

**UNIVERSITE KASDI MERBAH -OUARGLA**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES**



Mémoire en vue de l'obtention d'un diplôme de

**MASTERA CADEMIQUE**

**Domaine** : Sciences de la nature et de la vie

**Filière** : Ecologie et environnement

**Spécialité** : Ecologie végétale et environnement

**Thème**

***Impact de la réutilisation agricole des eaux  
usées épurées sur quelques propriétés  
physicochimiques des eaux de la nappe  
phréatique de Ouargla***

**Présenté par:** M<sup>me</sup>Belguidoum Sarah

M<sup>lle</sup>Khiredine Hamida

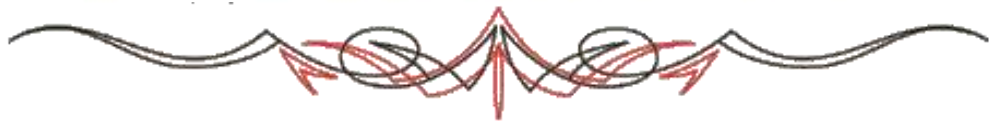
**Soutenu publiquement : le 25/06/2018**

Devant le jury :

Président	<b>Mr.IDDER Tahar</b>	Professeur	U.K.M. Ouargla
Encadreur	<b>Mr.DADDI BOUHOUN Mustapha</b>	Professeur	U.K.M. Ouargla
Co-Encadreur	<b>M<sup>lle</sup>. BOUHANNA Amal</b>	P.S.E.P.2	I.N.S.F.T.2 Ouargla
Examineur	<b>Mr. SAGGAI Med Mounir</b>	M.A.A	U.K.M. Ouargla

**Année Universitaire 2017/2018**

# *Dédicaces*





*Grace à Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce  
travail que je dédie :*

*A mes parents qui sont les plus chers dans ma vie  
et que je ne remercierai jamais assez, pour tout  
ce qu'ils m'ont fait avec sacrifices et avec patience*

*Que dieu les garde.*

*A mon marie qui m'a aidé beaucoup et à ma petite fille adorable.*

*A mes chers frères Yaçine et surtout Mahdi que je trouve toujours  
avec son aide et sa patience.*

*A ma grand-mère, ma tante et toute ma famille.*

*A ma belle famille.*

*A mon cher binôme et toutes mes chères amies.*

*A tous ceux que j'aime.*

*Et*

*A une Algérie stable et prospère.*

*Sarah*





*Grâce à dieu nous avons achevé ce modeste travail que je dédie aux premières personnes dans le monde, les plus chères et les plus aimées, mes parents:*

*À ma mère **FATIHA** qui matenu la main de puis mes première pas et qui continue toujours de me conseiller et de m'orienter.*

*À mon père **Abdelkader** pour sa tendresse depuis ma naissance, et durant mes études, qui est le meilleur exemple pour moi dans la vie.*

*À ma sœur **khawla***

*À mes sœurs : **ASSMA, OUM ELKHIR, LILA.***

*À me frères: **NABIL** et son épouse **LATIFA** et son filles **NISSA**, et a me ancle fillese **karim** et ancle **BELKASSEM** et **MR***

***LAOUINI .***

*À mes aimées : **BOUTOU .NAILA, .***

*À tous les enseignants surtout de l'université d'Ouargla et tous les étudiants*

*Enfin, je dédie ce mémoire à mes collègues de la promotion et à tous ceux qui connaissent, **JAHID***

***Hamida***



# **REMERCIEMENTS**





## *REMERCIEMENTS*

*Avant tout, nous remercions ALLAH de nous avoir donné le courage,  
la patience et la chance d'étudier et suivre, le chemin de la science*

*Notre sincères remerciements et nos profonde gratitude s'adressent à nos*

*Promoteur: DADDI BOUHOUN Mustapha*

*, pour avoir accepté de diriger ce travail.*

*Je tiens à remercier particulièrement Co-promotrice BOUHANNA Amel, qui m'a toujours  
encouragé, aidé pendant toute la période de l'expérimentation et pour ses précieux conseils.*

*Nous adressons aussi nos remerciements aux membres du jury :*

*IDDER Tahar et SAGGAI Mounir*

*Nous tenons également à exprimer nos remerciements à tous les personnes*

*De l'Université Kasdi Merbah -Ouargla*

*Et nous remercions tous nos amis pour leurs aides et leurs assistances*

*Nous tenons à remercier tous les enseignants de nos cursus universitaire,*

*qui ont contribué à nos formation*

*En fin, nous remercions toutes les personnes qui de près ou de loin ont  
contribué à*

*la réalisation de cette modeste étude*



*Liste des tableaux*

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>page</i>
<b>01</b>	Normes Algérienne de réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation.	11
<b>02</b>	Données climatiques de la région d'Ouargla (2007-2016).	14
<b>03</b>	Calendrier des prélèvements des eaux de la nappe phréatique.	24
<b>04</b>	Récapitulatif des analyses des eaux d'irrigation.	32
<b>05</b>	Niveau statique des eaux phréatique des piézomètres étudiées.	33
<b>06</b>	Qualité physico-chimique des eaux phréatiques.	34
<b>07</b>	Analyse physico-chimiques des indicateurs de pollution des eaux phréatiques	38

*Liste des figures*

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Situation géographiques de la région d'étude.	13
<b>02</b>	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région Ouargla.	16
<b>03</b>	Diagramme d'Emberger de la région Ouargla.	17
<b>04</b>	Localisation du périmètre agricole (BOUHANNA 2014).	21
<b>05</b>	Variation de la température des eaux phréatiques.	35
<b>06</b>	Variations moyennes du pH.	36
<b>07</b>	Variations moyennes par la conductivité électrique	38
<b>08</b>	Concentration de Chlore totale dans les eaux phréatiques.	39
<b>09</b>	Concentration de l'oxygène dissous dans les eaux analysées.	40
<b>10</b>	Concentration des nitrites dans les eaux phréatiques.	42
<b>11</b>	Concentrations des nitrates dans les eaux phréatiques.	43
<b>12</b>	Concentration de DBO5 et DCO dans les eaux phréatiques.	44
<b>13</b>	Concentration de $\text{PO}_4^{3-}$ dans les eaux phréatiques.	46



*Liste des photos*

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
<b>01</b>	Canal utilisé pour le pompage des eaux usées épurées	22
<b>02</b>	Système d'irrigation par submersion.	23
<b>03</b>	Echantillonnage des eaux.	25
<b>04</b>	Détermination de la conductivité électrique, de la salinité, de la température, Ph et d'Oxygène dissous.	27
<b>05</b>	Détermination de chlore totale, nitrite et nitrate.	28
<b>06</b>	Exploitation installée dans la zone d'étude.	30

*Liste des abréviations*

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**CI** : Continental Intercalaire

**CT** : Complexe Terminal

**DBO<sub>5</sub>** : Demande Biologique en Oxygène

**EC** : Eau conventionnel

**EF** : Eaux de forage

**EