univ. De Sorbonne, Paris. 316 p.
- **TARADAT, M et H., 1992.** chimie des eaux .première, le griffon d'argile inc, canada. 537P.
- **THOMAZEAU R, 1981.** Station d'épuration, eau potable, eaux usées. Précis théorique et technologique. 435p.
- **TOUTAIN G., 1979.** Elément d'agronomie Saharienne de la recherche au développement. Ed .INRA. Paris .277p.
- **SLIMANI, R., 2006.** Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnement dans les régions de Ouargla : Cas des eaux de rejets (agricole et urbaines). Mém. M.G. protection des écosystèmes en zones arides .Univ de Ouargla.
- **SOLTNER, D., 1989.** Les bases de la production végétale. Le sol. Ed. Angers. 468 p.
- **UNESCO :** Rapport technique du projet PNUD/Tunisie 5 “ Recherché et formation en matière d'irrigation avec des eaux salées.
- **VIEILLEFON, 1997.** Contribution à l'amélioration de l'étude analytique des sols gypseux. Cah. OROSTOM, Ser. Pedo., 17. Paris. 195–201p.



Annexes

Annexe .1

Annexe 1 : La relation entre la C.E et la salinité (RODIER, 1976)

Salinité	Faible	Moyenne	Forte	Très Forte	Excessive
CE	0.1à0.25	0.25à2.25m	0.75à2.25	2.25à5	5à20
	mS/cm	S/cm	mS/cm	mS/cm	mS/cm

Annexe 2 : Normes physico-chimiques des rejets de l'OMS appliquées en Algérie (LADJEL, 2006)

Paramètres	Normes
T C°	30
pH	6,5-8,5
O2 mg/l	5
DBO ₅ mg/l	30
DCO mg/l	90
MES mg/l	30
Azote total mg/l	50
NO ₃ ⁻ mg/l	80

Annexe : 3 françaises Les normes des qualités des cours d'eau. (BONTOUX,1993)

Paramètres	Qualité excellente	Qualité bonne pollution modérée	Qualité moyenne pollution nette	Qualité mediocre pollution importante	Qualité hors classé : pollution excessive
DBO ₅	<3	3à5	5à10	10à25	>25
DCO	<20	20à25	25à40	40à80	>80

Annexe : 4 Echelle de PH des eaux phréatiques (GAUCHER, 1968 in (SOLTNER ,1989)

pH eau	Classes
6.75<PH eau<7 .25	Neutre
7.75<pH eau <8.25	Alcalin
<8.5	Très alcalin

Annexe 5 : Echelle classification des eaux (DURANDJ.H., 1958)

Résidu sec en g/l	Différents types des eaux
<0,25	Eaux non salées
0,25<R.s<0,75	Eaux à salinité moyenne
0.75<R.s<2.25	Eaux à forte salinité
2.25<R.s<5	Eaux à très forte salinité
5	Eaux à salinité excessive

Annexe 6: Echelle de pH de l'extrait 1/5 (SOLTNER, 1989)

pH1/5	Classes
5 à 5,5	Très acide
5,4 à5, 9	Acide
6à6, 5	Légèrement acide
6,6à7, 2	Neutre
7,3à 8	Alcalin
8	Très alcalin

Annexe :7 Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5selon
(AUIBERT, 1978).

CE à 25C° (dS/m)	Sol
CE<0,6	Sol non salé
0,6 <CE< 1,2	Sol peu salé
1,2 <CE< 2,4	Sol salé
2,4 <CE< 6	Sol très salé
>6	Sol extrêmement salé

Annexe :8

Classes de matière organique (MOROND, 2001)

M.O.(%)	Caractérisation
0.5 < M.O. < 1	Très faible
1 < M.O. < 2	Faible
2 < M.O. < 3	Moyen
3 < M.O. < 5	Riche
5 < M.O.	Très riche

Annexe :9 Etude des corrélations entre le sol,la nappe et la flore dans les stations d'étude de Sebkaht Safioune

Dpc	dTg	dHS	fPC	fTg	fHS	RPC	RTg	RHS	Hs	pH	C.Es	R.ss	M.O	P.n.	pHn	C.En	R.sn	Nn	
																		1,0000	Nn
																	1,0000	0,8021	R.sn
																1,0000	0,0745	-0,1440	C.En
															1,0000	-0,3405	-0,2590	-0,2367	pHn
														1,0000	0,1165	0,4234	-0,5672	-0,6308	P.n.
												1,0000	-0,4124	-0,4624	0,2484	0,6659	0,8124	M.O	
											1,0000	0,2987	-0,2177	0,0156	-0,0140	0,0619	0,2386	R.ss	
										1,0000	0,1404	-0,1954	0,3750	0,1763	-0,0172	-0,4133	-0,3497	C.Es	
									1,0000	0,0916	0,2275	-0,0703	0,3492	0,2826	0,6306	-0,0143	-0,3065	pH	
								1,0000	-0,6289	-0,1925	0,3699	0,3655	-0,7741	-0,0982	-0,6676	0,3674	0,7064	Hs	
							1,0000	-0,1578	0,0744	0,1864	0,1149	0,3467	-0,0281	-0,4439	0,5530	0,1100	0,0643	RHS	
							1,0000	-0,0019	0,8177	-0,4560	-0,0224	0,5206	0,5460	-0,4543	-0,1508	-0,3482	0,2809	0,7479	RTg
						1,0000	0,4698	-0,2972	0,6609	-0,5808	-0,0079	0,2583	-0,0002	-0,3912	-0,0070	-0,7404	-0,0851	0,1920	RPC
				1,0000	-0,6144	-0,3198	0,6765	-0,5617	0,5165	0,1234	0,0819	0,1660	0,4202	-0,4514	0,8278	0,0306	-0,1817	fHS	
			1,0000	-0,3250	0,1929	0,6755	-0,1923	0,6139	-0,4857	-0,3873	-0,0964	0,6208	-0,4583	-0,2139	-0,2987	0,5468	0,8331	fTg	
			1,0000	0,3795	-0,8438	0,7483	0,3900	-0,5335	0,6827	-0,6857	-0,0295	-0,0366	-0,1803	-0,4190	0,3181	-0,9883	-0,0074	0,2241	fPC
		1,0000	-0,4737	-0,1295	0,6227	-0,2363	0,0888	0,9879	-0,0629	0,0488	0,1461	0,1715	0,3775	-0,1257	-0,4295	0,4970	0,1861	0,1526	dHS
	1,0000	-0,0693	0,3784	0,9722	-0,3183	0,2257	0,7232	-0,1508	0,6430	-0,4635	-0,3710	-0,0549	0,5949	-0,4711	-0,1830	-0,2943	0,5466	0,8581	dTg
1,0000	0,5694	-0,1709	0,7708	0,5403	-0,6343	0,8961	0,6486	-0,2630	0,8471	-0,6394	-0,1969	0,2273	0,3052	-0,6443	-0,0722	-0,7308	0,3128	0,5805	Dpc

* très hautement Significative

**hautement Significative

***Significative

Annexe 10: liste des espèces d'oiseaux au Sebkhia Safioune Source (**BOUZID,2013**).

Espèces	Non scientifique
Flamant rose	<i>Phoenicopterus ruber roseus</i>
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>
Tadorne casarca	<i>Tadorna ferruginea</i>
Canard chipeau	<i>Anas strepera</i>
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>
Canard pilet	<i>Anas acuta</i>
Sarcelle d'été	<i>Anas querquedula</i>
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>
Sarcelle marbrée	<i>Marmaronetta angustirostris</i>
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>
Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>
Egretta garzetta	<i>Egretta garzetta</i>
Ibis falcinelle	<i>Plegadis falcinellus</i>
Grand Egrette	<i>Ardea alba</i>
Petit gravelot	<i>Charadrius dubius</i>
Gravelot à coll. Interr	<i>Charadrius alexandrinus</i>
Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>
Chevalier gambette	<i>Tringa tatanus</i>
Chevalier cul-blanc	<i>Tringa ochropus</i>
Chevalier arlequin	<i>Tringa erythropus</i>
Chevalier combattant	<i>Philomachus pugnax</i>
Bécassine minute	<i>Tringa minuta</i>
Bécassine variable	<i>Calidris alpina</i>
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>
Goélande leucopheé	<i>Larus michahellis</i>
Ganga tachetée	<i>Pterocles senegallus</i>
Crabier chével	<i>Ardeola ralloides</i>
Tourn piem à collier	
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>

Poule d'eau	Gallinula chloropus
Héron pourpre	
Foule macroule	(Fulica atra
Goéland rieur	Chroicocephalus genei
Glaréole à collier	Glareola pratincola

Annexe 11:

Photo 11: Quelques espèces d'oiseaux

Nous avons effectués nous même des sorties sur terrain et nous avons observés quelque oiseaux (**photo, 10**).



Résumé

Impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette d'Ouargla sur l'environnement de Sebkhaf Safioune

Notre travail a porté sur l'impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette d'Ouargla sur l'environnement de Sebkhaf Safioune.

Dans le cadre de la réalisation de ce travail, nous avons procédé à la caractérisation des eaux, à savoir : la qualité des eaux au niveau de Sebkhaf Safioune, la qualité des eaux phréatiques, l'analyse du sol, l'identification et la classification des espèces végétales.

Concernant les taux des éléments de pollution (DBO₅, DCO), cette recherche montre que les eaux épurées sont excessivement polluées, selon les normes françaises.

Les stations expérimentales choisies au niveau de la Sebkhaf présentent une nappe superficielle, très salée, alcaline, avec une présence de teneurs en nitrates qui varient entre 11,5 et 22,05 mg/l. Les sols sont très humides, surtout dans les stations où la nappe phréatique est proche de la surface du sol. Les sols sont salés à extrêmement salés, et faibles à moyennement riches en matière organique. Les types de végétation dominants sont principalement : *Phragmites communs*, *Tamarix gallica* et *Halocnemum strobilaceum*.

Mots-clés : Impact, rejets des eaux usées épurées, environnement, Sebkhaf Safioune.

. Summary

Impact of discharges of treated wastewater from the bowl Ouargla's on the environment Sebkhaf Safioune

Our work has focused on the impact of discharges of treated wastewater from the bowl on the environment Ouargla Sebkhaf Safioune.

In the context of the completion of this work, we performed the characterization of water, ie water quality at Sebkhaf Safioune, the quality of ground water, soil analysis, and identification and classification plant species.

On the rates of pollution elements (BOD₅, COD), this research shows that the purified water is extremely polluted, according to French standards.

Experimental stations chosen at the Sabkha have a surface water, very salty, alkaline, with a presence of nitrate levels ranging from 11.5 to 22.05 mg / l. The soils are very wet, especially in stations where the water table is near the surface. The soils are highly salted, and low to medium rich in organic matter.

The dominant vegetation types are mainly: Common Phragmites, Tamarix gallica and Halocnemum strobilaceum.

Key Words : Impact, discharges of treated wastewater, environment, Sebkhaf Safioune.

ملخص

تأثير المياه الصرف المعالجة في حوض ورقلة على البيئة في سبخة سفيون

وقد ركز عملنا على تأثير المياه صرف المستعملة المعالجة في حوض ورقلة على البيئة في سبخة سفيون في سياق إنجاز هذا العمل، أجرينا وصف المياه، أي نوعية المياه على مستوى سبخة سفيون، نوعية المياه الجوفية، وتحليل التربة، وتحديد وتصنيف الأنواع النباتية. ويبين هذا البحث أن المياه المعالجة ملوثة للغاية، من خلال نتائج التحليل لعناصر التلوث وفقا لسلم المعايير الفرنسية.

مواقع التجارب المختارة في السبخة لديها المياه السطحية، مالحة جدا، ذات طبيعة قلبية، مع وجود كمية نترات تتراوح (11,5-22,05 ملغ / لتر). تتميز التربة بالرطوبة العالية، وخصوصا في المواقع حيث مستوي المياه بالقرب من السطح. ، وذات نسبة ضئيلة الى متوسطة من المواد العضوية.

أنواع النباتات السائدة هي أساسا: القصبه والأثل و
الكلمات الدالة: تأثير، المياه الصرف المعالجة، البيئة سبخة سفيون

Liste des annexes

N°	Titre
Annexe 1	La relation entre la C .E et la salinité (RODIER, 1976)
Annexe 2	Normes physico-chimiques des rejets de l'OMS appliquées en Algérie (LADJEL, 2006)
Annexe 3	Echelle de PH des eaux phréatiques (GAUCHER, 1968 in (SOLTNER ,1989)
Annexe 4	Echelle classification des eaux (DURANDJ.H., 1958)
Annexe 5	Echelle de pH de l'extrait 1/5 (SOLTNER, 1989)
Annexe 6	Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5selon (AUIBERT, 1978)
Annexe 7	Classes de matière organique (MOROND, 2001)
Annexe 8	Etude la corrélations entre le sol, la nappe et la flore dans les stations d'étude de Sabkha Safioune
Annexe 9	liste des espèces d'oiseaux au Sebkha Safioune Source (BOUZID, 2013).
Annexe 10	Quelques espèces d'oiseaux

:

Remerciements



Avant tout, louange à Dieu, le tout puissant pour nos avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever le présent travail de recherche.

Au terme de ce travail, nous tenons tout d'abord à présenter nos sincères remerciements à :
M^r SAKER M.L., notre promoteur, pour sa patience, ses conseils avisés et l'intérêt qu'il a porté à la réalisation de ce mémoire ;

M^r DADDI BOUHOUN M., notre co-promoteur, pour sa précieuse collaboration, son appui et ses conseils précieux.

Nous sommes très heureuses d'exprimer notre reconnaissance à **M^r NILI M.S**, d'avoir accepté la présidence de ce jury.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de faire partie de cet honorable jury, et ont bien voulu examiné ce modeste travail, particulièrement **M^r IDDER M.A.H.**

Nous tenons à remercier également tous les personnels des laboratoires du département de nous avoir aidé dans l'accomplissement de cette tâche.

Et nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à réalisation de ce travail.

Hafsa



Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma mère et mon père, que j'aime beaucoup et que Dieu les garde

A mes frères et sœurs,

A mon promoteur,

A mon Co-promoteur,

A toute la famille.

A tous mes amis

A tous ceux que j'aime.

M^{elle} Telli Hafsa





Introduction Générale

Introduction générale

L'Algérie abrite une gamme de zones humides très diversifiées : lacs, lagunes, marais, chotts, sebkha. L'adhésion de l'Algérie à la convention de Ramsar a été effective en 1984, à ce jour, 42 sites sont classés sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, couvrant une superficie de 2 958704 ha, représentant 0.78% du territoire national contre 0.02%, et 0.08%, respectivement pour le Maroc et la Tunisie (**MERABET, 2011**).

En Algérie, 1451 zones humides sont recensées, dont 762 naturelles et 689 artificielles. Elle compte également 42 sites classés sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, s'étendant sur une superficie de près de 3 millions d'hectares. Un classement de 18 autres sites sur la liste de Ramsar est en cours de réalisation, selon la DGF. D'après **AEWA (2007)** (Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique Eurasie).

Ces écosystèmes sont très fragiles et menacent par l'effet anthropique. L'étude faite par **Galewski (2008)** montre que les zones humides méditerranéennes subissent cependant de fortes pressions anthropiques qui se sont nettement amplifiées au cours du 20ème siècle. Elles sont utilisées comme des exutoires des eaux excédentaires, surtout dans les régions sahariennes. Cet effet anthropique a contribué à la disparition de la moitié des zones humides de la Méditerranée dans les cinquante dernières années, celles restantes souffrent généralement de dégradation et de pollution, d'origines diverses.

La ville de Ouargla connaît un grave problème d'excédents hydriques, causé par les rejets des eaux de drainage et des eaux résiduaires urbaines.

Ce problème des excédents des eaux est devenu aujourd'hui une véritable menace pour l'environnement et les conséquences s'en font ressentir, aussi bien en agglomération qu'en périphérie des zones habitées (**IDDER,1998**).

Cette situation a conduit à une remontée importante de la nappe phréatique.

Cette remontée a provoqué la dégradation des conditions environnementales et sanitaires dans la cuvette et a mis en danger l'avenir économique de la région.

Pour améliorer cette situation, les pouvoirs publics, représentés par l'office National de l'Assainissement de Ouargla, ont recommandé la construction d'un canal pour l'évacuation des

eaux usées épurées et des eaux de drainage vers un nouvel exutoire, se situant suffisamment loin de l'agglomération : la Sebkha Safioune. Cette solution a pour objectif d'assurer un assainissement durable de la cuvette de Ouargla.

Dans le cadre de ce mémoire de fin d'étude, nous nous sommes intéressées à l'étude de l'impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla sur l'environnement de Sebkhat Safioune.

Nos travaux de recherches ont été menés dans la sebkha Safioune qui constitue le point le plus bas de la cuvette d'Ouargla. Elle s'étend sur une superficie totale de près de 8000 hectares et constitue l'exutoire naturel des crues des oueds N'sa et M'zab.

Notre étude comporte quatre parties essentielles, se présentant comme suit : la première partie est une synthèse bibliographique, la deuxième partie présente l'approche expérimentale. Notre approche expérimentale a porté notamment sur les aspects suivants; l'étude de la qualité des eaux de la nappe phréatique, la qualité des eaux du point de rejet, l'étude de la qualité des sols, et enfin l'étude du peuplement végétal.

La troisième partie de ce travail est consacrée à l'essentiel des résultats obtenus et les discussions s'y rapportant.



Chapitre I
Eaux usées

Chapitre I. Eaux usées**1. Définition**

Les eaux résiduaires ou eaux usées, ce sont des eaux chargées de pollution, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine (FRANK, 2002).

2. Types des eaux usées

Généralement, il existe différents types d'eaux usées en fonction de leur origine ou de leur mode de collecte qui influencent beaucoup leur composition et leurs caractéristiques, où l'on distingue :

2.1. Eaux usées domestiques

Elles se composent :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières en suspension, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides), et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle.
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (wc), très chargées en matières organiques, en composés azotés, phosphorés et microorganismes (FRANK, 2002).

2.2. Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles sont les eaux produites par des processus industriels consommateurs d'eau, dont le degré de pollution diffère d'un type d'industrie à un autre (OUALI, 1999).

2.3. Eaux agricoles

Provenant de l'élevage, dont les fumiers et lisières, riches en matières organiques azotées, dont certains composés, les nitrates par exemple, peuvent être entraînés, en raison de leur grande solubilité, par les eaux de lessivage et de percolation (BETTAHR et HAMDI, 2010).

2.4. Eaux pluviales

Selon (FRANK, 2002). Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, peuvent être particulièrement polluées, surtout au début des pluies, par deux mécanismes :

- Les lessivages des sols et surfaces imperméabilisées
- La remise en suspension des dépôts des colleteurs.

3. Indicateurs de la pollution d'une eau

L'étude de la pollution d'une eau, nécessite la connaissance d'un certain nombre de paramètres, qu'on appellera « paramètre de pollution ».

3.1. Les indicateurs physiques

3.1.1. Température

La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable, il est important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où les micro-organismes, pouvant influencer de différentes manières sur la solubilité des sels, des gaz et des intervenants dans les processus d'autoépuration, la multiplication des micro-organismes, affectant ainsi l'épuration biologique (BETTAHR et HAMDI, 2010).

3.2. Indicateurs particuliers

3.2.1. Matières en suspension

Les matières en suspension comprennent toutes les minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau, incluant les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau (BOUKHETALA et IDDOU, 2010).

3.2.2. Turbidité

Elle est due à la présence plus ou moins importante des matières en suspension, d'origine minérale ou organique (BOUTELLI et MENASRIA, 2008).

Tableau 01: Classes de turbidité usuelles (NTU : nephelometric turbidity unit).

Cependant une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension. NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

3.3. Caractéristique organoleptiques

Selon (RODIER, 1996). Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement, où certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport et l'aspect de l'échantillon peut se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités...etc.).

3.3.1. Couleur et odeur

Dans les eaux usées brutes, la couleur est due à la présence de matières organiques ou minérales dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés.

L'odeur est due à une fermentation des matières organiques (BOUTELLI et MENASSIA, 2008).

3.4. Indicateurs chimiques

3.4.1. Potentiel d'hydrogène

Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. C'est l'indice de la pollution industrielle (DALI et ZOUAOUI, 2007).

3.4.2. Conductivité électrique

Elle donne une idée sur la minéralisation de l'eau. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation (BOUTELLI et MENASSIA, 2008).

3.5. Indicateurs organiques

3.5.1. Demande biologique en oxygéné DBO

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygéné en mg /l consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20°C et pendant 5 jours à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (TARADAT, 1992).

3.5.2. Demande chimique en oxygéné DCO

La DCO est d'autant plus élevée qu'il y a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables présentes dans l'eau usée (TARADAT, 1992).

Relation entre DCO et DBO₅

La valeur du rapport DCO/DBO₅ d'une eau usée nous permet d'avoir une idée sur sa biodégradabilité.

La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons ...)

DCO /DBO₅ = 1 → bonne biodégradabilité

DCO /DBO₅ = 1,5 à 2 → biodégradabilité moyenne

DCO /DBO₅ = 3 à 4 → biodégradabilité faible (OUALI, 2001).

La détermination des matières oxydables se fait grâce à la formule suivante

$$M_0 = 2 \text{ DCO} / \text{DBO}_5 / 3$$

3.5.3. Oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau usée domestique, pouvant contenir de 2 à 8 mg/l. (OUALI, 2001).

3.6. Indicateurs biologiques

Les micro-organismes se trouvant dans l'eau usée sont à l'origine de traitement biologique, ils comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

Le Tableau suivant présente quelques parasites pathogènes dans les eaux usées :

Tableau 02: Quelques micro-organismes pathogènes dans les eaux usées (BOUTELLI et MENASSIA, 2008).

Organismes	Symptômes, maladies	Nombre pour un litre	Voies de contaminations principales
Virus			
Virus de l'hépatite A	Hépatite A	-	Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E	-	Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	400 à 85 000	Ingestion
Bactéries			
Salmonella	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	23 à 80 000	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire	10 à 10 000	Ingestion
E. coli	Gastro-entérite	-	Ingestion
Protozoaires			
Entamoeba histolytica	Dysenterie amibienne	4	Ingestion
Giardia lamblia	Diarrhée, malabsorption	125 à 100 000	Ingestion
Toxoplasma gondi	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre	-	Inhalation/Ingestion
Helminthes			
Ascaris	Ascariase : diarrhée, troubles nerveux	5 à 111	Ingestion
Ancylostoma	Anémie	6 à 188	Ingestion/cutanée
Trichuris	Diarrhée, douleur abdominale	10 à 41	Ingestion

3.7. Eléments toxiques

La présence des métaux lourds (plomb, mercure, ...) et des substances toxiques (phénols) dans l'eau usée peut la rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.

3.8. Nutriments (azote, phosphore)

Le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates), provenant surtout des poudres à lessives et sous forme organique provenant des matières fécales.

4. Traitement des eaux usées

4.1. Etapes de traitement

4.1.1. Prétraitement

Les dispositifs de prétraitement physique sont présents dans toutes les eaux d'épuration, quelques soient les procédés mis en œuvre à l'aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou les particules les plus grossiers. **(BAOUIA et HABBAZ, 2006)**.

Il comporte 3 parties principales :

4.1.2. Dégrillage

Il consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont l'écartement se mesure habituellement en centimètres **(BECHAC et al, 1984)**.

Le dégrillage a pour objectif :

- ❖ L'élimination des déchets volumineux.
- ❖ La protection de la station de traitement **(DEGRMONT, 2005)**.

4.1.3. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes, les gravies, le sable et les particules minérales plus ou moins fines (diamètre supérieur à 0.2 mm), de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, et à protéger les pompes et autres appareils électromécaniques contre l'abrasion **(MEKKAOUI et HAMDI, 2006)**.

4.1.4. Dégraissage-déshuilage

Cette opération est destinée à éliminer les graisses et les huiles à cause des inconvénients que peuvent provoquer leur présence dans l'eau qui sont les suivants :

- Envahissement des décanteurs ;
- Diminution des capacités d'oxygénation des installations de traitement ;
- Les mauvaises sédimentations dans les décanteurs ;
- Le bouchage des pompes et des canalisations **(BOUTELLI et MENASRIA,2008)**.

4.2. Traitement primaire

4.2.1. Décantation

Elle permet une séparation de deux phases, liquide- solide ou liquide-liquide, par simple gravité. Elle dépend à la fin des propriétés des particules et du régime hydraulique (THOMAZEAU, 1981).

Selon KAROUNE, 2008, la plupart des stations d'épuration ont effectué deux décantations, l'une sur les eaux usées du prétraitement, l'autre après le traitement biologique. Les boues formées contiennent une forte proportion de matière organique (20 à 30% de matière sèche), des matières grasses (6 à 8 %) et de la cellulose (8 à 15%).

4.2.2. Traitements secondaires

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est-à-dire nécessitant un apport oxygène.

Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs (BENZAOUÏ et ELBOUS, 2009).

4.2.3. Traitement tertiaires

Selon (Emilie, 2002) les traitements complémentaires appelés aussi tertiaires, avancés ou de finissage, ce sont des procédés qui permettent d'améliorer les caractéristiques d'une eau résiduaire après un traitement biologique ou un traitement physico-chimique.

On leur fait appel lorsqu'il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire du milieu récepteur ou en raison d'une réutilisation immédiate.

Ces procédés ont notamment pour but :

- L'élimination de l'azote et du phosphore ;
- la désinfection

4.2.4. Réutilisation des eaux usées

On appelle réutilisation des eaux l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce des actions volontaires.

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte ;

- ✓ La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans passage ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel.
- ✓ La réutilisation indirecte correspond à l'emploi sous forme diluée des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

4.2.4.1. Usage agricole

A l'état brut ou partiellement traité, les eaux usées sont utilisées ;

- ✓ Dans certaines régions du monde pour l'arrosage des champs de luzerne de maïs d'orge et d'avoine.
Les eaux usées partiellement traitées sont utilisées également pour ;
- ✓ L'irrigation de certaines catégories de plantations (des oliviers en Jordanie)
- ✓ L'arrosage des cultures de coton et des plantes fourragées.
- ✓ Pour l'arrosage des espaces verts et les jardins publics dans de nombreuses villes du monde.

En Algérie, l'irrigation par les eaux usées se généralise dans plusieurs régions du pays, par manque d'eau d'irrigation, surtout pendant la saison sèche. Les eaux usées traitées peuvent être réutilisées pour l'arrosage de certains vergers (oliviers, figuiers...) et pour l'arrosage des espaces verts (**BOUZIANI, 2000**).

4.2.4. 2.Usage municipal

Selon (**BENHDID et HARROUZ, 2010**). Il peut couvrir une assez large gamme d'utilisations qui ne requiert pas d'eau de qualité potable. Comme par exemple ;

L'arrosage des parcs et jardins publics;

- ✓ Le lavage des rues ;
- ✓ La lutte contre les incendies ;
- ✓ Le nettoyage des engins de collecte des ordures ménagères

4.2.4.3. Usage industriel

Cette réutilisation est importante en raison du recyclage fréquent des eaux, qui est souvent justifié par la réduction des consommations. Mais elle peut aussi concerner les eaux de refroidissement. La réutilisation est plus difficile envisager pour des eaux de chaudière qui doivent être fortement déminéralisées et pour les eaux des industries agroalimentaire qui doivent avoir la qualité des eaux potables (**BECIS et BETOUIDIANE 2005**).

5. Eaux de rejet dans la ville d'Ouargla

5.1. Evacuation des excédents hydriques urbains et agricoles

Selon (MENSOU, 2012) L'ouvrage d'évacuation des excédents hydriques est constitué d'un canal rectangulaire avec deux chenaux, l'un pour les eaux usées traitées, qui peuvent être utilisées pour l'agriculture le long du transfert, l'autre pour les eaux de drainage de la palmeraie qui ont une très forte salinité (**photo 01**). Ces dernières peuvent être valorisées au niveau de Sebkhha Safioune par la récupération du sel. L'ouvrage part de la station de pompage et aboutit à la sebkha de Safioune, environ 40 km au nord (**Photo.02**). Le canal a une section rectangulaire de 2,9m x 2,3m, avec une cloison centrale d'une hauteur de 1,5 m (Bonnard et Gardel, 2003).



Photo 01: Composantes du canal de transfert des eaux usées traitées et des eaux de drainage vers Sebkhath Sefioune.



Photo02: Parcours du canal de transfert des eaux usées traitées et des eaux de drainage

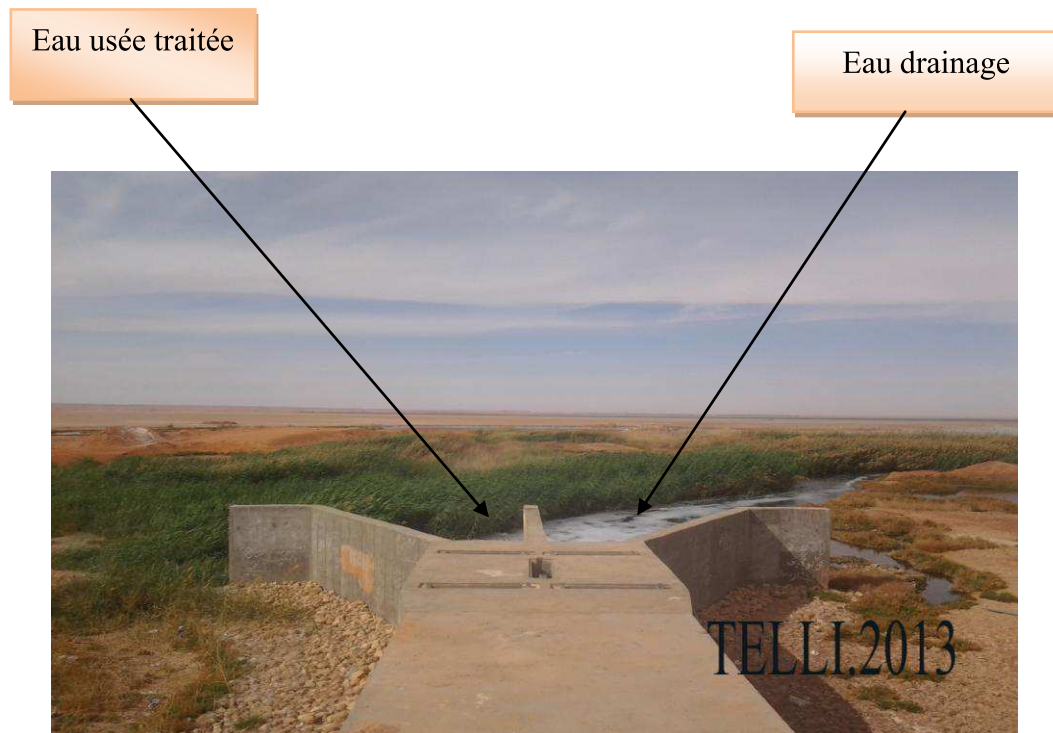


Photo03: Arrivée des eaux usées traitées et des eaux de drainage à Sebkhath Sefioune.

5.2. Rejet de Sebkhath Sefioune

- **Superficie :** sabkaht Séfioune s'étend sur 8000 ha de superficie dont 2500 ha utilisés actuellement comme zone de rejet des eaux usées traitées et des eaux excédentaires d'irrigation de Ouargla (ONA, 2010).
- **Profondeur de l'eau :** varie entre 0,83m au niveau du piézomètre p034, et 1,64 au niveau du piézomètre p023. Notons que ces profondeurs ont été enregistrées durant la période des hautes eaux (campagne de mesure février 2010), cela nous amène à déduire qu'en cette période de basses eaux, un rabattement sera enregistré et sera en moyenne statistique élaboré par synthèse des campagnes piézométriques antécédentes, de l'ordre de 0,5 à 0,9 m.
- **Volume de l'eau :** actuellement, le volume pompé est de l'ordre de $51000\text{m}^3 / \text{J}$, dont 35000m^3 issus des eaux épurées et 16000m^3 issus des eaux de drainage agricole (ONA, 2010).
- **Situation actuelle du site :** actuellement, 2500ha de superficie sur 8000 sont utilisés pour récupérer les eaux de drainage agricole et les eaux épurées. Ces 2500ha sont délimités par des digues superficielles réalisées dans le cadre du projet "Assainissement de la vallée de Ouargla" , avec une nature de sols évidemment très salins vu le pouvoir évaporant de Sebkhath Sefioune, qui ne fait que remonter les sels contenus dans les

eaux de la nappe phréatique (+250000mg/l) en surface, avec une nette domination du chlorure de sodium (Na cl), qui s'avère un sel à très lente précipitation.

D'autre part, et vu la réalisation du projet, aucune odeur nauséabondes aux alentours du rejet final n'est signalée, ce qui reflète le bon processus d'épuration des eaux rejetées dans le site en question.



Chapitre II.
Présentation de la région d'étude

Chapitre II. Présentation de la région d'étude**1. Situation géographique**

Ouargla, l'une des Oasis du Sahara algérien; située au Sud Est du pays, au fond d'une large cuvette de la vallée de Oued M'ya, à environ 800km d'Alger. La ville de Ouargla, chef lieu de la Wilaya est située à une altitude de 134-136m, ses coordonnées géographiques sont de 31° 58 de latitude Nord et de 5° 20 de longitude Est (**OZENDA, 1983**).

La wilaya de Ouargla acouvre une superficie de 163233km² et demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Elle est limitée :

- Au Nord par les Wilayat de Djelfa et d'El Oued,
- A L'est par la Tunisie,
- Au Sud par les Wilayat d'Illizi et de Tamanrasset,
- A l'Ouest par la Wilaya de Ghardaïa

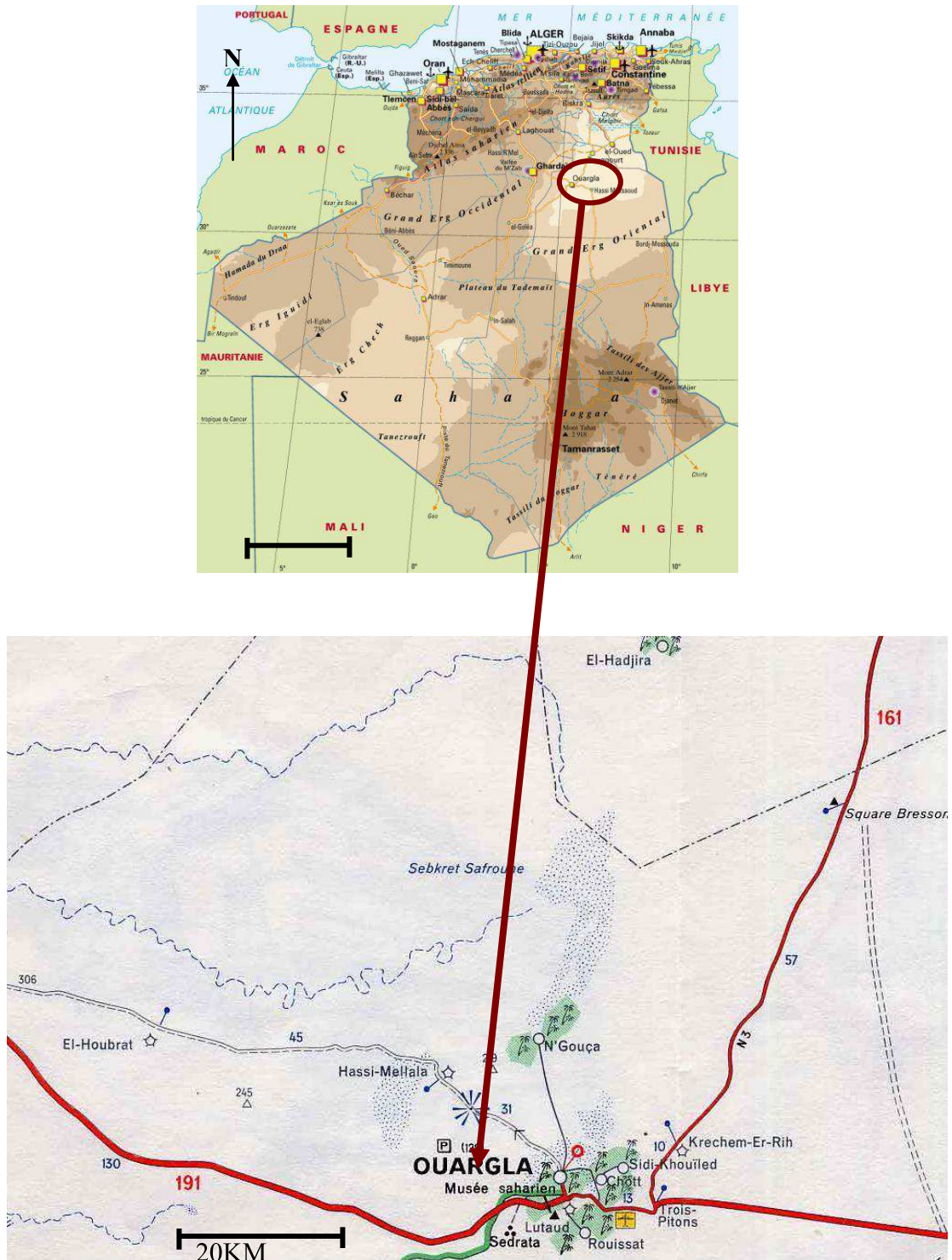


Figure 01: Situation géographique de la région d'étude (Ouargla)

2. Climatologie

2.1. Les données météorologiques de la région de Ouargla

Ouargla est caractérisée par un climat saharien avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées et une forte évaporation.

Tableau 03: Les données climatiques de la ville de Ouargla (2002-2012) (**O.N.M, 2013**).

Mois	T min (°C)	T max (°C)	T moy(°C)	H (%)	P (mm)	V (km /h)	Evaporation (mm)
Janvier	3.01	17.6	10.5	58.42	8.8	10.62	82.84
Février	5.24	20.33	12.59	53.32	1.14	12.85	118.96
Mars	9.27	24.69	16.93	47.56	3.06	14.8	166.54
Avril	13.74	29.45	21.63	43.74	1.2	16.34	204.34
Mai	17.61	34.07	26.09	40.35	0.83	17.56	301.9
Juin	22.94	39.42	31.71	36.02	0.29	16.82	349.42
Juillet	26.29	43.17	34.73	34.37	0.12	14.11	413.27
Août	25.33	41.92	33.84	38.41	0.61	14.54	385.32
Septembre	20.98	35.99	28.89	47.69	3.24	14.69	272.87
Octobre	15.9	22.32	23.51	51.08	5.63	14.69	199.44
Novembre	8.32	22.32	15.65	56.3	4.95	9.32	121.89
Décembre	4.31	17.79	11.09	58.5	2.32	9.54	83.43
Moyenne annuelle	14.41	29.09	22.27	47.15	2.68	13.82	225.02
Cumul	.....	.....	.....	.....	32.19	.....	2700.22

M : Moyenne mensuelles des températures maxima en °C.

m : Moyenne mensuelles des températures minima en °C.

(M+m)/2 : Moyenne mensuelles des températures maxima et minima en °C.

T : Température; **H** : humidité relative ; **P** : Pluviométrie ; **V** : Vitesse de vent

1.2.1.1. Température

L'année 2012 est caractérisée par des températures moyennes annuelles variantes entre 36,8°C en juillet et août 10,5°C en février (**Tab. 3**). La température maximale la plus importante est enregistrée durant le mois de juillet (44,9 °C), alors que la température minimale la plus faible est enregistrée durant le mois de février avec une valeur de 3,7°C. La tendance semble être la même pour la douzaine 2002-2012 où le mois le plus chaud est celui de juillet avec une température moyenne de 34,76 °C. Par contre, c'est le mois de janvier qui est considéré comme le plus froid (10,5°C).

2.1.2. Précipitation

Dans la région de Ouargla, les pluies sont rares et irrégulières d'un mois à un autre et suivant les années. La hauteur moyenne des précipitations enregistrées sur 10 ans, de 2002 à 2012 est égale à 32,19 mm. Les mois les moins arrosés sont juin avec 0,29 mm, juillet avec 0,12 mm et Aout avec 0,61 mm et Mai

2.1.3. Humidité relative de l'air

A Ouargla, l'humidité varie sensiblement en fonction des saisons de l'année en cours. Durant l'été, elle chute jusqu'à 34.37% en juillet sous l'effet d'une forte évaporation due aux vents chauds comme le sirocco. Par contre en hiver, elle s'élève au dessus de 50% sans jamais dépasser 70 % sur une moyenne de 10 ans (**Tab. 03**). Le degré hygrométrique de l'air reste toujours très faible dans tout le Sahara central (Adrar) et le Sahara méridional (Tamanrasset). Dans cette région d'étude, l'humidité relative de l'air atteint en moyenne un maximum de 58.5% au mois de décembre.

2.1.4. Evaporation

Dans la région d'Ouargla comme partout en milieu aride, l'évaporation est Toujours plus importante sur une surface nue que sous le couvert végétal, surtout en été. Elle atteint un maximum en août avec 413.27mm durant la décennie (2002-2012) et un minimum de 82.84 mm pour le mois de décembre pendant la même période (**Tab. 03**). La moyenne annuelle enregistrée est de 225.02 mm.

2.1.5. Vent

Dans la région d'Ouargla, les vents soufflent pendant toute l'année avec des vitesses variables allant de 9.32 m/s en Novembre à 17.56 m/s en Mai pour la décennie (2002-2012)

(Tab.03). En hiver, ce sont les vents d'Ouest qui prédominent. Au printemps, ils proviennent du Nord, du Nord-est et de l'Ouest. En été et en automne, ils viennent du Nord vers le Sud.

2.2. Synthèse des données climatiques

2.2.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen permet de déterminer la période sèche suivant un principe d'échelle $P = 2T$.

P : précipitation **T** : température moyenne annuelle.

L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche dans la région de Ouargla ; cette période s'étale sur toute l'année (Fig.02).

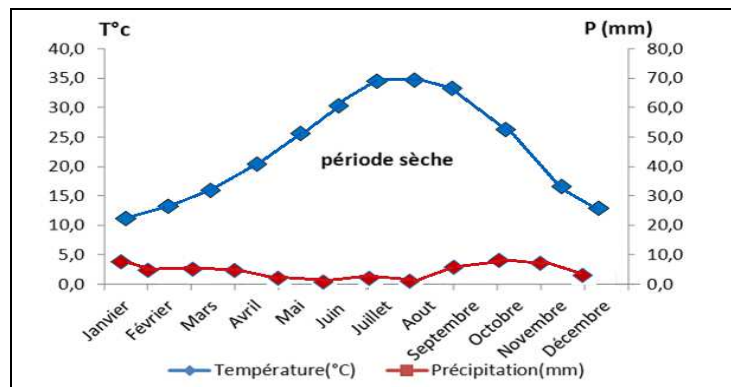


Figure 02 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour la région de Ouargla (2002-2012).

2.2.2. Climagramme d'Emberger

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté, en abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnée par le quotient pluviométrique (Q3). L'indice est égal au quotient pluviométrique de STEWART, il peut s'écrire :

$$Q3 = 3,43 P / (M-m)$$

Q3 est le quotient pluviométrique.

P est la moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm calculé pour 10 ans (2002-2012)

M est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud.

m est la moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Le climat est d'autant plus sec que le quotient pluviothermique Q3 est plus petit. En observant le climagramme (**Fig. 03**), il est à constater que la région de Ouargla présente un $Q3 = 2.75$ et $m = 3.01$, en conséquence, la région de Ouargla appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux. Elle se caractérise par des températures élevées, une pluviométrie très réduite, une forte évaporation et une luminosité intense.

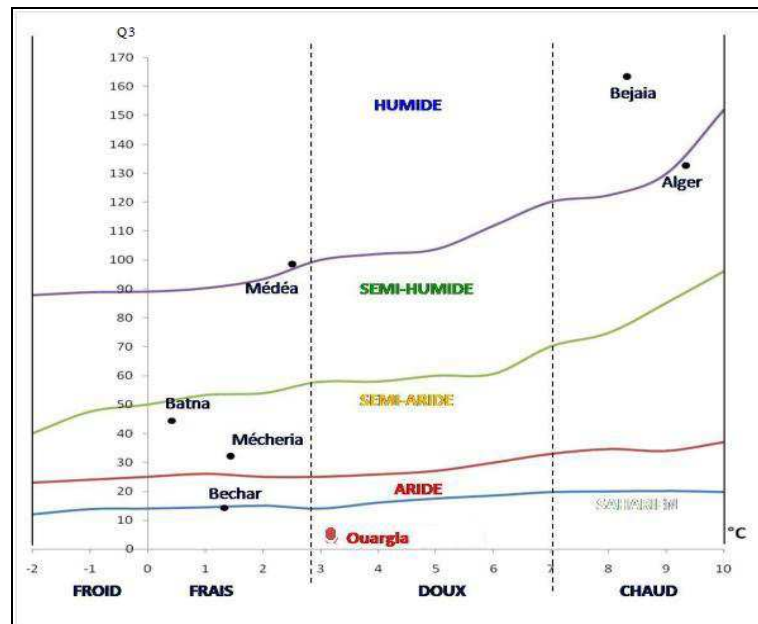


Figure 03: Situation de la ville d'Ouargla selon le Climagramme d'Emberger (2002-2012).

3. Géologie

Le territoire de la ville de Ouargla est situé dans l'immense bassin saharien, caractérisé par la prédominance de dépôts plio-quadernaires. Des affleurements éocènes et créacés se rencontrent néanmoins à l'Est. Il est situé dans une région très peu accidentée et stable tectoniquement.

Trois régions distinctes peuvent être distinguées :

- ✓ Le grande Erg Oriental : vaste dépôt de sable éolien à l'Est et au Sud ;
- ✓ au centre : région de vallée où prédomine les dépôts d'alluvions ;
- ✓ le plateau de M'Zab à l'Ouest.

Du point de vue lithologique et pétrographique, on rencontre dans les affleurements à travers le territoire de la région des alluvions actuels, des sebkhas et croûtes gypso salines, des calcaires lacustres, des conglomérats, des calcaires marneux à rognon siliceux, des marnes et enfin des calcaires dolomitiques (**ROUVILOIS-BRIGOL, 1975**).

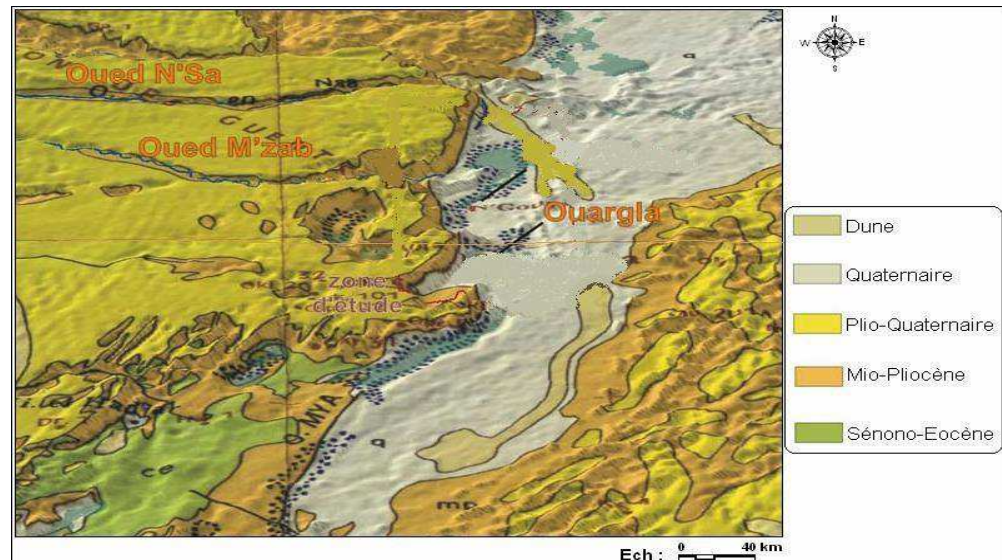


Figure 04: Carte géologique locale (BG, 2004).

4 Géomorphologie

La cuvette d'Ouargla est constituée de (04) quatre éléments géomorphologiques importants (Fig. 05)

4.1. Hamada Mio-Plio-quatrenaire

C'est une formation continentale détritique qui forme un plateau dont l'altitude moyenne est de 200 m. Ce plateau s'abaisse légèrement d'Ouest en Est où il est très fortement érodé et ne laissant que quelques buttes témoins, appelées "goure".

4.2. Glacis

Sur les versants ouest de la cuvette s'étagent du plus ancien au plus récent, d'Ouest en Est sur quatre niveaux de 200 à 140 m d'altitude. Les glacis situés à 180 et 160 m se caractérisent par des affleurements du substrat gréseux du Mio-Pliocène. L'Est de la cuvette est un vaste glacis alluvial à sable grossier, situé à 150 m d'altitude.

4.3. Sebkhass

Marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression. Elles sont constituées de sable siliceux et/ou gypseux à croûte gypseuse de surface et de subsurface. En aval de Ouargla, diverses sebkhass alternent avec des massifs dunaires jusqu'à Sebkheth Safioune qui est à 103 m d'altitude, formant le point le plus bas de la région.

4.4. Dunes de sable

Ce sont des formations éoliennes récentes en petits cordon d'environ 150m d'altitude, occupant l'Est et le Sud de la cuvette et bordent les sebkhass.

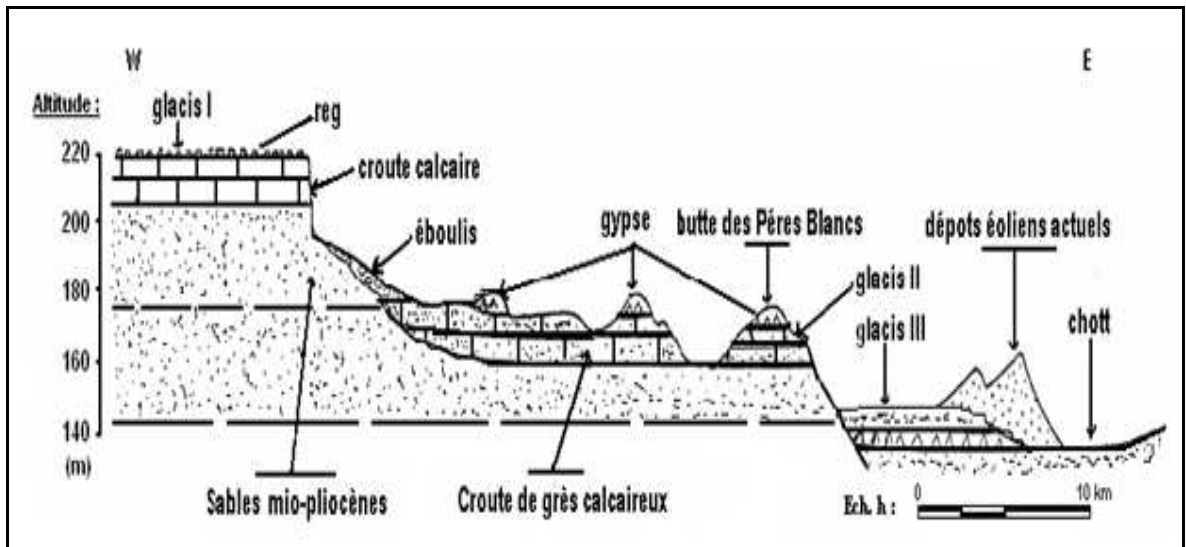


Figure 05: Coupe schématique des formations superficielles de la cuvette (BELLAOUR, 2008).

5. Hydrologie

D'après (BG, 2004), les grands réseaux hydrographiques de la région d'étude sont Oued M'ya et oued M'zab et Oued N'sa qui drainent leurs eaux vers la cuvette de Ouargla, et par conséquent posent des problèmes de remontée des eaux superficielles. La coupe schématique représente la répartition verticale des eaux souterraines (Fig 06).

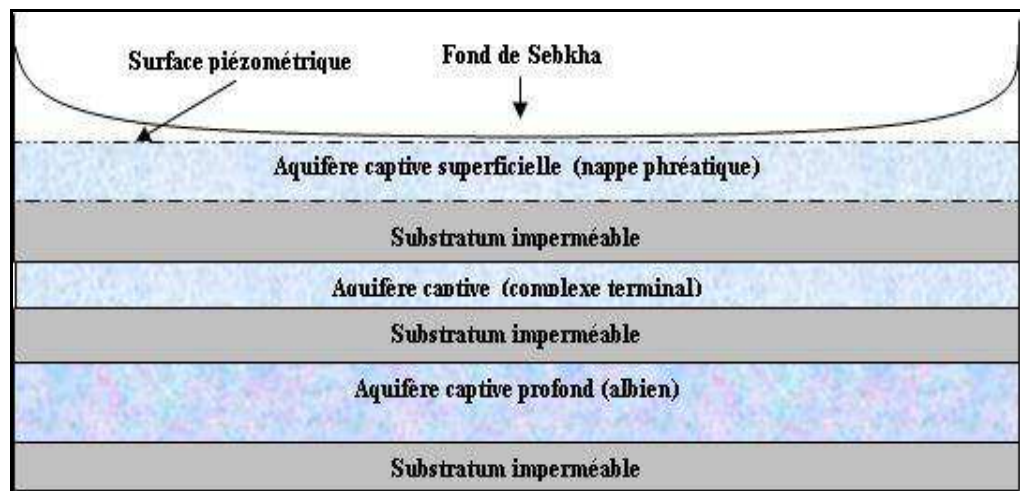


Figure 06: Schéma représentatif de la répartition verticale des eaux souterraines de la région d'étude (HAFOUDA, 2005).

Selon (BOUTELLI, 2012). C'est l'aquifère phréatique qui pose problème, car sa surface piézométrique remonte et étouffe l'appareil végétal des palmiers, ce qui entraîne leur dépérissement, avec une diminution progressive de rendement, puis la mort (Fig 07).

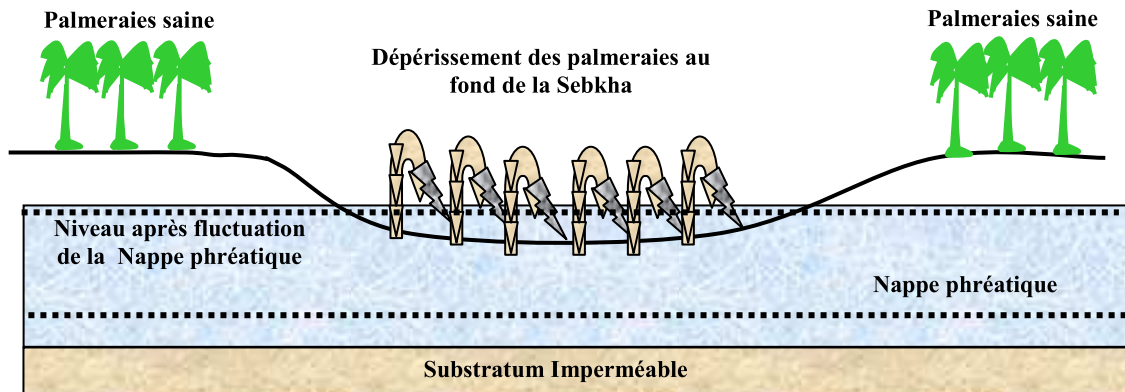


Figure 07: Schéma de la fluctuation de la nappe phréatique (HAFOUDA, 2005).

5.1. Oueds de la vallée de Ouargla

La cuvette de Ouargla est alimentée par trois oueds importants :

5.2. Oued M'Zab

L'Oued M'Zab coule d'Ouest en Est sur environ 320 km, de la région de Botma Rouila à 750 m d'altitude jusqu'à Sebkhet Safioune à 107 m, située au nord de la cuvette de Ouargla. La surface du bassin versant est de 5 000 km². Il n'y a pas d'écoulement pérenne. Les crues sont exceptionnelles, les dernières observées datent de 1901, 1951, 1991 et septembre 1994. Le débit mesuré en 1994 a atteint 13,5 m³/seconde (ONA, 2003).

5.3. Oued N'sa

Le bassin versant d'Oued N'Sa couvre une superficie de 7 800 km². Il coule selon une direction Ouest-Est dans son cours supérieur, en direction Nord-Nord-Ouest -Sud-Sud- Est dans son cours moyen, sur une longueur d'environ 100 Km, et de nouveau vers l'Est en son cours inférieur pour se déverser dans Sebkhet Safioune. Les crues sont également exceptionnelles. La dernière date de 1994, où le débit enregistré a été de 35 m³/seconde (ONA, 2003).

5.4. Oued M'ya

Le bassin d'Oued M'Ya couvre une superficie de 19.800 Km². Les écoulements sont plus fréquents en novembre, octobre, mai et juin. Les crues d'Oued M'Ya se perdent à 200 km en amont de la ville de Ouargla (ONA, 2003).

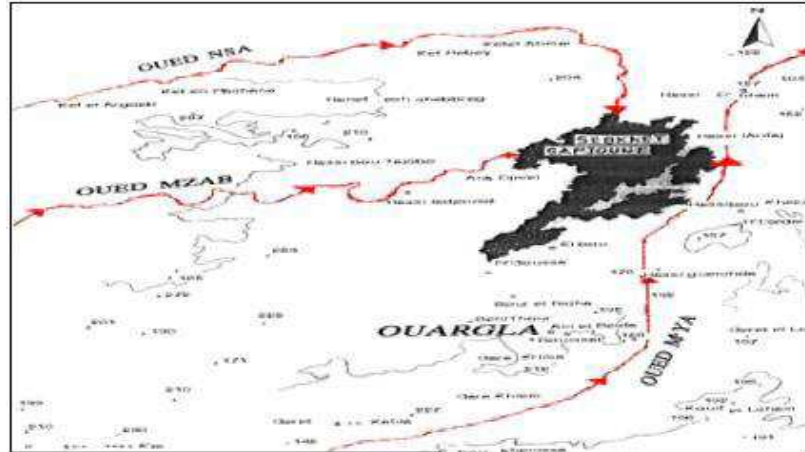


Figure 08: Réseau hydrographique de la vallée d'Ouargla (BOUTELLI, 2012).

6. Hydrogéologie

Comme dans la plupart des oasis du Sahara, les seules ressources hydriques les plus sollicitées sont d'origines souterraines. Les formations géologiques de la région de Ouargla contiennent deux grands ensembles de formations aquifères, séparés par d'épaisses séries d'évaporites ou argileuses : de la base du crétacé supérieur, l'ensemble inférieur appelé le Continental Intercalaire (CI) ou "Albien", et l'ensemble supérieur appelée le Complexe Terminal (CT). Une troisième formation, d'importance plus modeste, s'ajoute aux deux précédents est la nappe phréatique, d'âge quaternaire.

6.1. Présentation des nappes de la région

Dans le sous-sol de la vallée, il existe trois grands ensembles aquifères, qui du haut vers le bas sont :

- La nappe phréatique dont le niveau est souvent proche de la surface (parfois moins de 1 mètre), généralement entre 1 et 2 m, mais qui peut dépasser 18 m au sud d'Ouargla (au P 108) ou sous les reliefs.
- L'ensemble aquifère du Complexe Terminal (CT), comprenant trois aquifères différents, qui de haut en bas sont le Mio-Pliocène, le Sénonien et le Turonien.
- L'ensemble aquifère du Complexe Intercalaire dit aussi nappe de l'Albien, fortement artésienne, située à 1100- 1200 mètres de profondeur.

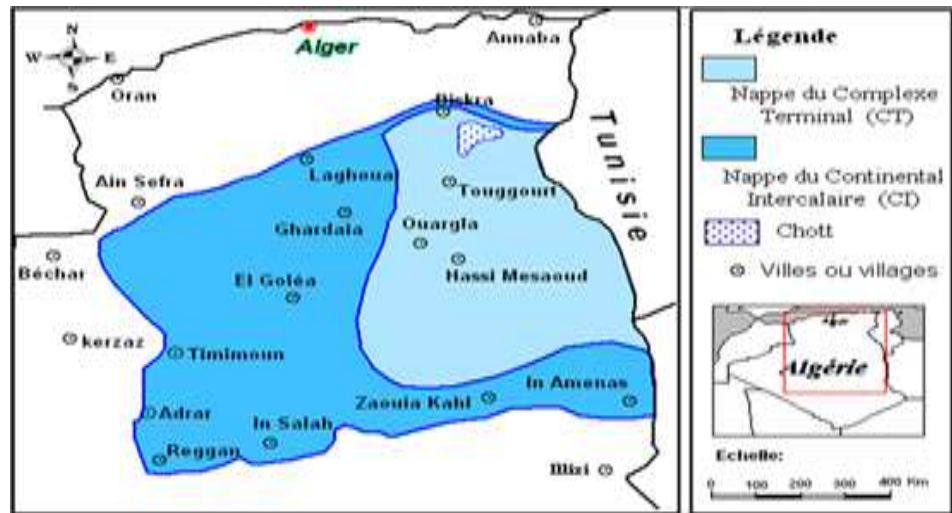


Figure 09: Carte des ressources en eau souterraines (CI et CT) (UNESCO, 1972).

6.1.1. Nappe phréatique

Elle est dite aussi nappe libre, cette nappe est contenue dans les sables alluviaux de la vallée, en se localisant principalement dans la vallée d'Oued Righ et dans la cuvette. Cette nappe s'écoule du Sud vers le Nord, suivant la pente de la vallée. Sa profondeur varie en fonction des points et des saisons, généralement entre 1 et 2 m, parfois moins, entre 0,15 m et 0,25 m, à proximité du chott d'Oum Er-Raneb. Elle peut dépasser 18 m au Sud de Ouargla (ROUVILLOIS, 1975). Elle affleure dans les zones basses (sebkhas et chotts), et dans certaines palmeraies. Elle est située à une dizaine de mètres de profondeur. Cette nappe n'est pas exploitée à cause de sa grande salinité qui dépasse les 15 g/l. En outre, elle est polluée, car elle se mélange aux eaux urbaines et les eaux de drainage de la palmeraie (ONA, 2003).

6.1.2. Nappes du Complexe Terminal

Le Complexe terminal comprend trois aquifères, qui du haut en bas sont :

- La nappe du Mio-Pliocène ;
- la nappe du Sénonien ;
- la nappe du Turonien

Dans la cuvette de Ouargla, seules sont exploitées les nappes du Mio-Pliocène et celle du sénonien.

6.1.3. Nappe du Mio-Pliocène

L'exploitation de la nappe du Mio-pliocène par le creusement de nombreux puits artésiens, datant de 1883. Cette nappe est contenue dans les sables grossiers, atteints vers 30 à 60 m de profondeur par les puits artésiens jaillissants qui autrefois irriguaient les palmeraies d'Ouargla (ONA, 2003).

L'eau est alors située entre 30 et 60 m de profondeur. En 1901, le nombre de puits atteint 160 et l'artésianisme diminue. Le développement de ces puits et une meilleure disponibilité en eau ont favorisé la sédentarisation des nomades dans l'oasis (ONA, 2003).

6.1.4. Nappe du Sénonien

La nappe artésienne du sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur. Le résidu sec varie entre 1,8 et 3,6 g/l. Elle est surtout utilisée pour l'alimentation en eau potable (ONA, 2003).

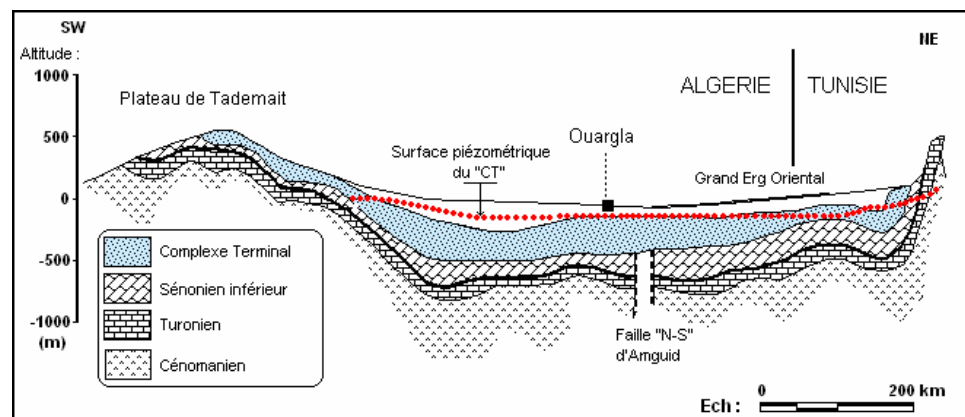


Figure 10: Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972).

6.1.5. Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire couvre une superficie de 800 000 Km² et est une des plus grandes réserves souterraines au monde. C'est une nappe fossile qui n'est pas réalimentée par la climatologie actuelle. Cette réserve de 3,5.10¹³ m³ doit être gérée comme une ressource minière épuisable.

Dans la région de Ouargla le toit de la nappe est situé à - 850 mètres (par rapport au niveau 0) et donc par rapport au sol à -1000 mètres, l'épaisseur du réservoir est de 800 mètres au total (ONA, 2003).

7. Sebkhass et chotts de la cuvette d'Ouargla

Sur les 99000 hectares que compte la cuvette de Ouargla, la superficie occupée par les zones de sebkhass est évalué à 21000 ha dont 3500 ha représentés par les chotts (lieux d'apparition des eaux stagnantes), parmi les plus importants, on distingue le chott Ain Beida, Oum-Er-Raneb et Sebkheth Safioune, les autres sites sont de moindre importance, comme les chotts de Saïd Otba et Bour El-Haicha, les sebkhass de N'Goussa et Bamendil. **(BG, 2004).**

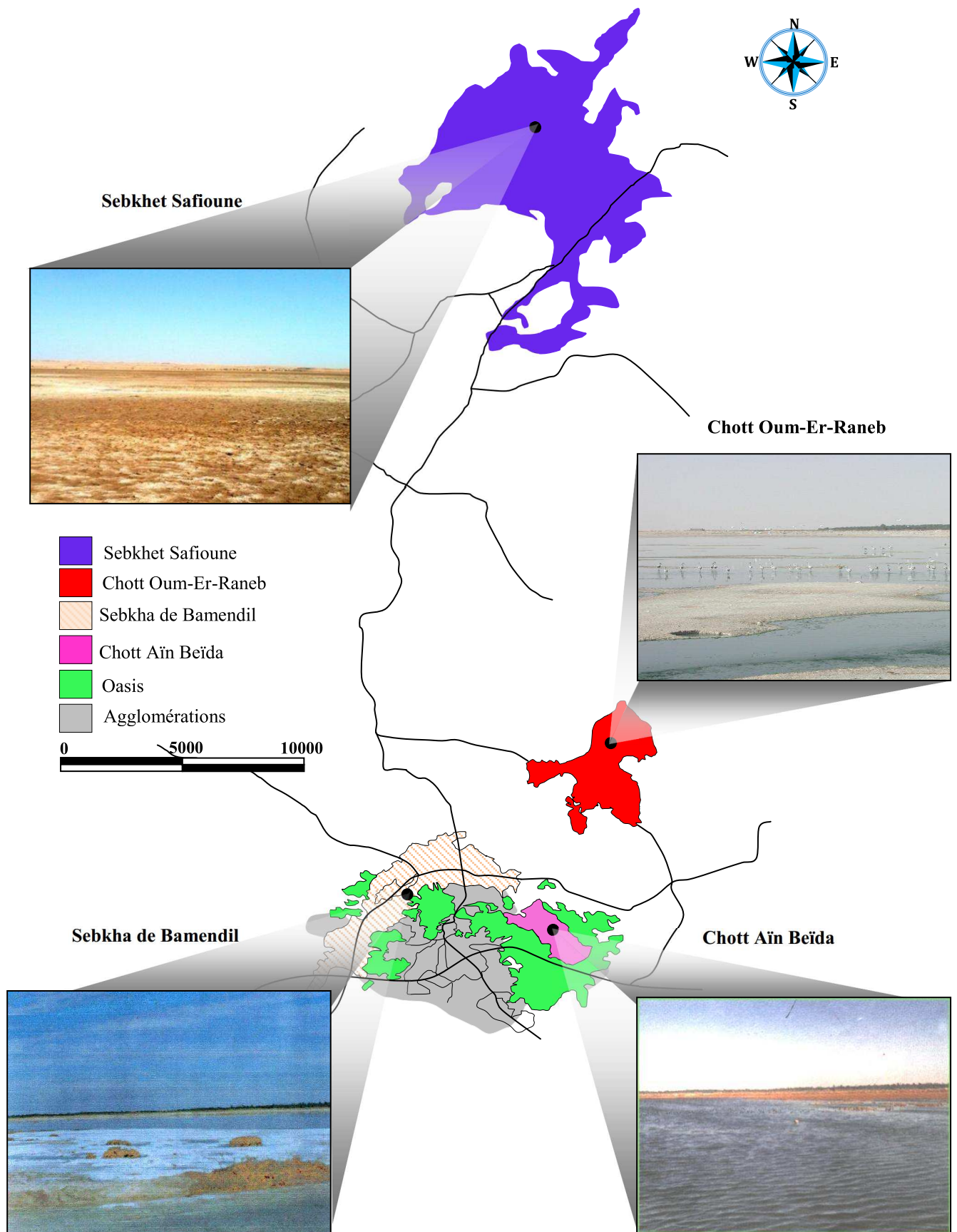


Figure 11: Chotts et Sebkhass de la vallée de Ouargla (BOUTELLI, 2012).



**Chapitre III.
Matériels d'étude**

Chapitre III. Matériels d'étude

1. Présentation du site d'étude (zone humide de sebkhet Sefioune)

Notre travail de recherche a porté sur le site de sebkhat Safioune. Celle-ci constitue le point le plus bas de la cuvette de Ouargla. Elle s'étend sur une superficie totale de près de 8000 hectares et constitue l'exutoire naturel des crues des Oueds N'sa et M'zab (BG, 2004).

Sebkhat Sefioune, située à 41 km d'Ouargla, est une ancienne sebkha, zone d'épandage de plusieurs oueds qui s'est asséchée et a repris vie depuis 2009, date de la mise en exploitation du canal de déversement des eaux d'assainissement épurées et des eaux de drainage agricole de la cuvette de Ouargla. Elle a une superficie de 8000ha dont 2500ha sont inondés depuis son apparition. Le milieu attire une importante population d'oiseaux, comme il est couvert de diverses espèces floristiques.

2. Choix des stations d'études

Nous avons choisi trois stations expérimentales (transects), à savoir : la station **A**, située au Nord West, du point de rejet de Sebkhat Safioune, proche de la conduite des eaux traitées, la station **B**, située au Sud Est West du point de rejet de Sebkhat Safioune, proche des eaux mélangées (eau traitée et eau de drainage), et enfin la station **C**, située au Sud Est proche de la conduite des eaux drainage. Chaque station a une superficie de 500m².

Chaque station est divisée en cinq sous stations (secteurs) de 100 m² de superficie chacune. Nous avons effectué dans chaque station un transect de 50m de longueur et de 10m de largeur. Chaque transect est dirigé vers le point de rejet de la Sebkha.

Tableau 04 : Coordonnées géographiques des stations d'études leurs coordonnées sont déterminées par G.P.S.

Stations	Sous Stations	Coordonnées géographiques	
		Latitude (Nord)	Longitude (Est)
Station (A)	(1)	32°16.36.99	005°22.07.15
	(2)	32°16.36.57	005°22.07.12
	(3)	32°16.36.15	005°22.07.14
	(4)	32°16.36.78	005°22.07.09
	(5)	32°16.36.36	005°22.07.12
Station (B)	(1)	32°16.36.86	005°22.07.31
	(2)	32°16.36.46	005°22.07.40
	(3)	32°16.36.12	005°22.07.45
	(4)	32°16.35.69	005°22.07.48
	(5)	32°16.35.39	005°22.07.45
Station (C)	(1)	32°16.36.72	005°22.07.35
	(2)	32°16.36.32	005°22.07.45
	(3)	32°16.36.97	005°22.07.31
	(4)	32°16.35.59	005°22.07.59
	(5)	32°16.35.29	005°22.07.61

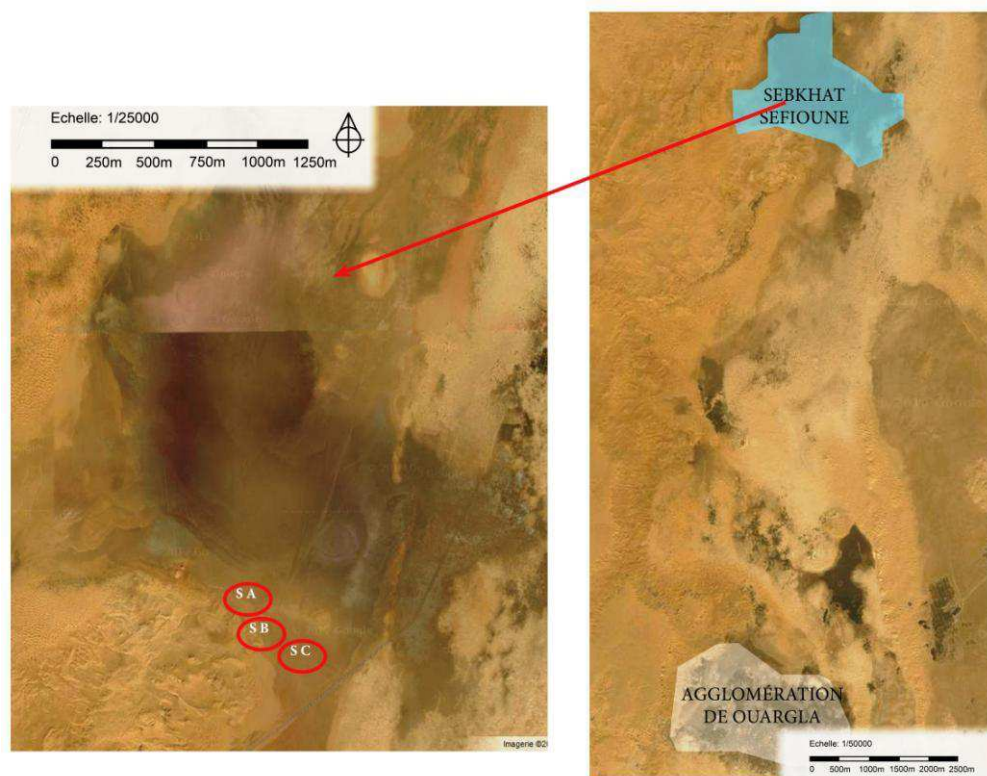


Figure 12 : Position géographique de la station de Sebkhaf Safioune.

3. Matériels d'étude

Pour la réalisation de notre travail, nous avons utilisé les matériels suivants, à savoir :

❖ Sur le terrain

3.1. Etude des eaux

Pour les prélèvements des échantillons des eaux, nous avons utilisé :

- des bouteilles en plastique ;
- des étiquettes pour la dénomination des échantillons

3.2. Etude du sol

En général, les sols des chotts salés (**TOUTAIN, 1979**).

Selon **AUBERT, 1983** et **DENIS, KHOUKOU et MIHNA, 2004**, les sols salés sont des sols dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles, peu solubles que le gypse. Parfois, leur complexe absorbant est riche en ions, provenant de ces sels, susceptibles de dégrader leurs structures, en particulier le sodium.

Pour les prélèvements des échantillons de sol, nous avons utilisé, ce qui suit :

- une tarière de 1,20 m, pour la profondeur de 0-20 ;
- des sachets en plastique pour mettre les échantillons de sol ;
- des étiquettes pour la dénomination des échantillons.

3.3. Etude de la flore

D'une manière générale, les végétaux des sols salés sont des halophytes.

Selon **LABERCHE J.C, 2004**, les halophytes sont des végétaux qui se développent en présence de sels. Toutes les plantes vivent dans un milieu contenant des sels variés, puisqu'elles se nourrissent d'ions minéraux prélevés dans l'eau du sol, mais pour les halophytes, la quantité de sels solubles est anormalement grande.

Pour l'échantillonnage de la végétation, nous avons utilisé, ce qui suit :

- Un décamètre, du fil, des piquets pour délimiter les stations et les secteurs ;
- un appareil photo pour la prise de photos.



**Chapitre IV.
Méthodes d'étude**

Chapitre IV. Méthodes d'étude**1. Approches méthodologiques**

L'approche méthodologique adoptée nous a permis de diagnostiquer l'impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla sur l'environnement, et d'apprécier ses qualités sur l'état de dégradation du milieu récepteur de Sebkhata Safiouna.

Pour la réalisation de ce travail, on a procédé à la caractérisation des eaux, à savoir : la qualité des eaux au niveau de Sebkhata Safiouna, la qualité des eaux phréatiques, l'analyse du sol, l'identification et la classification des espèces, et enfin une étude sur l'évolution du peuplement végétal.

1.1. Etude des eaux au niveau de Sebkhata Safiouna

Les prélèvements sont effectués dans des flacons bien propres, préalablement stérilisés à 120°C, pendant 30 minutes et rincés au moment du prélèvement avec de l'eau à analyser (**photo.04**).

Les échantillons sont transportés dans une glacière directement au laboratoire et mis au réfrigérateur à 4°C. Toutefois, un certain nombre d'analyses sont pratiquées sur place, telles que la température, le pH (**RODIER, 1976**).



Photo 04 : Techniques de prélèvements des échantillons.

1. 2. Etude de la nappe phréatique

Pour l'étude de la nappe phréatique, elle a été faite au moment de l'étude du sol, durant la période d'étude. Dans les stations d'études, nous avons prélevé les échantillons au niveau de chaque station.

1.2.1. Etude du niveau de la nappe phréatique

Nous avons mesuré le niveau de la nappe phréatique par rapport au sol, où dans chaque station, on creusé un trou à l'aide d'une tarière de 1,20 cm, et nous avons mesuré le niveau de la nappe phréatique à l'aide d'une règle graduée.

1.2.2. Etude de la qualité des eaux phréatiques

A l'aide d'un tuyau fin, on a prélevé l'eau de la nappe phréatique du trou par aspiration, puis on a mis dans de petites bouteilles en plastique les échantillons d'eau.

1.3. Etude du sol

L'échantillonnage du sol a été effectué le long d'un transect de 50m dans les trois stations d'études (A .B.C.). Les prélèvements de sol sont effectués dans les sous-stations d'étude à l'aide d'une tarière, de profondeur 20cm (**photo.05**) tout en mettant les échantillons de sol dans des sachets en plastique pour éviter leur séchage(**photo.06**).



Photo 05 : Echantillonnage de sol.



Photo 06 : Prélèvement de sol.

Après la détermination du taux d'humidité du sol, les échantillons ont été séchés à l'air libre (**photo.07**) et ensuite, ils sont tamisés avec un tamis de 2mm (**photo.08**) puis analysés au niveau du laboratoire.



Photo 07 : Echantillons séchés.

1.4. Méthodes d'étude de la flore

1.4.1. Etude du peuplement végétal

L'étude du peuplement végétal a été réalisée au printemps (mars-avril) à cause de la floraison de la plupart des espèces végétales, ce qui va faciliter leur identification. L'étude est effectuée sur une superficie de 100m².

1.4.2. Méthode d'échantillonnage de la végétation

Dans le cadre de cette recherche, nous avons choisi l'échantillonnage systématique. C'est une méthode d'échantillonnage anciennement pratiquée sous la forme de transect (**GOUNOT, 1969**). Il s'agit d'un réseau systématique de points ou de lignes ou de petites surfaces régulièrement espacées.

1.5 . Méthode d'analyse**❖ Au laboratoire**

Pour effectuer les analyses des eaux, des sols et de la végétation au niveau du laboratoire, nous avons utilisé le matériel suivant, à savoir :

Un pH mètre, un conductivimètre, une centrifugeuse, un agitateur, une balance, une étuve, un four à moufle, un spectrophotomètre, une balance et un bain marie. Egalement, plusieurs verreries, comme les pipettes, les bûchers, les boites pétries etc. Les analyses ont été effectuées au laboratoire de l'ITAS (Ouargla).

1.5.1. Analyse des échantillons des eaux

a) **pH** : mesuré au pH mètre

b) **Conductivité électrique (C.E) à 25°C** : mesurée au conductivimètre

c) **Résidu sec (R.S)** : par la dessiccation à 110 °C.

d) **Faciès**

• **L'anion** : Cl^- est dosé par titrimétrie.

Les ions : SO_4^{--} , CO_3^- , HCO_3^- sont analysés par le *HPLC* (Chromatographie ionique en Phase Liquide sous Pression).

• **Les cations** : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ sont analysés par le spectrophotomètre à flamme.

e) **Nitrate** : ce paramètre est mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre

f) **La demande biologique en oxygène DBO**

Principe

On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (05) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon.

Cette dépression sera enregistrée par une OXITOP

g) **La demande chimique en oxygène DCO**

Principe

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_2), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure (HgSO_4)

Expression des résultants

La teneur en DCO est donnée en mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre (DR2800)

1.5.2. Analyse des échantillons de sol**a) Humidité**

Selon (VIEI, 1979). L'humidité est la teneur en eau du sol en place, estimée par la différence de poids après séchage à l'étuve à 105C° pendant 48h (**photo.09**).



Photo 09 : Echantillons de sol à dessiccateur. **Photo 08** : Echantillons de sol à l'étuve.

b) Conductivité électrique à 25 C°

La C.E. est mesurée au conductivimètre. Elle traduit la concentration saline totale de la solution et elle est exprimée (AFNOR, 1999), en :

c) Résidu sec

Par dessiccation à 100 °C.

d) Matière organique

Le carbone organique est oxydé par bichromate de potassium en milieu sulfurique. La bichromate doit être en excès; la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. (METHODE D'ANNE).

e) pH

Il est mesuré au pH mètre sur une solution (terre /eau) 1/5 (AFNOR, 1999).

1.5.3. Méthodes d'étude de la végétation

Nous identifions et classons les espèces rencontrées et déterminons les paramètres écologiques étudiés.

1.5.3.1. Identification des espèces végétales

Pour chaque espèce végétale, nous avons précisé le nom scientifique, le nom vernaculaire, la famille et l'habitat dans une fiche descriptive, avec l'aide et l'expérience des enseignants de l'I.T.A.S. et la bibliographie.

Pour cette étude, nous avons étudié quelques indices écologiques, tels que :

- ❖ **La densité** : elle représente le nombre d'individus par unité de surface (**GOUNOT, 1969**).
- ❖ **La fréquence** : la fréquence est le pourcentage d'individus d'une espèce par rapport au nombre total des individus recensés dans le même échantillon (**GOBAT et al, 1995**).
- ❖ **Le recouvrement** : d'après **GOUNOT (1969)**, le recouvrement est calculé par la projection sur le sol de la partie aérienne de la plante. L'approche du calcul du recouvrement est variable à cause de la forme de la plante qui peut être circulaire, dans ce cas, on calcule le diamètre (d), soit rectangulaire, on calcule la longueur (a) et la largeur (b), dont :
 - **R**= $\pi * (d / 2)^2$ pour le recouvrement circulaire
 - **R**= **a*b** pour le recouvrement rectangulaire

Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été effectuées sur l'étude des corrélations selon les méthodes de DAGNELIE(1975), (Logiciel Excel statistique 2003 selon l'échelle des valeurs critiques $r_{1-\alpha/2}$).

Corrélation "Sol-nappe phréatique" .

Corrélation "Sol-nappe phréatique-végétation" .

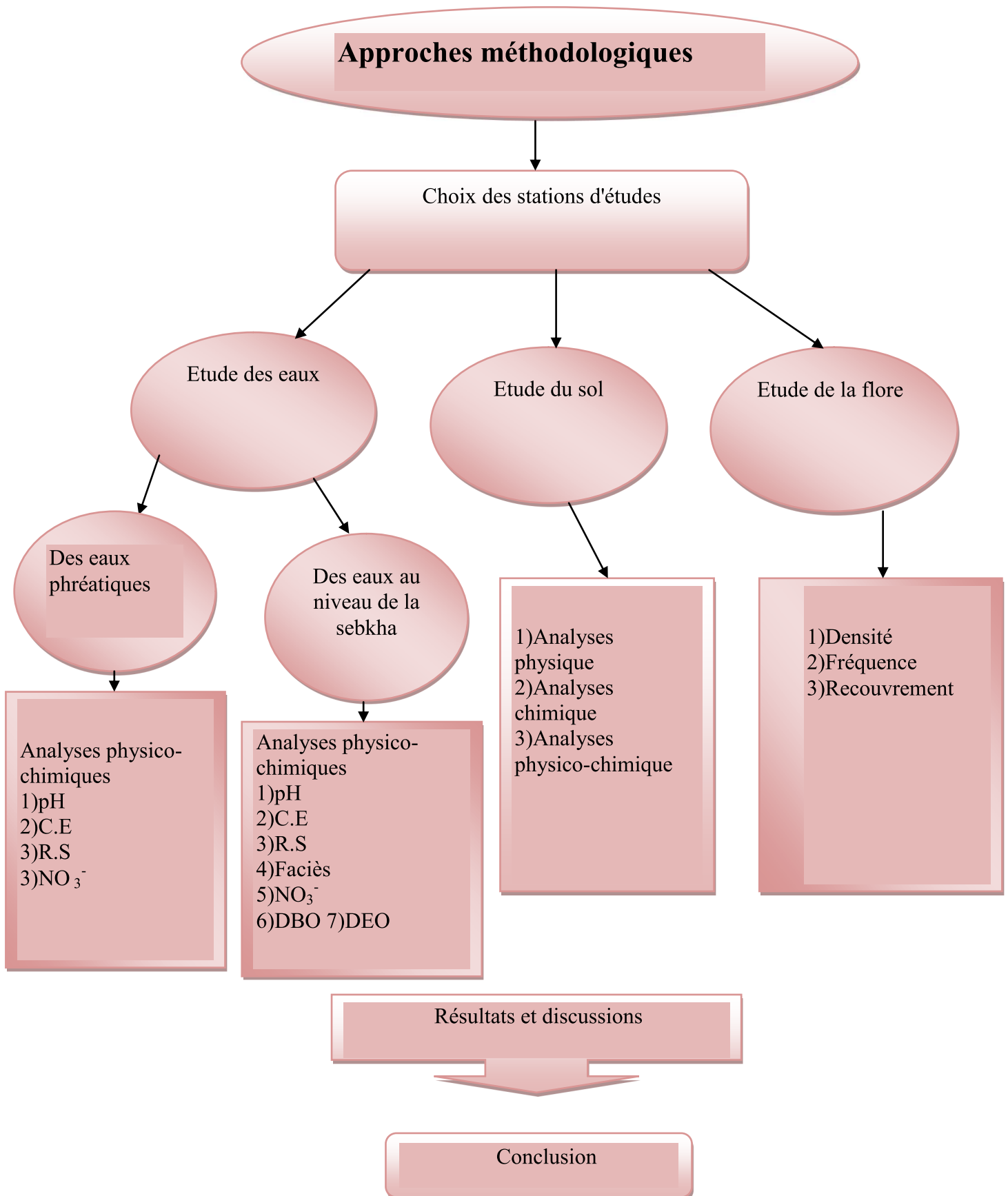


Figure 13 : Méthodologie de travail.



Chapitre V.
Etude des eaux

Chapitre V. Etude des eaux

1. Qualité des eaux de Sebkhath Safioune

Les résultats des analyses des eaux au niveau de Sebkhath Safioune se caractérisent par des qualités variables (**Tab.05**).

Tableau 05 : Paramètres physico-chimiques des eaux de Sebkhath Safioune 26/03/2013

	Eau traitée	Eau de drainage	Eau de sebkha	Eau loin de la sebkha
pH	7,62	7,76	7,73	8,01
CE 25°C mS/cm	12,51	18,04	16,42	19,26
Rs(g/l)	7,3	12	11,9	19
Ca ⁺⁺ mg/l	532	1250	1123	1755
Mg ⁺⁺ mg/l	470	742,4	678	1011
Na ⁺ mg/l	1722	3012,2	2963,08	2112
Cl ⁻ mg/l	3245	4425	3987	3975
SO ₄ ⁻⁻ mg/l	2714	5137,5	4896	5475
CO ₃ ⁻⁻ mg/l	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻ mg/l	549	512,4	543	356,85
NO ₃ ⁻ mg/l	22,05	11,5	12,08	13,89
DCO mg O ₂ /l	178	/	/	/
DBO ₅ mg O ₂ /l	40	/	/	/

1.1. pH des eaux

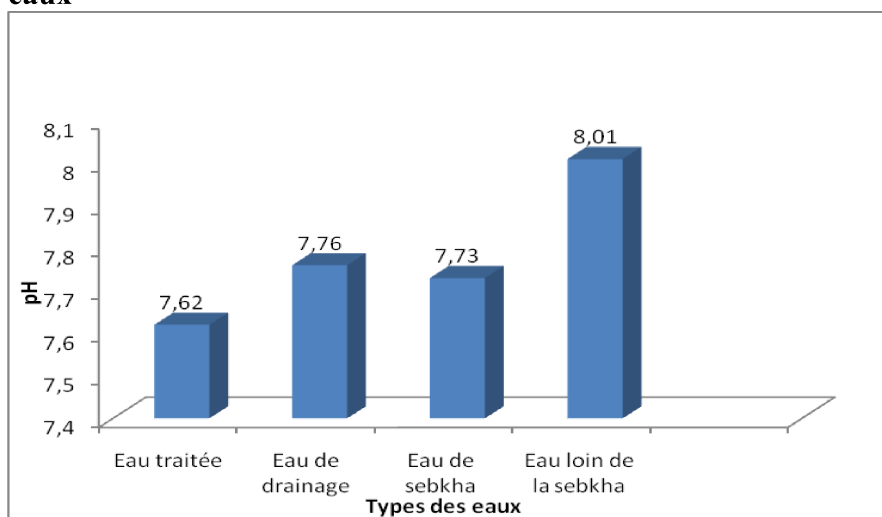


Figure 14 : Variations du pH des eaux au niveau de Sebkhath Safioune.

Le pH des eaux analysées montrent une certaine alcalinité. Les valeurs du pH des eaux ne montre pas beaucoup de variations. Le pH des premiers échantillons des eaux usées traitées est de l'ordre de 7,63. Pour les eaux de drainage, leur pH est de 7,76. Quant aux eaux de sebkha, leur pH est de 7,73. Pour les eaux loin de la sebkha, leur pH est de 7,89. Ces valeurs sont conformes aux normes de rejets algériennes ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) (KEBICHE, 1999).

1. 2. Salinité des eaux

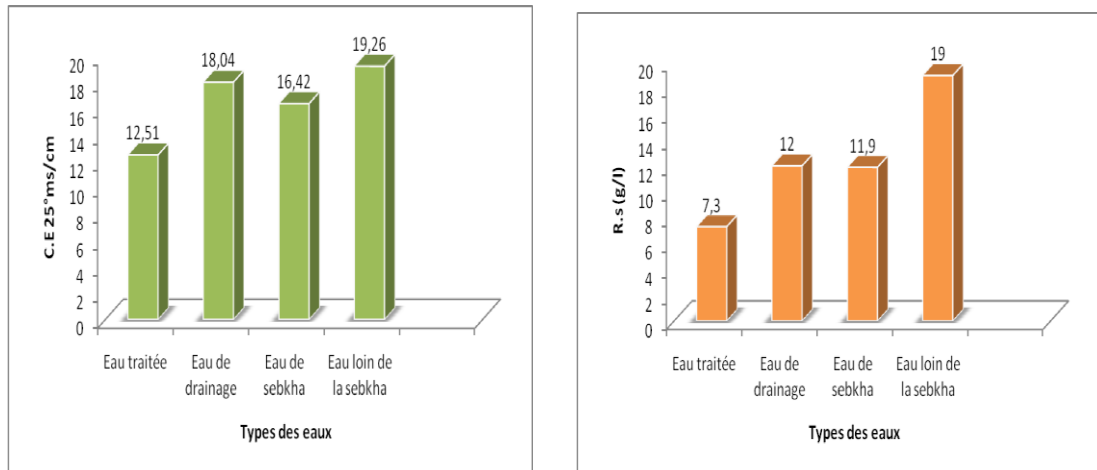


Figure 15 : Variations de la salinité des eaux au niveau de Sebkhât Safioune

Les résultats de la conductivité électrique et du résidu sec des eaux montrent que la salinité des eaux est excessive, selon l'échelle de salinité (Annexe.1). Il y a une augmentation de la salinité, telle que observée pour les eaux drainage. Cette augmentation signifie une augment du coefficient de dissolution des sels (RODIER, 1996).

1.3.Faciès

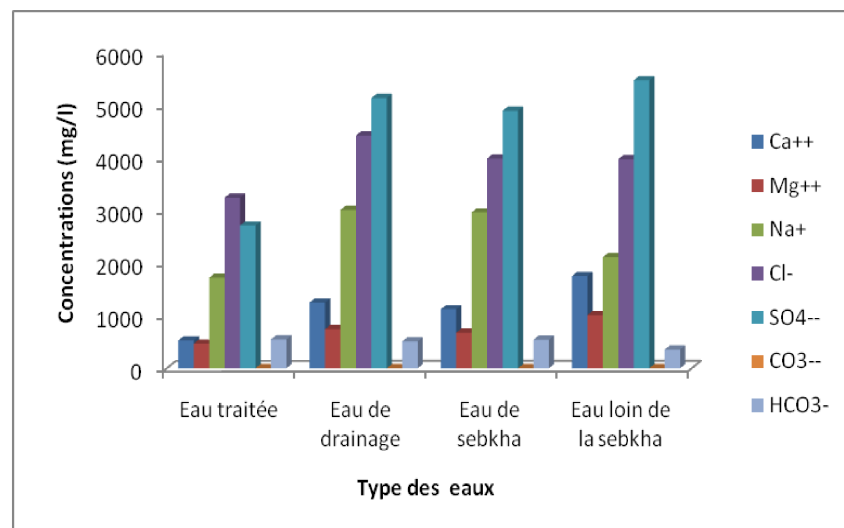


Figure 16: Bilan ionique des eaux au niveau de Sebkhât Safioune.

Les résultats obtenus montrent que les eaux au niveau de Sebkhath Safioune indiquent une variabilité cationique et anionique du faciès prédominant, chloruré calcique.

1. 4. Nitrates des eaux

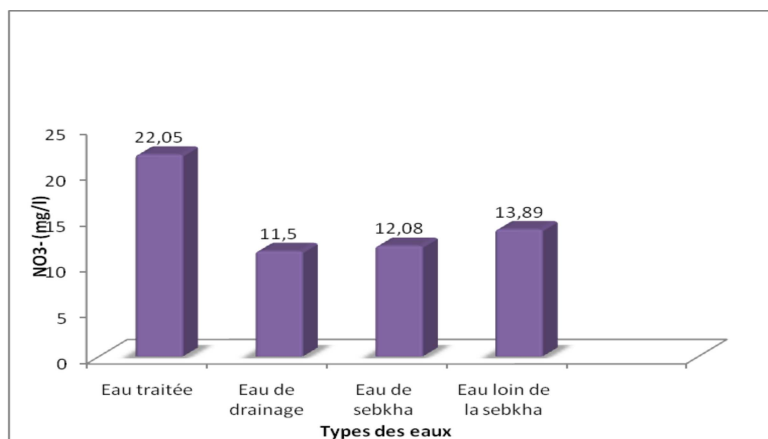


Figure 17 : Variations des nitrates des eaux au niveau de Sebkhath Safioune.

Les nitrates sont utilisés comme indicateurs de pollution. Elles jouent le rôle de fertilisants pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO_3^- selon (SLIMANI, 2006). Le niveau de pollution des eaux est inférieur par rapport aux normes de pollution recommandées (OMS, 2006).

A partir des analyses des eaux (Fig.17), on constate que les teneurs en nitrates des eaux de Sebkhath de Safioune varient entre 11,5 et 22,05 mg/l.

Il faut noter aussi que les NO_3^- des premiers échantillons des eaux usées traitées sont de 22,05 mg/l. Pour les eaux de drainage, leurs teneurs sont de 11,5 mg/l. Quant aux eaux de sebkha Safioune, leurs teneurs sont de 12,08 mg/l. Pour les eaux loin de Sebkhath Safioune, la teneur en nitrates est de 13,89 mg/l.

Les valeurs obtenues ne dépassent pas les normes de rejets de l'OMS appliquées en Algérie (Annexe. 2).

1.5. Demande biochimique en oxygène des eaux usées traitées

Les résultats de la DBO_5 des eaux traitées sont estimés à 40 mg /l, montrant que les eaux épurées sont excessivement polluées, selon les normes L'OMS ($30 < DBO_5$) (**Annexe. 2**). Cela explique le phénomène d'autoépuration, qui signifie la présence des organismes vivants (algues, bactéries,.....), qui consomment l'oxygène pour dégrader la matière organique et diminuer le degré de la pollution (**MERABET, 2011**).

1.6. Demande chimique en oxygène des eaux usées traitées

Les résultats de DOC des eaux traitées sont estimés à 178mg/l. Ces résultats montrent que les eaux épurées sont excessivement polluées, selon normes L'OMS ($DOC < 90$) (**Annexe. 2**). La DCO est élevée, due à l'augmentation de la température qui provoque une évaporation élevée, et par conséquent la concentration en charges polluantes (**MERABET, 2011**).

1.7. Rapport DCO/ DBO_5

Le rapport DCO/ DBO_5 est l'indice de la biodégradabilité en milieu liquide d'un effluent. Il caractérise son aptitude au traitement biologique. Le rapport DCO/ DBO_5 varie entre 2 et 3 (**RODIER, 1996**), ce qui confirme que les eaux usées de la région de Ouargla sont d'origine domestique, selon (**SLIMANI, 2006**).

Les résultats obtenus, de l'ordre de 4,45, indique une faible biodégradabilité de l'eau traitée, où la quantité de composés non dégradables biochimiquement est élevée.

2. Etude de la nappe phréatique

2.1. Etude du niveau de la nappe phréatique

Les mesures du niveau de la nappe phréatique réalisées en parallèle avec les échantillons de sol, et à lumière des résultats enregistrés (**fig. 18**).

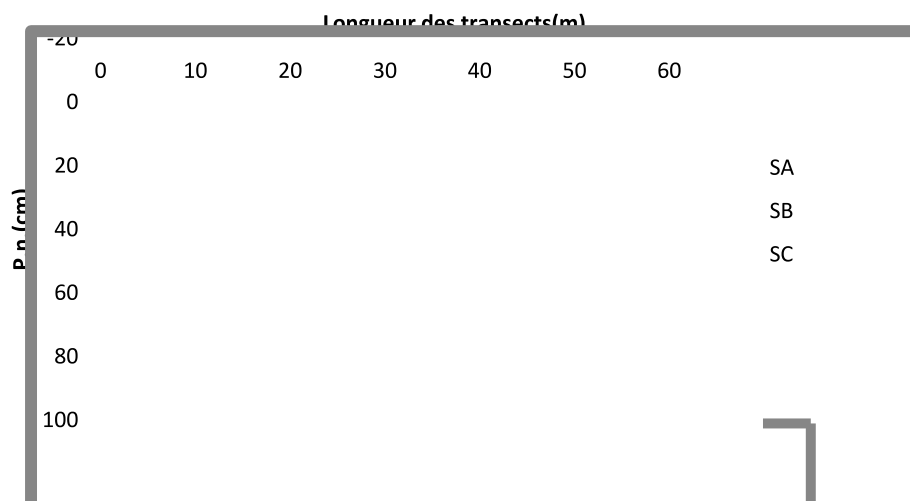


Figure 18 : Variations du niveau de la nappe phréatique à Sabkha Safioune .

D'après la (fig.18).sur l'étude des variations du niveau de la nappe phréatique, nous avons remarqué que les mesures du niveau des eaux phréatiques pour les transects SA, SB et SC à Sebkhia Safioune varient respectivement de 49,4cm à 78cm, -11cm à 39cm et 48,54cm à 87,56cm.

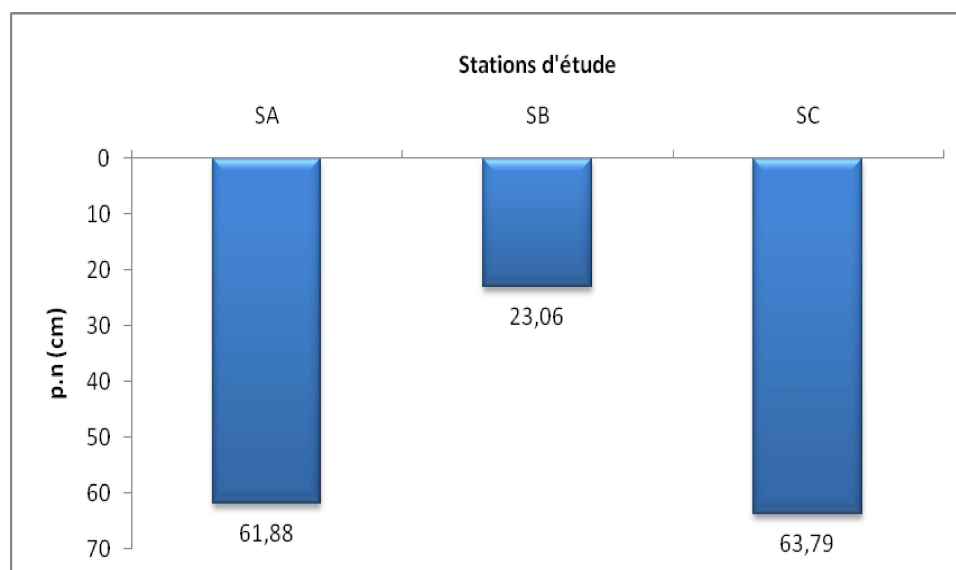


Figure 19 : Moyenne des mesures du niveau de la nappe phréatique.

Selon les résultats obtenus sur l'étude de la nappe phréatique, nous avons remarqué que :

Le niveau de la nappe phréatique dans les stations d'étude est plus proche de la surface du sol, ne dépassant pas 87,56 cm.

La moyenne du niveau de la nappe dans la première station est de 61,88 cm , le niveau dans la deuxième station est de 23,06 cm, et la dernière station montre un niveau de nappe phréatique de 63,79cm.

2. 2.Etude de la qualité des eaux phréatiques

2. 2.1.pH des eaux phréatiques

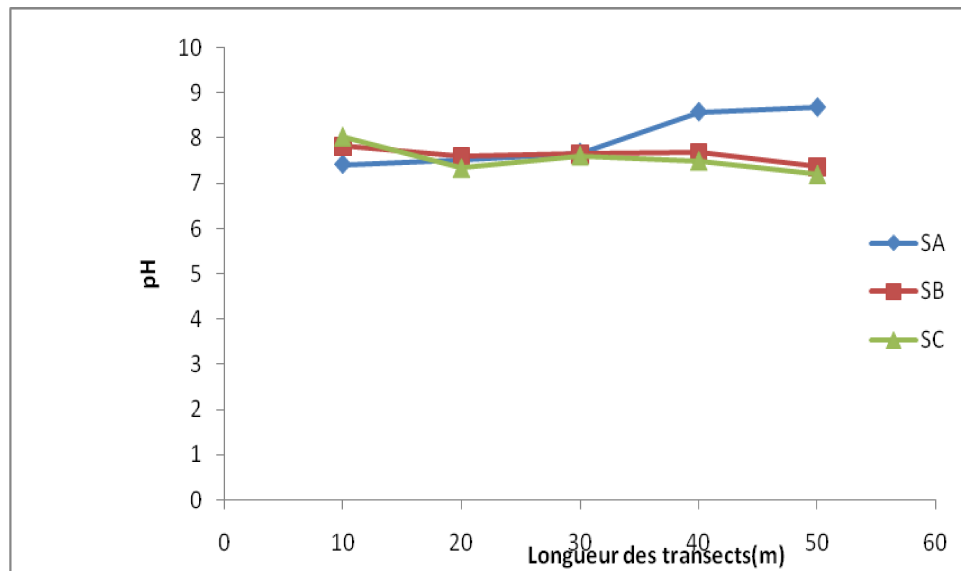


Figure 20 : Variations du pH des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhaf Safioune.

Le pH des eaux de la nappe phréatique analysées est alcalin, selon l'échelle de pH des eaux phréatiques (Annexe.3). Dans la station A, il varie de 7,42 dans le secteur A1 à 8,68 dans le secteur A5. Dans la station B, il varie de 7,37 dans le secteur B5 à 7,82 dans le secteur B1. Dans la station C, il varie de 7,2 dans le secteur C5 à 8,04 dans le secteur C1.

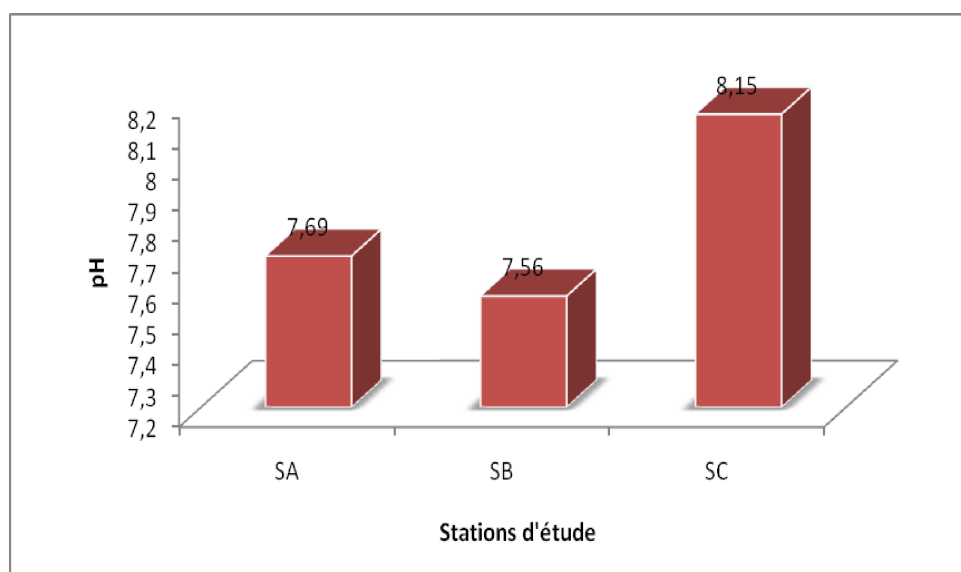


Figure 21 : pH moyen des eaux phréatiques dans les stations d'étude .

Les valeurs obtenues ne montrent pas beaucoup de variations. La moyenne du pH dans la station A est de 7,98. Dans la station B, celle-ci est de 7,6, et pour la 3^{ème} station C, son pH est de 7,54. L'alcalinité des eaux de la nappe phréatique est causée par la nature des sels dissous dans les eaux usées, rejetées dans la station A, et les apports de sels lixiviés par les eaux drainage dans la Station C.

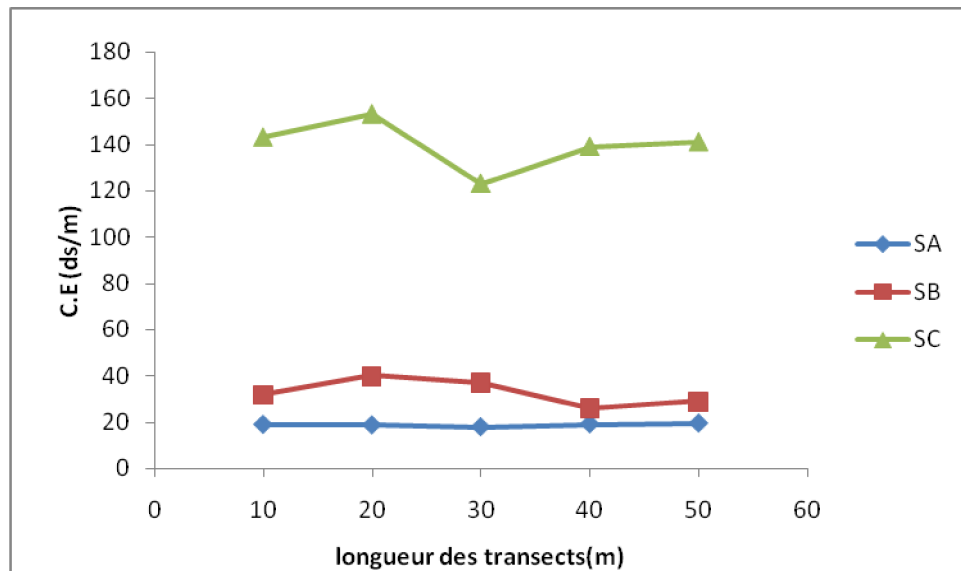


Figure 22 : Variations de la conductivité électrique des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhath Safioune.

2.2.2. Salinité des eaux phréatiques

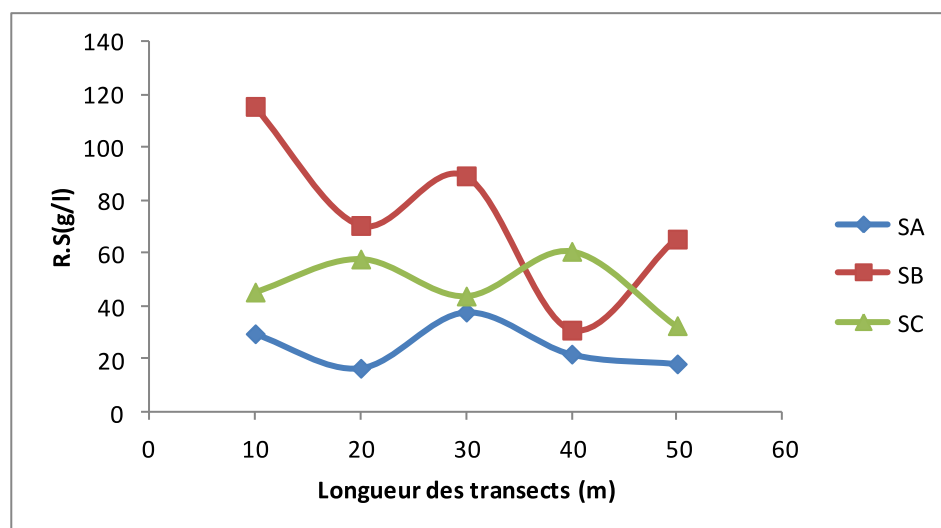


Figure 23 : Variations du résidu sec des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhath Safioune .

Les résultats de la conductivité électrique et du résidu sec des eaux phréatiques dans les stations d'étude, montrent que la salinité des eaux phréatiques est excessive, selon l'échelle de classification des eaux (**Annexe.4**) avec des valeurs de $(17,96 \leq CE \leq 19,56 \text{dS/m})$, $(16,54 \leq Rs \leq 37,8 \text{g/l})$ dans la station A, $(26 \leq CE \leq 40 \text{dS/m})$, $(30,98 \leq Rs \leq 115,69 \text{g/l})$. Dans la station B, ces valeurs se présentent comme suit : $(123 \leq CE \leq 153 \text{dS/m})$, $(32,6 \leq Rs \leq 60,8)$ dans la station C.

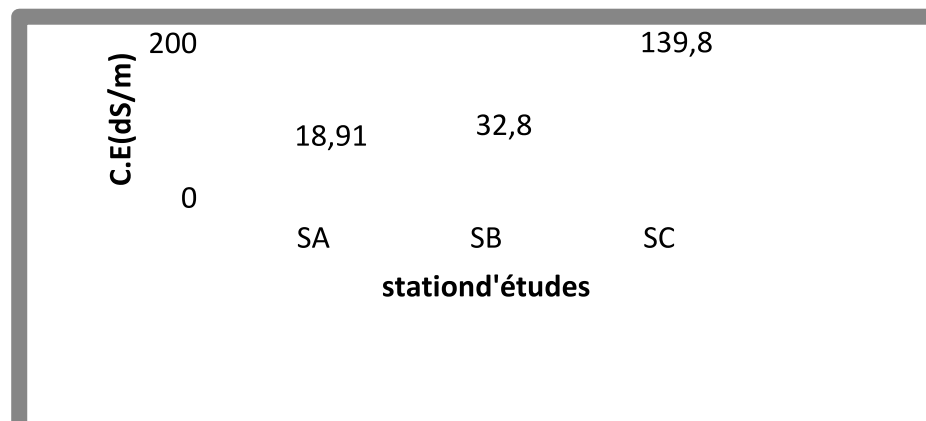


Figure 24: Conductivités électriques moyennes des eaux phréatiques dans les stations d'étude

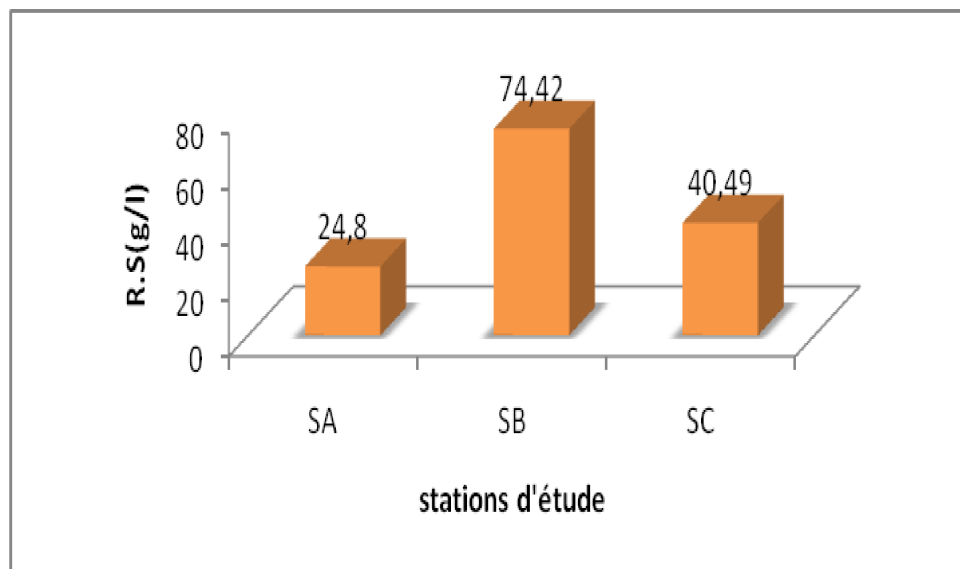


Figure 25 : Résidus sec moyens des eaux phréatiques dans les stations d'étude.

Les mesures moyennes montrent une salinité très élevée dans la station C par rapport à la station B et la station A, avec une moyenne par station. Les valeurs de la conductivité

électrique sont respectivement de 139,8 dS/m, 32,8 dS/m et 18,91 dS/m, et de résidu sec de 40,49g/l, 70,42 g/l et 24,8 g/l.

L'étude statistique ne montre aucune corrélation entre les paramètres de la nappe phréatique et le sol (**Annexe. 8**).

2.2.3. Nitrates des eaux phréatiques

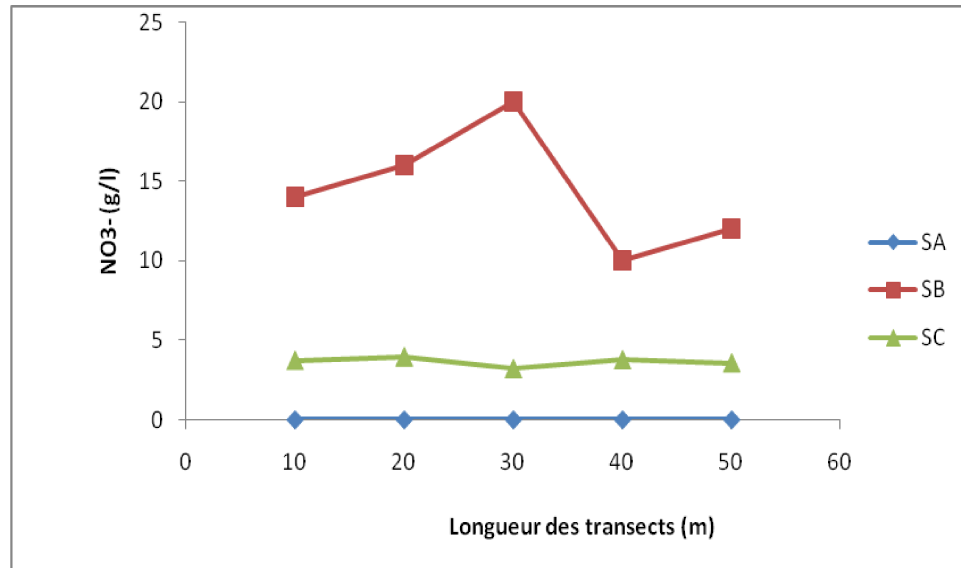


Figure 26: Variations des nitrates des eaux phréatiques le long des transects de Sebkhaf Safioune .

Les nitrates dans la nappe phréatique varient d'un transect à autre. Ils varient entre 10 et 20mg/l (**fig. 26**). Le maximum est remarqué au niveau du secteur B3 avec 10 mg/l, et le minimum est enregistré au niveau du secteur B4 avec 20 mg/l. Dans la station C, ils varient entre 3,23et 3,98 mg/l, avec un maximum estimé dans le secteur C3 et un minimum observé dans le secteur C2.

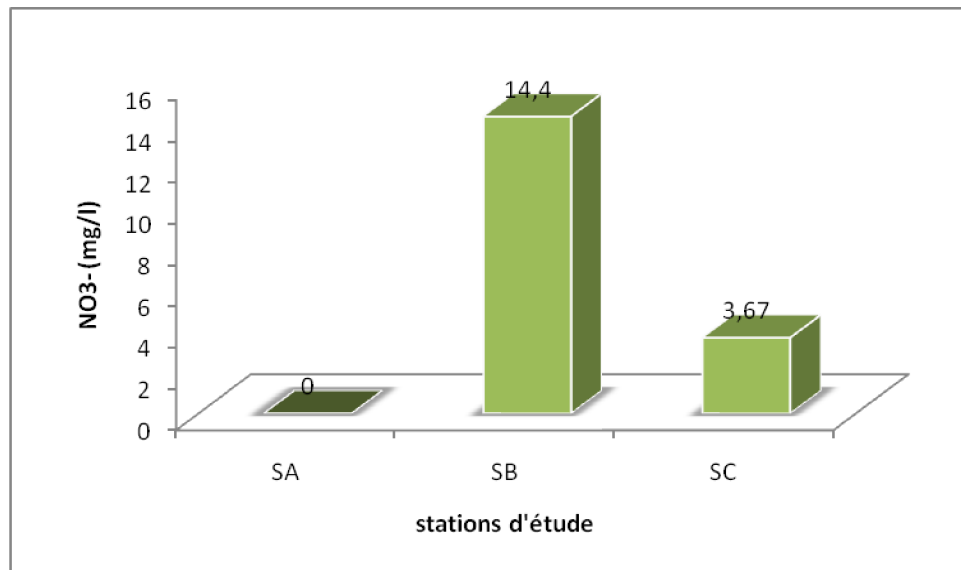


Figure 27 : Nitrates moyennes des eaux phréatiques dans les stations d'étude.

Les valeurs des nitrates apparaissent comme négligeables ou nulles dans les deux stations A et C. Elles sont estimées à 3,67 mg/l dans la station C, expliquant que les ions nitrates sont assimilés par les plantes aquatiques, mais le taux élevé de nitrates dans la station B est estimé à 14,4mg/l, s'expliquant par des apports par les eaux nous semble t-il.

Conclusion

A partir des résultats obtenus, on déduit que Sabkhat Safioune est caractérisée par :

- des valeurs de CE très élevées qui expliquent le degré de salinité des eaux.

Un rapport DCO/DBO₅, dépassant les normes, indiquant une mauvaise biodégradabilité.

Nous remarquons que les caractéristiques des eaux de drainage sont proches de celles des eaux de Sebkhath Safioune, c'est à dire avec une influence des eaux de drainage sur la Sebkhath.

- Les eaux de la nappe phréatique sont alcalines, s'expliquant peut être à cause des sels dissous dans l'eau, les eaux usées rejetées et les apports par les eaux de drainage ;
- la salinité des eaux phréatiques est excessive, elle varie selon les stations ;
- la présence des nitrates dans les eaux du point de rejet et des eaux de la nappe s'explique par l'utilisation excessive des engrais azotés.



Chapitre VI.
Etude du sol

Chapitre VI. Etude du sol

Analyses du sol

1. Humidité du sol

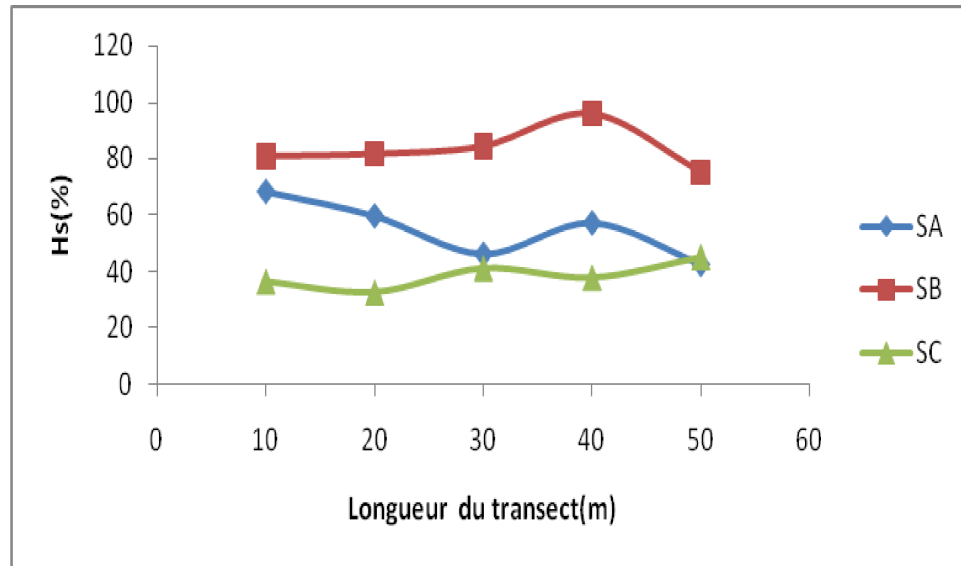


Figure 28 : Variations de l'humidité du sol le long des transects de Sebkat Safioune.

A la lumière des résultats obtenus (**fig. 28**), nous remarquons que l'humidité du sol dans la station A est comprise entre 42,75% et 68,49%. Pour la station B, l'humidité est comprise entre 75,% et 96%. Le taux d'humidité est élevé à cause de la nappe phréatique qui est proche de la surface du sol. Pour la station C, celle-ci est comprise entre 32,62% et 44,92%.

L'étude des corrélations montre qu'il ya une corrélation très hautement significative négative entre l'humidité de sol et profondeur de la nappe phréatique (**Annexe.8**).

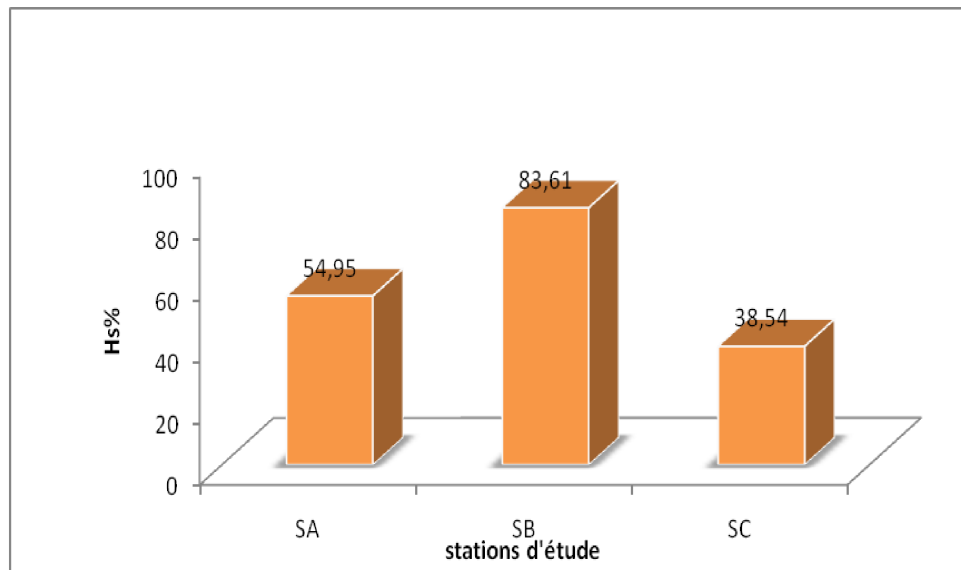


Figure 29 : Humidité moyenne du sol dans les trois stations d'étude.

La moyenne de l'humidité du sol varie entre les stations, elle est de 54,95 dans la station A. Dans la 2^{ème} station B, elle est de 83,61, et dans la 3^{ème} station C, celle-ci est de 38,54.

2. pH du sol

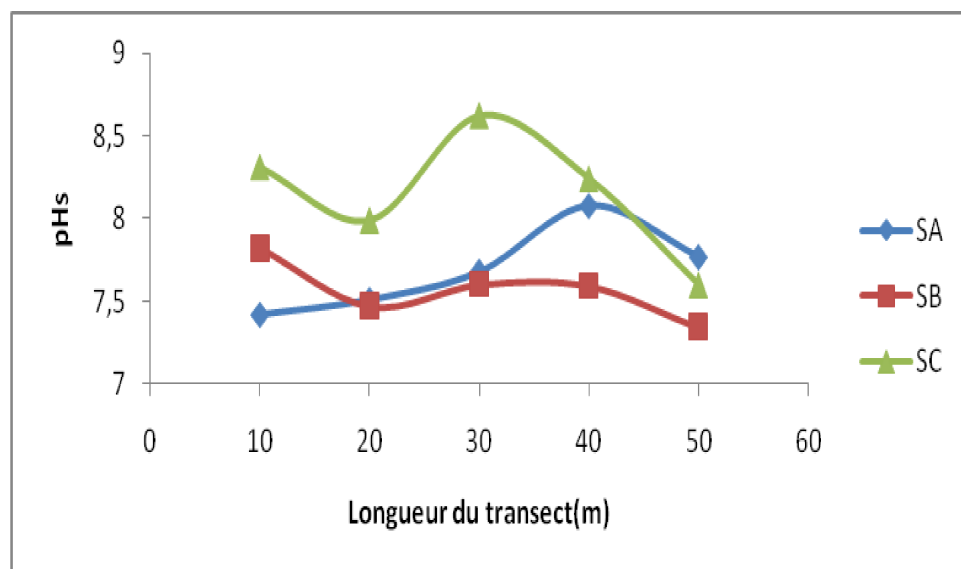


Figure 30: Variations du pH du sol le long des transects de Sebkhath Safioune.

Le pH du sol est généralement alcalin dans les trois stations d'études, selon l'échelle d'interprétation des résultats du pH (Annexe. 5). Dans la station A, il varie de 7,42 dans le secteur A₁ à 8,08 dans le secteur A₄. Dans la station B, il varie de 7,34 dans le secteur B₅ à 7,82 dans le secteur B₁. Dans la station C, il varie de 7,6 dans le secteur C₅ à 8,6 2 dans le

secteur C₃. Les stations d'études constituent des milieux favorables pour les végétaux qui préfèrent les milieux alcalins (plantes halophytes).

L'étude des corrélations du pH montre qu'il ya une corrélation hautement significative positive entre le pH du sol et la conductivité électrique de la nappe phréatique (**Annexe. 8**).

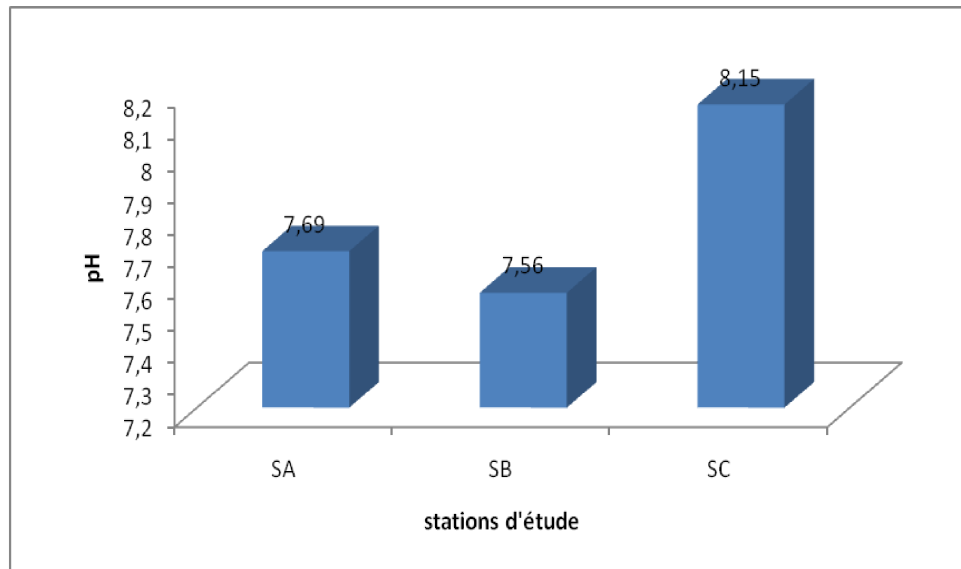


Figure 31 : pH moyen du sol dans les stations d'étude

3. Salinité du sol

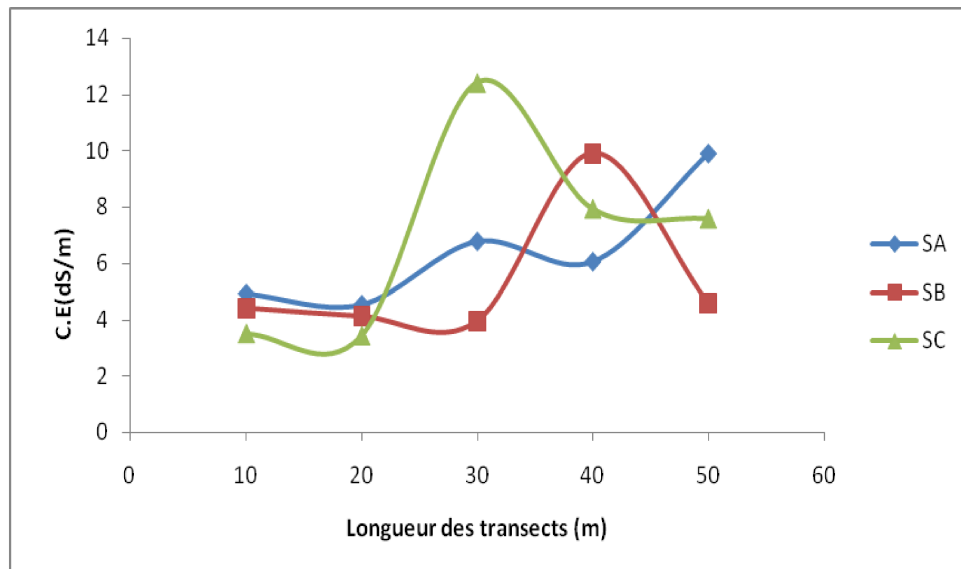


Figure 32 : Variations de la conductivité électrique du sol le long des transects de Sebkhata Safioune.

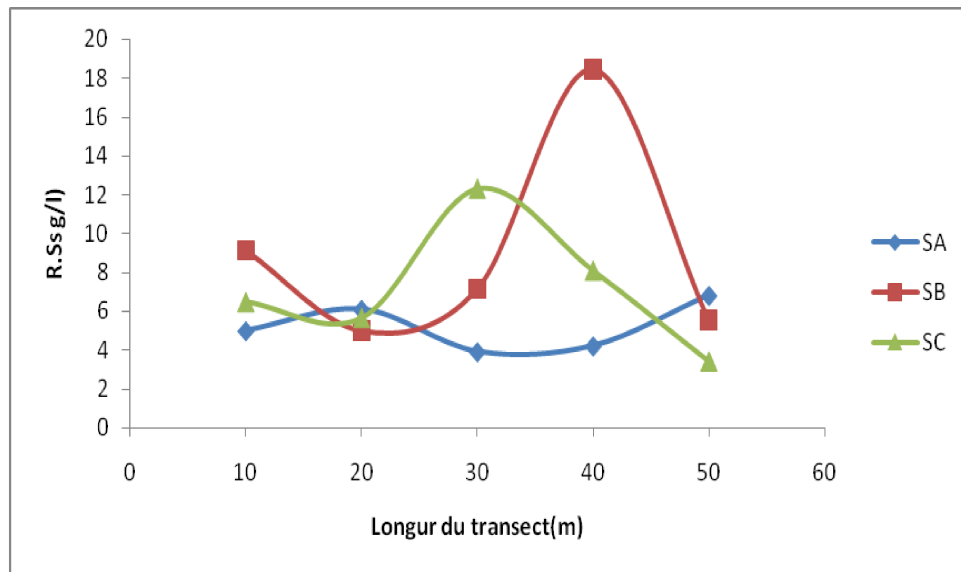


Figure 33 : Variations du résidu sec du sol le long des transects de Sebkhate Safioune .

Les résultats des analyses de la C.E et du Rs dans les stations expérimentales (**Fig.32, 33**) montrent que :

Les sols des stations d'études sont extrêmement salés, selon l' échelle de la salinité (**Annexe.6**) . Dans la station A, la C.E varie de 3,44dSm dans le secteur A₂ à 12,42dS /m dans secteur A₃. Le résidu sec dans la station A oscille entre 3,92 à 6,82g/l. Cette station est moins chargée en sels, parce qu'elle plus proche de la conduite des eaux traitées, où l'on observe une diminution de la végétation tolérante à la salinité.

Pour la station B, la C.E varie de 3,93dS/m dans le secteur B₃ à 9,9dS/m dans le secteur B₄. Le résidu sec varie entre 5 et 18,46 g/l. La station B est moins chargée en sels par rapport aux autres stations. La station B a une salinité intermédiaire entre les deux stations A et C, à cause de leurs positions entre les deux conduites des eaux traitées et de drainage. En revanche, cela constitue un milieu favorable pour les végétaux qui tolèrent la salinité. Pour la station C, la C.E est comprise entre 3,45 et 12,38, donc, elle est plus chargée en sels, parce que c'est la station la plus proche de la conduite des eaux de drainage. A la lumière des résultats enregistrés, les eaux sont extrêmement salées.

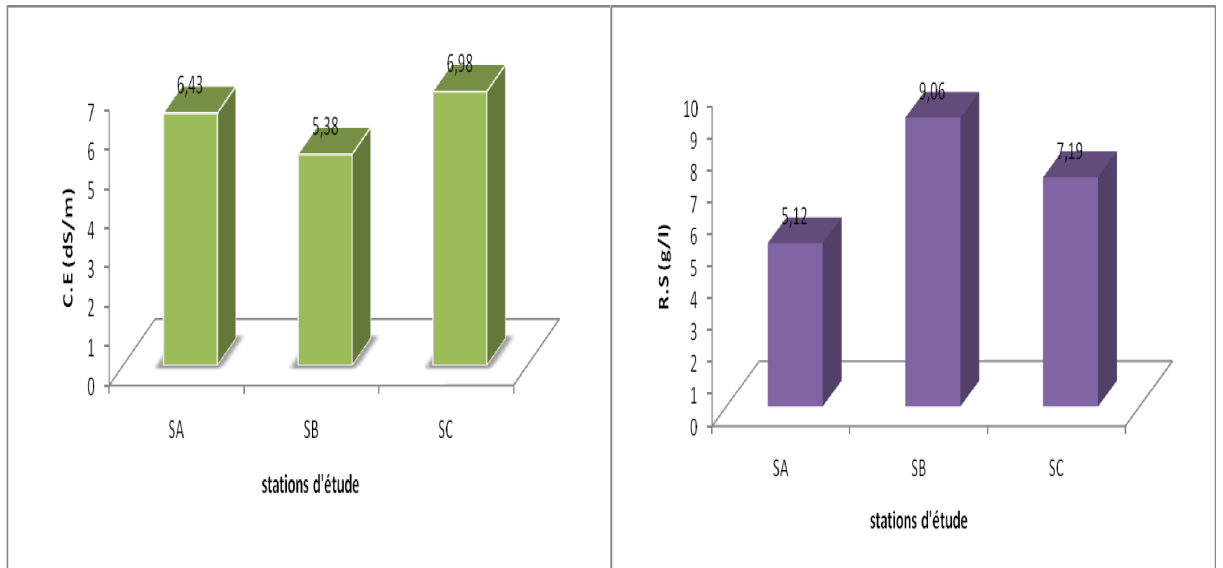


Figure 34 : Salinité moyenne du sol dans les trois stations d'étude.

L'étude montre une salinité moyenne du sol qui est élevée dans la station C par rapport aux stations B et A, avec une moyenne par station. Les conductivités électriques sont respectivement de 6,98 dS/m, 5,38 dS/m et 6,43 dS/m, et des résidus secs de 7,19 g/l, 9,06 g/l et 5,12 g/l.

4. Taux de matière organique

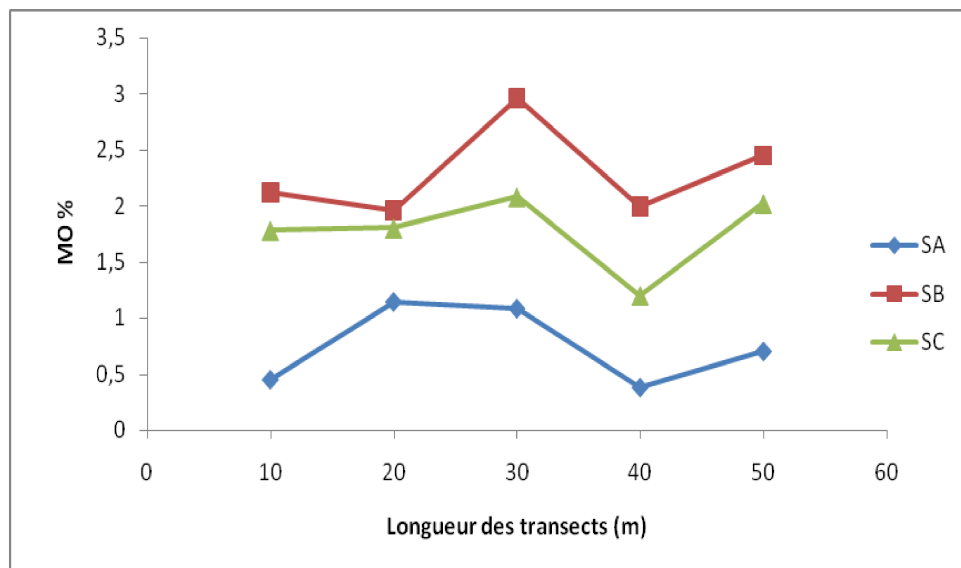


Figure 35: Variations matière organique du sol le long des transects de Sebkhaf Safioune.

La matière organique se présente dans le sol pour une part sous forme de résidus végétaux aux animaux plus ou moins reconnaissables, et pour le reste sous forme de substance adhérentes à la fraction minérale (HENIN et al, 1969).

Dans la station A, la teneur en matière organique est très faible à faible dans tous les secteurs de la station, selon l'échelle des classes de la matière organique (Annexe. 7). Dans le secteur A4, la teneur en matière organique est comprise entre 0,38%, et 1,4% dans le secteur A₂. Dans la station B, le sol présente une teneur faible à moyenne en matière organique, variant de 1,96% dans le secteur B2 à 2,96% dans le secteur B3.

La teneur de matière organique dans cette station est plus élevée, s'expliquant par la présence de substances humiques, d'accumulations de débris végétaux et animaux. Cette station se caractérise par une richesse de végétaux plus élevée que les autres stations. Cette richesse s'explique par l'abondance de l'eau. Selon les résultats obtenus, on remarque que l'humidité est plus élevée en cas de nappe phréatique proche de la surface du sol.

Dans la station C, le sol présente une faible teneur de matière organique, variant de 1,2% dans le secteur C4 à 2,08% dans le secteur C3.

L'analyse des corrélations montre des relations entre le taux de matière organique du sol et le teneur en nitrates de la nappe phréatique (Annexe. 8). Elle montre aussi qu'il y a des corrélations positives significatives et très hautement significatives.

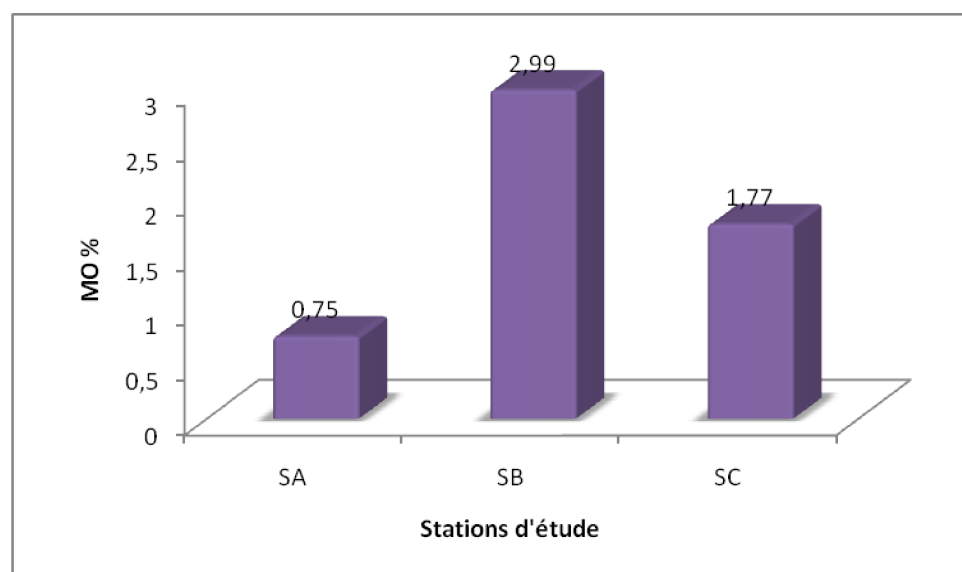


Figure 36 : Taux de matière organique moyen du sol dans les stations d'étude.

Le taux de matière organique du sol varie d'une station à une autre (**fig.35**). Il varie entre 0,75 et 2,29%, avec maximum remarqué au niveau de la station 02 avec 2,29%, et le minimum est enregistré au niveau de la station A avec 0,75%.

Conclusion

L'étude du sol de nos stations d'études montre que le taux d'humidité reste élevé à cause de la remontée capillaire des eaux.

Les sols de sebkhat Safioune à travers tous les secteurs d'études présentent un pH alcalin.

A la lumière des résultats obtenus, les sols des stations d'études sont extrêmement salés.

Les sols de sebkhat Safioune dans toutes les stations d'études, le taux de matière organique varie de faible à moyennement riche à cause de l'existence de racines plus ou moins dégradées et des substances humiques.



Chapitre VII.
Etude de la flore

Chapitre VII .Etude de la flore

1. Identification et classification des espèces

Les espèces végétales qui existent dans nos stations expérimentales sont identifiées durant la période d'étude.

Tableau 06: Familles et espèces végétales dans les stations d'étude

Familles	Espèces	SA					SB					SC				
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
Poaceae	Pc	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Tamaricaceae	Tg	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Amaranthaceae	H s	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+

-Absence

+présence

D'après le (Tab .06). nous remarquons que l'échantillonnage sur le plan floristique montre que les trois stations expérimentales sont hébergées par trois espèces qui sont : *phragmites communis*, *Tamarix gallica* et *Halocnemum strobilaceum*. Le comportement de ces espèces vis à vis des conditions édaphiques dans les différentes stations est différent, où certaines espèces présentent un taux élevé, comme *phragmites communis* et *Halocnemum strobilaceum* dans les deux stations A et B, très faible, comme *Tamarix gallica*, et sont totalement absentes dans les deux autres stations d'étude, respectivement A et C.

La distribution de ces espèces est variable entre les stations d'une part, entre les secteurs de la même station, d'autre part, suivant l'humidité et la salinité du sol

2. Etude du peuplement végétal

Pour étudier l'évolution du peuplement végétal, nous avons suivi l'évolution de quelques indices écologiques végétaux qui sont : la densité, la fréquence et le recouvrement durant les périodes d'échantillonnage,

Fiche 01. Identification de phragmites communis

Nom scientifique: *phragmites communis Trin*

Nom vernaculaire: *Guseab*

Classification:

famille : Poaceae

Genre: phragmites

Habitat: dans les endroits humides, les lits d'oueds les deltas.

Répartitions: un peu partout dans le Sahara septentrional.

Description: plant pérenne à rhizomes rampant et portant de nombreuses tiges, élevées, pouvant atteindre 4 mètres de haut, tiges droites et dures, feuilles glauques à ligules courtes et cillées, elle sont alternées et longuement inflorescences bruns jaunâtres se composant de très nombreux épillet .

Utilisation: fourragère et artisanale.

Source: OZENDA, 1983 –CHEHMA, 2006

Fiche 02. Identification de Tamarix gallica

Nom scientifique: Tamarix gallica Gr.

Nom Vernaculaire: Tarfa

Classification:

Famille: Tamaricacées.

Genre: Tamarix

Habitat: le Tarfa haite les terrains humides et salée, les lits d'oued et les sebkhas, il peut former des forêts sur de vastes surfaces.

Répartition: très commune dans tout le Sahara.

Description: les tamarix sont des arbres ou arbustes, fréquents dans les terrains, salés, ils sont caractérisés par de petites feuilles écailleuses, souvent imbriquées, donnant aux rameaux l'apparence de ceux de certains genévriers, les feuilles sont souvent ponctuées de minuscules, tout, correspondant à des entonnoirs au fond desquels se trouvent placés les stomates et par ou exsude un mucus, contenant du sel et du calcaire, les racines en général très développées , les fleurs petites forment des chattons de 3 à 4mm de diamètre, les anthères apicales, bractées, élargis à la base .

Source:OZENDA1958-CHEHMA2006

Fiche 03. Identification de *Halocnemum strobilaceum* (Pall) M.Bied



Nom scientifique : *Halocnemum strobilaceum* Pall.

Classification :

Nom vulgaire : Guerna.

Nom français: Haloncemum

Habitat : plante halophile supportant une très forte salinité, vivant dans les terrains compacts très salés et humides, en bordure immédiate des chotts.

Répartitions : nord du Sahara septentrional et régions présahariennes.

Description : arbrisseau à tiges cylindriques, nombreuses, jaunâtres, rampantes, puis redressées de 30 à 100cm de haut, à rameaux longs articulés des pousses courtes ressemblant à des bourgeons.

Utilisation : plante peu broutée par les dromadaires.

Source : OZENDA, 1983 –CHEHMA, 2006

2.1. Densité des espèces végétales dans les stations d'études

L'analyse des résultats de la densité des espèces à sebkhat Safioune montre des différences notables. Pour la station A, l'espèce *phragmites communs* est plus présente à cause de sa nature Hygrophile. Sa densité a été estimée à 29,28 % dans le secteur A2. La densité de *Tamarix gallica* et *l'Halocnemum Stribilaceum* est nulle.

Pour la station B, l'espèce *phragmites communs* est plus présente et a été estimée à 26,12% dans le secteur B4 à cause de la stagnation des eaux usées, suivie par la densité de *Tamarix gallica* qui est plus élevée dans le secteur B2 par rapport à d'autres secteurs, où il a été estimé à 0,05 % à cause du volume d'eau élevé en profondeur, suivie par la densité de *l'Halocnemum Stribilaceum*, qui est plus élevé dans les deux secteurs B2 et B4, où ils ont été estimés à 2,69 28 % à cause du taux élevé de salinité en surface. Pour la station C l'espèce, *l'Halocnemum Stribilaceum* est plus présente avec une densité de 4,96% dans le secteur C2 pouvant être due à la nature des sels qui existent, suivi par l'absence des deux espèces *phragmites communs* et *Tamarix gallica* (fig.37.)

L'étude statistique montre qu'il y a une corrélation très hautement significative positive entre la densité de l'espèce *phragmites communs* et l'humidité du sol, qui est significativement positive avec la teneur en nitrates de la nappe phréatique (Annexe. 8).

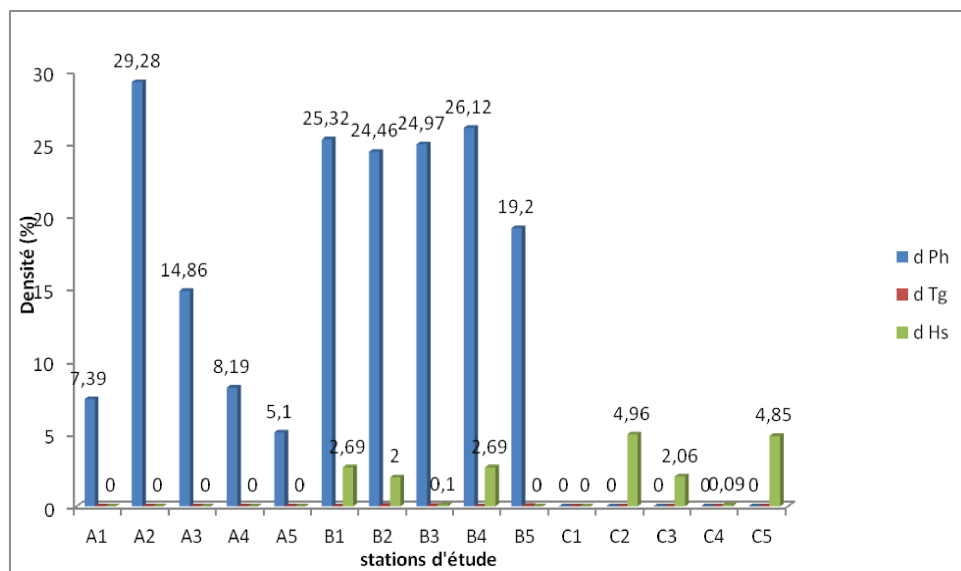


Figure 37: Densité des espèces dans la station d'étude.

2.2. Fréquence des espèces végétales dans les stations d'étude

Les résultats des analyses de la fréquence des espèces à sebkhat Safioune montrent des différences notables. Pour la station A, l'espèce *phragmites commons* est fréquente dans les cinq secteurs, dont sa fréquence est plus élevée dans le cinquième secteur A5, estimée à 100% à cause de l'absence des autres espèces, d'une part, et à l'augmentation de l'humidité du sol d'autre part.

Pour la station B, représentée par *phragmites commons*, elle est fréquente dans les cinq secteurs, dont sa fréquence est plus élevée dans le troisième secteur B3, estimé à 96%, qui peut être du à l'augmentation de l'humidité, suivi par *Tamarix gallica*, qui est la moins fréquente avec 0,03% dans le secteur B1, suivi par *Halocnemum Stribilaceum* qui est moins fréquente, avec un taux de 9,34%.

Pour la station C, *Halocnemum Stribilaceum* est plus fréquente dans les quatre secteurs avec 100%, par ce que le taux de salinité est élevé, avec l'absence des deux espèces *phragmites*, respectivement *commons* et *Tamarix gallica* (fig.38).

L'étude statistique montre qu'il y'a une corrélation hautement significative positive entre la fréquence de l'espèce *Tamarix gallica* et le taux de matière organique du sol qui est significativement positive avec le résidu sec de la nappe phréatique (Annexe. 8).

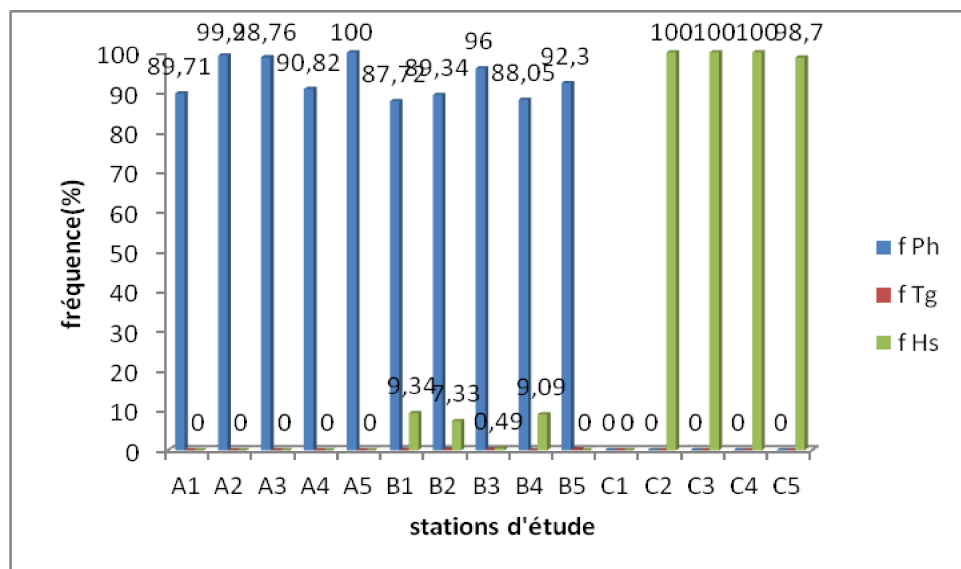


Figure 38: Fréquence des espèces dans les stations d'étude.

2.3. Taux de recouvrement des espèces végétales dans les stations d'études

L'analyse des résultats montrent que le taux de recouvrement des espèces à sebkhat Safioune des différences notables. Pour la station A, l'espèce ayant le taux de recouvrement élevé est *phragmites communs*, avec 36,86%. Dans le secteur A2, cette augmentation est due à l'augmentation de l'humidité, avec un taux de recouvrement qui est nul pour les deux espèces, respectivement, *Tamarix gallica* et *Halocnemum Stribilaceum*.

Pour la station B, l'espèce ayant un taux de recouvrement élevé est *phragmites communs* avec un taux de 29,25%, suivie par *Halocnemum Stribilaceum* avec 25,42% dans le secteur B4. Cela est dû à l'augmentation de la salinité du sol en surface, qui est moins élevée pour l'espèce *Tamarix gallica*, avec 0,08% dans le secteur B5. Pour la station C, *Halocnemum Stribilaceum* présente le taux de recouvrement le plus élevé dans le cinquième secteur C5, avec 58,45%, à cause de l'augmentation de la salinité du sol (fig. 39).

L'étude statistique montre qu'il y a une corrélation hautement significative positive entre le recouvrement de *Halocnemum Stribilaceum* et la conductivité électrique de la nappe phréatique (Annexe. 8).

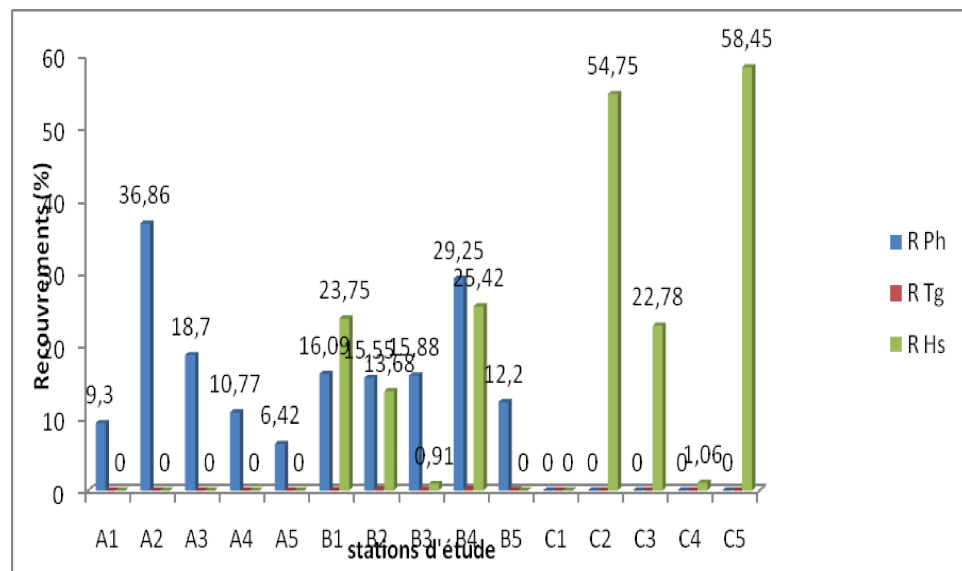


Figure 39: Recouvrement des espèces dans les stations d'études.



Conclusion Générale

Conclusion générale

La présente étude a porté sur l'impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette d'Ouargla sur l'environnement de Sebkhath Safioune. Notre recherche s'est proposé de mettre en évidence les effets des eaux traitées d'assainissement et de drainage au niveau de la Sebkhath et leurs impacts sur la nappe phréatique, le sol et la flore à Sebkhath Safioune.

Au terme de ce travail, il ressort que les eaux de drainage sont proches de celles de Sebkhath Safioune, c'est-à-dire, avec une influence des eaux de drainage sur la Sebkhath.

Sur le plan des éléments de pollution (DBO₅, DCO), nous avons remarqué que les taux des eaux épurées sont excessivement polluées, selon les normes L'OMS.

Nous pouvons conclure que les sites étudiés présentent une nappe superficielle, très salée, alcaline, avec des teneurs en nitrates qui varient entre 11,5 et 22,05 mg/l.

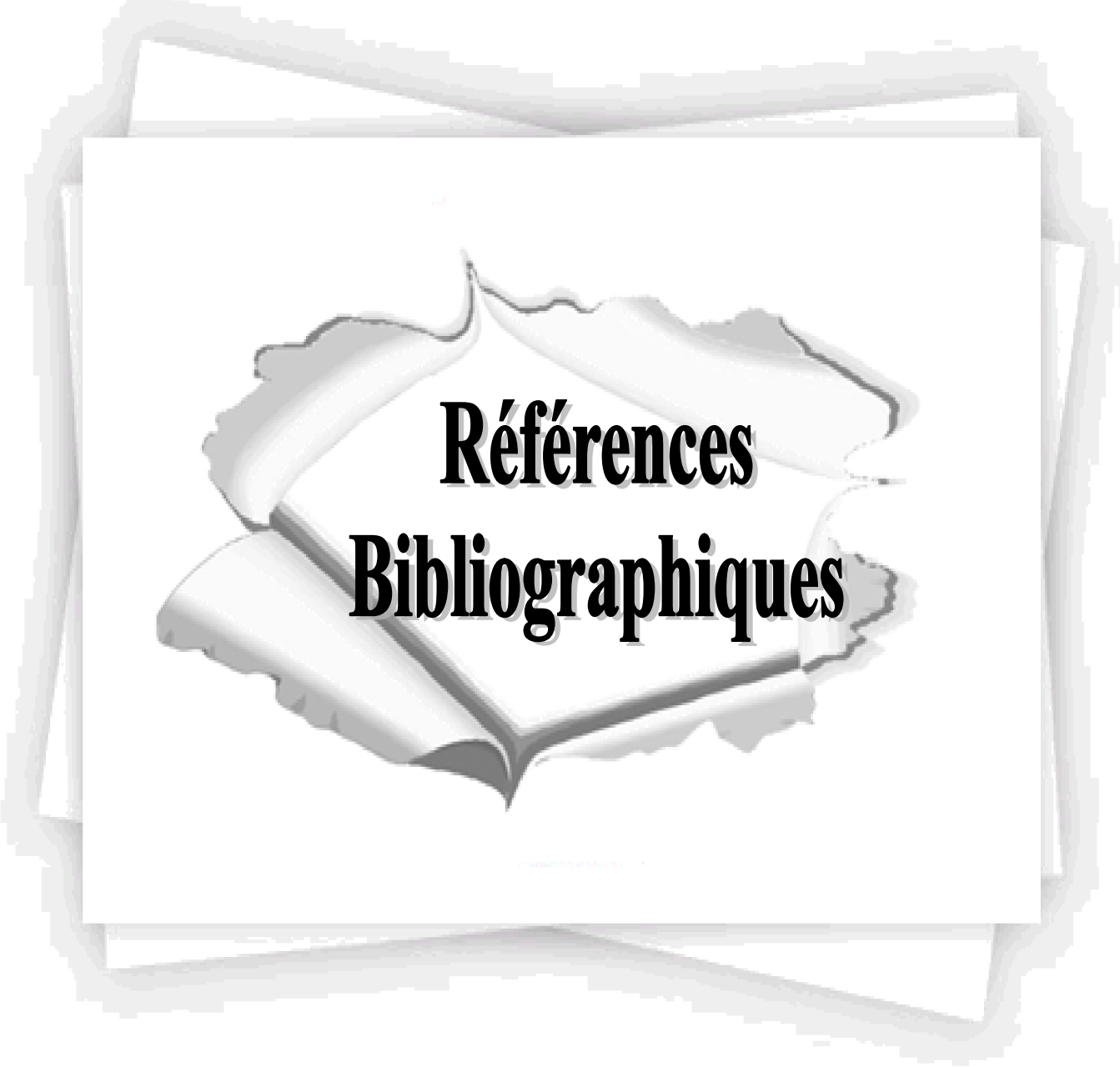
Les sols sont très humides, surtout dans les stations où la nappe phréatique est proche de la surface du sol. Les sols sont salés à extrêmement salés, et faible à moyennement riches en matière organique.

Sur le plan floristique et du point de vue qualitative, l'échantillonnage nous a permis de recenser trois espèces végétales, à savoir : *Phragmites communs*, *Tamarix gallica* et *Halocnemum strobilaceum*.

La distribution des espèces est variable d'une station à une autre. Cette variation peut s'expliquer par la composition du sol et la profondeur de la nappe phréatique.

Les espèces recensées au niveau de Sebkhath Safioune sont des espèces hydro-halophiles.

Enfin, notre étude reste préliminaire, il est important de poursuivre et d'approfondir ces travaux de recherche par d'autres équipes dans la cuvette de Ouargla, particulièrement à Sebkhath Safioune en vue de mieux préciser et fiabiliser les résultats.



**Références
Bibliographiques**

- **AEWA, 2007.** Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'afriqueurasie. Modèle type de présentation des rapports nationaux. 9 p.
- **AFNOR.** Qualité des sols. Ed. AFNOR, vol. 1 et 2, Paris.973 p.
- **AUBERT, G., 1978.** Méthodes d'analyses des sols. Ed. CRDP, Marseille, 191 p.
- **AUBERT, G., 1983.** Observation sur les caractéristique, les dénomination et classification des sols salés ou salsodique .cah.O.S.T.M.Ser.Péd .
- **BAUDOT, B et PERERA, P., 1991.** Guide procédés extensifs d'épuration des eau.
- **BECHAC, j.,BOUTIN ,P.,MERCIER ,B., 1983.**Traitement des eaux usées . 2^{ème} Edition. usées adaptés aux petites et moyennes collectivités. 21P .
- **BECIS, O.,et BETOUIDIANE ,M.,2005.** Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration biologique par boue activée, Haoud Berkaoui-Ouargla .Mém.D.E.S.Microbiologie .Univ d'Ouargla.3p.
- **BELLAOUR, A et E., 2008.**Etude de hydrogéologique des eaux souterraines de la région d'Ouargla soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et perspectives de solutions palliatives (Saharan- Nord-Est Septentrional-Algérie) mém. MAGISTRE. En Géologie du Génie Civil et des Milieux Aquifères .Univ de Batna.
- **BENHDID ,H., et HARROUZ ,N.,2010 .**Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla) .Mém Ing .Ecosystème ,Steppiques et Saharien .Univ de Ouargla.89P.
- **BETTAHR, N et HAMDI, A., 2010.**Traitement des eaux usées urbaines par lagunage et possibilité de valorisation de sous-produits en pisciculture (cas de la S.T.E.P.de Ouargla).Mém Ing .Aquaculture. Univ d'Ouargla .87p.
- **BG, 2004,** Etudes d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation, Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique.
- **BONTOUX, J., 1993.**Introduction à l'étude des eaux douces (eaux naturelles, eaux usées eaux de boisson).Qualité etvsanté .2ème édition, CEBEDOC. Paris.167p.
- **BOUKHATALA, Y et IDDOU,K., 2010.** Etude de rendement épuratoire de la nouvelle station d'épuration par lagunage de la ville d'ourgla .Mém Ing . Hydraulique .hydraulique urbaine, Univ de Ouargla. 27p.

- **BOUTELLI,M et MENASSIA,S., 2008.**Conception d'une station d'épuration pour la ville de Ghardaïa . possibilités de réutilisation des eaux épurées. Mém Ing . Hydraulique .Hydraulique urbaine, Univ d'Ouargla .132p.
- **BOUTELLI, MED,H., 2012-** Salinité des eaux et des sels au niveau de la Sebkha de Bamendil caractérisation et conséquences sur l'environnement .Mém. M.G, Aménagement hydrolique dans les mileux arides .Univ de Ouargla .
- **BOUZIANI ,M.,2000.**L'eau de la pénurie aux maladies .Ed .Ibn Khaldoun Oran .117p.
- **BRAULT .JL., 1989.**Traitement des eaux usées .Ed.Paris.p.p.4-10.
- **CHEHMA A., 2006.**Catalogues des plantes septentrional Algéries .
- **DAGNELIE P., 1975.**Théorie et méthodes statistique. Vol.2.2^{ème}Ed. Les presses Agronomiques de Gembloux, A.S.B.L.463p.
- **DALI,H et ZOUAOUI ,K ., 2007.**Réutilisation des eaux usées épurée en irrigation .Mém . Ing .Génie des procédés .Génie de l'environnement .Univ de Ouargla.68p.
- **DEGREMENT ,2005.** Mémento technique de l'eau. Tome1. Ed10^{ème} . 466P
- **DURAND,J et H.,1958.**Les sols irrigables . Etude pédologique .ED. Imbert, Alger.190p.
- **EDELIN, F., 1997.**L'épuration biologique des eaux. Théorie et technologie Edition CEBEDOC.298p.
- **FRANK,R .,2002 .**Analyse des eaux .Aspects réglementaires et techniques. Ed .Scérén CRDP AQUITAINE.Bordeaux.171p.
- **Galewski ,T ., 2008.**vers un observatoire des zones humides méditerranéennes évolution de la biodiversité de 1970 a nos jours. Tour du valat. Med wet. 3p.
- **GAUCHER G et BURDIN S., 1974.** Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés. Presses Universitaires de France, Imp. Boudin, Paris, 234 p .
- **GOBAT.J.C. ARAGNOM.et MATTHEY.1998-**Le sol vivant :Basse de pédologie ,biologie des sols, Paris .572p.
- **GOUNOT, 1969.**Méthode d'étude quantitative de la végétation .Ed. BOULEVARD Paris .305p.

- **IDDER T., 1998.** La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara d'Algérie. Impact des rejets d'origine agricole et urbaine et techniques de remédiations proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse de Doctorat Université d'Angers UFR Sciences..Laboratoire des sciences l'environnement et de l'aménagement. 284p.
- **KAROUNE,S., 2008 .**Effets des boues résiduaires sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber* L.) Mém. MAGISTRE . En Ecologie Végétale. Gestion et pathologie des écosystèmes forestiers. Univ de Mentouri Constantine. p244.
- **KEBICHE,M., 1999.**Pollution des eaux superficielles dans un climat semi-aride :la région de Sétif (Algérie).
- **LABERCHE, J et C., 2004.**Biologie végétale .Ed. DUNON, Paris, 240p.
- **MENSOUS, M.,2012-** Etude de système de gestion des eaux usées dans l'oasis de Ouargla .mém . MAGISTRE . Univ de Ouargla.
- **MERABET. S.,2011 .**Etude comparative de deux systèmes aquatique dans le Sahara septentinal (chotte Merouane et Ain El Beida),environnement et signes de dégradation .mém. MAGISTRE. Ecologie Saharienne et environnement .Unvi de Oaurgla.
- **O.N.A., 2003.** Office National de l'Assainissement. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation: Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique Ouargla, 42 p.
- **(ONA, 2010).** Office National de l'Assainissement
- **O.N.M.2013.**Données climatologiques d'Ouargla.
- **OUALI,M.,2001 .**Cours de procédés unitaires biologique et traitements des eaux . Office des publication Unitaires, Alger.52 p .
- **OZENDA. P., 1983.**Flore du sahara .Ed.Centre National des Recherches Scientifiques .Pris.
- **RODI, L., 1996.** Analyse de l'eau .eaux naturelles ,eaux résiduaires ,eau de mer.8^{eme} .Edition DUNOD, Paris.1114p.

- **RODIER, 1976.** Analyse d'eau .8ème Edition. Bordas. Paris, 120p.
- **RODIER, 1996.** L'analyse de l'eau. Ed. DUNOD, Paris. 1383 p.
- **ROUDIER, J., 1976.** Analyse d'eau .8ème Edition. Bordas .Paris 120p.
- **ROUVILLOIS-BRIGOL, N., 1975.** Le pays de Ouargla (Sahara algérien) variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed. Département de Géographie, Univ. De Sorbonne, Paris. 316 p.
- **TARADAT, M et H ., 1992.** chimie des eaux .première, le griffon d'argile inc, canada. 537P.
- **THOMAZEAU R, 1981.** Station d'épuration, eau potable, eaux usées. Précis théorique et technologique. 435p.
- **TOUTAIN G., 1979.** Elément d'agronomie Saharienne de la recherche au développement. Ed .INRA. Paris .277p.
- **SLIMANI, R., 2006.** Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnement dans les régions de Ouargla : Cas des eaux de rejets (agricole et urbaines). Mém. MAGISTRE . protection des écosystèmes en zones arides .Univ de Ouargla.
- **SOLTNER, D., 1989.** Les bases de la production végétale. Le sol. Ed. Angers. 468 p.
- **UNESCO :** Rapport technique du projet PNUD/Tunisie 5 “ Recherché et formation en matière d'irrigation avec des eaux salées.
- **VIEILLEFON, 1997.** Contribution à l'amélioration de l'étude analytique des sols gypseux. Cah. OROSTOM, Ser. Pedo., 17. Paris. 195–201p.



Annexes

Annexe .1

Annexe 1 : La relation entre la C.E et la salinité (RODIER, 1976)

Salinité	Faible	Moyenne	Forte	Très Forte	Excessive
CE	0.1à0.25 mS/cm	0.25à2.25m S/cm	0.75à2.25 mS/cm	2.25à5 mS/cm	5à20 mS/cm

Annexe 2 : Normes physico-chimiques des rejets de l'OMS appliquées en Algérie (LADJEL, 2006)

Paramètres	Normes
T C°	30
pH	6,5-8,5
O2 mg/l	5
DBO ₅ mg/l	30
DCO mg/l	90
MES mg/l	30
Azote total mg/l	50
NO ₃ ⁻ mg/l	80

Annexe : 3 Echelle de PH des eaux phréatiques (GAUCHER, 1968 in (SOLTNER ,1989)

pH eau	Classes
6.75<PH eau<7.25	Neutre
7.75<pH eau <8.25	Alcalin
<8.5	Très alcalin

Annexe 4 : Echelle classification des eaux (DURANDJ.H., 1958)

Résidu sec en g/l	Différents types des eaux
<0,25	Eaux non salées
0,25<R.s<0,75	Eaux à salinité moyenne
0.75<R.s<2.25	Eaux à forte salinité
2.25<R.s<5	Eaux à très forte salinité
5	Eaux à salinité excessive

Annexe 5: Echelle de pH de l'extrait 1/5 (SOLTNER, 1989)

pH1/5	Classes
5 à 5,5	Très acide
5,4 à5, 9	Acide
6à6, 5	Légèrement acide
6,6à7, 2	Neutre
7,3à 8	Alcalin
8	Très alcalin

Annexe :6 Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5selon

(AUIBERT, 1978).

CE à 25C° (dS/m)	Sol
CE<0,6	Sol non salé
0,6 <CE< 1,2	Sol peu salé
1,2 <CE< 2,4	Sol salé
2,4 <CE< 6	Sol très salé
>6	Sol extrêmement salé

Annexe :7 Classes de matière organique (**MOROND, 2001**)

M.O.(%)	Caractérisation
0.5 < M.O. < 1	Très faible
1 < M.O. < 2	Faible
2 < M.O. < 3	Moyen
3 < M.O. < 5	Riche
5 < M.O.	Très riche

Annexe :8 Etude des corrélations entre le sol,la nappe et la flore dans les stations d'étude de Sebkaht Safioune

Dpc	dTg	dHS	fPC	fTg	fHS	RPC	RTg	RHS	Hs	pH	C.Es	R.ss	M.O	P.n.	pHn	C.En	R.sn	Nn	
																		1,0000	Nn
																	1,0000	0,8021	R.sn
																1,0000	0,0745	-0,1440	C.En
															1,0000	-0,3405	-0,2590	-0,2367	pHn
														1,0000	0,1165	0,4234	-0,5672	-0,6308	P.n.
													1,0000	-0,4124	-0,4624	0,2484	0,6659	0,8124	M.O
												1,0000	0,2987	-0,2177	0,0156	-0,0140	0,0619	0,2386	R.ss
											1,0000	0,1404	-0,1954	0,3750	0,1763	-0,0172	-0,4133	-0,3497	C.Es
									1,0000	0,0916	0,2275	-0,0703	0,3492	0,2826	0,6306	-0,0143	-0,3065		pH
								1,0000	-0,6289	-0,1925	0,3699	0,3655	-0,7741	-0,0982	-0,6676	0,3674	0,7064		Hs
							1,0000	-0,1578	0,0744	0,1864	0,1149	0,3467	-0,0281	-0,4439	0,5530	0,1100	0,0643		RHS
							1,0000	-0,0019	0,8177	-0,4560	-0,0224	0,5206	0,5460	-0,4543	-0,1508	-0,3482	0,2809	0,7479	RTg
						1,0000	0,4698	-0,2972	0,6609	-0,5808	-0,0079	0,2583	-0,0002	-0,3912	-0,0070	-0,7404	-0,0851	0,1920	RPC
					1,0000	-0,6144	-0,3198	0,6765	-0,5617	0,5165	0,1234	0,0819	0,1660	0,4202	-0,4514	0,8278	0,0306	-0,1817	fHS
				1,0000	-0,3250	0,1929	0,6755	-0,1923	0,6139	-0,4857	-0,3873	-0,0964	0,6208	-0,4583	-0,2139	-0,2987	0,5468	0,8331	fTg
			1,0000	0,3795	-0,8438	0,7483	0,3900	-0,5335	0,6827	-0,6857	-0,0295	-0,0366	-0,1803	-0,4190	0,3181	-0,9883	-0,0074	0,2241	fPC
		1,0000	-0,4737	-0,1295	0,6227	-0,2363	0,0888	0,9879	-0,0629	0,0488	0,1461	0,1715	0,3775	-0,1257	-0,4295	0,4970	0,1861	0,1526	dHS
	1,0000	-0,0693	0,3784	0,9722	-0,3183	0,2257	0,7232	-0,1508	0,6430	-0,4635	-0,3710	-0,0549	0,5949	-0,4711	-0,1830	-0,2943	0,5466	0,8581	dTg
1,0000	0,5694	-0,1709	0,7708	0,5403	-0,6343	0,8961	0,6486	-0,2630	0,8471	-0,6394	-0,1969	0,2273	0,3052	-0,6443	-0,0722	-0,7308	0,3128	0,5805	Dpc

□ très hautement Significative

□ □ hautement Significative

□ □ □ Significative

Annexe 09: liste des espèces d'oiseaux au Sebkhia Safioune Source (**BOUZID,2013**).

Espèces	Non scientifique
Flamant rose	<i>Phoenicopterus ruber roseus</i>
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>
Tadorne casarca	<i>Tadorna ferruginea</i>
Canard chipeau	<i>Anas strepera</i>
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>
Canard pilet	<i>Anas acuta</i>
Sarcelle d'été	<i>Anas querquedula</i>
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>
Sarcelle marbrée	<i>Marmaronetta angustirostris</i>
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>
Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>
Egretta garzetta	<i>Egretta garzetta</i>
Ibis falcinelle	<i>Plegadis falcinellus</i>
Grand Egrette	<i>Ardea alba</i>
Petit gravelot	<i>Charadrius dubius</i>
Gravelot à coll. Interr	<i>Charadrius alexandrinus</i>
Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>
Chevalier gambette	<i>Tringa tatanus</i>
Chevalier cul-blanc	<i>Tringa ochropus</i>
Chevalier arlequin	<i>Tringa erythropus</i>
Chevalier combattant	<i>Philomachus pugnax</i>
Bécassine minute	<i>Tringa minuta</i>
Bécassine variable	<i>Calidris alpina</i>
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>
Goélande leucopheé	<i>Larus michahellis</i>
Ganga tachetée	<i>Pterocles senegallus</i>
Crabier chéval	<i>Ardeola ralloides</i>
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>
Poule d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>

Foulque macroule	(Fulica atra
Goéland railleur	Chroicocephalus genei
Glaréole à collier	Glareola pratincta

Annexe 10: Quelques espèces d'oiseaux

Nous avons effectués nous même des sorties sur terrain et nous avons observés quelque oiseaux (**photo, 10**).



Résumé

Impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette d'Ouargla sur l'environnement de Sebkhaf Safioune

Notre travail a porté sur l'impact des rejets des eaux usées épurées de la cuvette d'Ouargla sur l'environnement de Sebkhaf Safioune.

Dans le cadre de la réalisation de ce travail, nous avons procédé à la caractérisation des eaux, à savoir : la qualité des eaux au niveau de Sebkhaf Safioune, la qualité des eaux phréatiques, l'analyse du sol, l'identification et la classification des espèces végétales.

Concernant les taux des éléments de pollution (DBO₅, DCO), cette recherche montre que les eaux épurées sont excessivement polluées, selon les normes L'OMS.

Les stations expérimentales choisies au niveau de la Sebkhaf présentent une nappe superficielle, très salée, alcaline, avec une présence de teneurs en nitrates qui varient entre 11,5 et 22,05 mg/l. Les sols sont très humides, surtout dans les stations où la nappe phréatique est proche de la surface du sol. Les sols sont salés à extrêmement salés, et faibles à moyennement riches en matière organique. Les types de végétation dominants sont principalement : *Phragmites communs*, *Tamarix gallica* et *Halocnemum strobilaceum*.

Mots-clés : Impact, rejets des eaux usées épurées, environnement, Sebkhaf Safioune.

. Summary

Impact of discharges of treated wastewater from the bowl Ouargla's on the environment Sebkhaf Safioune

Our work has focused on the impact of discharges of treated wastewater from the bowl on the environment Ouargla Sebkhaf Safioune.

In the context of the completion of this work, we performed the characterization of water, ie water quality at Sebkhaf Safioune, the quality of ground water, soil analysis, and identification and classification plant species.

On the rates of pollution elements (BOD₅, COD), this research shows that the purified water is extremely polluted, according to French standards.

experimental stations chosen at the Sabkha have a surface water, very salty, alkaline, with a presence of nitrate levels ranging from 11.5 to 22.05 mg / l. The soils are very wet, especially in stations where the water table is near the surface. The soils are highly salted, and low to medium rich in organic matter.

The dominant vegetation types are mainly: Common Phragmites, Tamarix gallica and Halocnemum strobilaceum.

Key Words : Impact, discharges of treated wastewater, environment, Sebkhaf Safioune.

ملخص

تأثير المياه الصرف المعالجة في حوض ورقلة علي البيئة في سبخة سفيون

وقد ركز عملنا على تأثير المياه صرف المستعملة المعالجة في حوض ورقلة علي البيئة في سبخة سفيون في سياق إنجاز هذا العمل، أجرينا وصف المياه، أي نوعية المياه على مستوى سبخة سفيون، نوعية المياه الجوفية، وتحليل التربة، وتحديد وتصنيف الأنواع النباتية. ويبين هذا البحث أن المياه المعالجة ملوثة للغاية، من خلال نتائج التحليل لعناصر التلوث وفقا لسلم المعايير المطبقة في الجزائر.

مواقع التجارب المختارة في السبخة لديها المياه السطحية، مالحة جدا، ذات طبيعة قلووية، مع وجود كمية نترات تتراوح

(11,5-22,05 ملغ / لتر). تتميز التربة بالرطوبة العالية، وخصوصا في المواقع حيث مستوي المياه بالقرب من السطح. ، وذات نسبة ضئيلة الى متوسطة من المواد العضوية.

أنواع النباتات السائدة هي أساسا: القصبية والأثل والقرنة
الكلمات الدالة: تأثير، المياه الصرف المعالجة، البيئة سبخة سفيون

Table de matière

Remerciements	
Dédicaces	
Introduction générale	02
Chapitre I. Eaux usées	
1. Définition	03
2. Types des eaux usées	03
2.1. Eaux usées domestiques	03
2.2. Eaux usées industrielles	03
2.3. Eaux agricoles	03
2.4. Eaux pluviales	03
3. Indicateurs de la pollution d'une eau	04
3.1. Les indicateurs physiques	04
3.1.1. Température	04
3.2. Indicateurs particuliers	04
3.2.1. Matières en suspension	04
3.2.2. Turbidité	04
3.3. Caractéristiques organoleptiques	05
3.3.1. Couleur et odeur	05
3.4. Indicateurs chimiques	05
3.4.1. Potentiel d'hydrogène	05
3.4.2. Conductivité électrique	05
3.5. Indicateurs organiques	05
3.5.1. Demande biologique en oxygène DBO	05
3.5.2. Demande chimique en oxygène DCO	06
3.5.3. Oxygène dissous	06
3.6. Indicateurs biologiques	06
3.7. Eléments toxiques	07
3.8. Nutriments (azote, phosphore)	08
4. Traitement des eaux usées	08
4.1. Etapes de traitement	08
4.1.1. Prétraitement	08
4.1.2. Dégrillage	08
4.1.3. Dessablage	08

4.1.4. Dégraissage-déshuilage	08
4.2. Traitement primaire	09
4.2.1. Décantation	09
4.2.2. Traitements secondaires	09
4.2.3. Traitement tertiaires	09
4.2.4. Réutilisation des eaux usées	09
4.2.4.1. Usage agricole	10
4.2.4. 2.Usage municipal	10
4.2.4.3. Usage industriel	10
5. Eaux de rejet dans la ville d'Ouargla	11
5.1. Evacuation des excédents hydriques urbains et agricoles	11
5.2. Rejet de Sebkhath Sefioune	12

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

1.Situation géographique	14
2. Climatologie	16
2.1. Les données météorologiques de la région de Ouargla	16
1.2.1.1. Température	16
2.1.2. Précipitation	16
2.1.3. Humidité relative de l'air	16
2.1.4. Evaporation	16
2.1.5. Vent	16
2.2. Synthèse des données climatiques	18
2.2.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	18
2.2.2. Climagramme d'Emberger	19
3. Géologie	20
4.1. Hamada Mio-Plio-quatrenaire	20
4.2. Glacis	20
4.3. Sebkhas	20
4.4. Dunes de sable	20
5. Hydrologie	21
5.1. Oueds de la vallée de Ouargla	22
5.2. Oued M'Zab	22
.3. Oued N'sa	22
5.4. Oued M'ya	23

6. Hydrogéologie	23
6.1. Présentation des nappes de la région	23
6.1.1. Nappe phréatique	24
6.1.2. Nappes du Complexe Terminal	24
6.1.3. Nappe du Mio-Pliocène	25
6.1.4. Nappe du Sénonien	25
6.1.5. Nappe du Continental Intercalaire	25
7.1. Sebkhass et chotts de la cuvette d'Ouargla	26

Chapitre III. Matériels d'étude

1. Présentation du site d'étude (zone humide de sebkhet Sefioune)	28
2. Choix des stations d'études	28
3. Matériels d'étude	30
3. 1. Etude des eaux	30
3.2. Etude du sol	30
3.3. Etude de la flore	30

Chapitre IV. Méthodes d'étude

1. Approches méthodologiques	31
1.1. Etude des eaux au niveau de Sebkhath Safioune	31
1. 2. Etude de la nappe phréatique	32
1.2.1. Etude du niveau de la nappe phréatique	32
1.2.2. Etude de la qualité des eaux phréatiques	32
1.3. Etude du sol	33
1.4. Méthodes d'étude de la flore	33
1.4.1. Etude du peuplement végétal	34
1.4.2. Méthode d'échantillonnage de la végétation	34
1. 5 . Méthode d'analyse	34
1.5 .1. Analyse des échantillons des eaux	34
1.5.2. Analyse des échantillons de sol	35
1.5.3. Méthodes d'étude de la végétation	35
1.5.3.1. Identification des espèces végétales	36

Chapitre V. Etude des eaux

1. Qualité des eaux de Sebkhath Safioune	38
--	----

1.1. pH des eaux	38
1. 2. Salinité des eaux	39
1.3.Faciès	39
1. 4. Nitrates des eaux	40
1 .5. Demande biochimique en oxygène des eaux usées traitées	41
1. 6. Demande chimique en oxygène des eaux usées traitées	41
1.7. Rapport DCO/DBO5	41
2. Etude de la nappe phréatique	41
2.1. Etude du niveau de la nappe phréatique	41
2. 2.Etude de la qualité des eaux phréatiques	43
2. 2.1.pH des eaux phréatiques	43
2.2.2. Salinité des eaux phréatiques	46
2.2.3. Nitrates des eaux phréatiques	46
Conclusion	47

Chapitre VI. Etude du sol

Analyses du sol	48
1. Humidité du sol	48
2. pH du sol	49
3. Salinité du sol	50
4. Taux de matière organique	52
Conclusion	54

Chapitre VII .Etude de la flore

1. Identification et classification des espèces	55
2. Etude du peuplement végétal	55
2.1. Densité des espèces végétales dans les stations d'études	59
2.2. Fréquence des espèces végétales dans les stations d'étude	60
2.3. Taux de recouvrement des espèces végétales dans les stations d'études	61
Conclusion générale	62
Références bibliographiques	
Annexes	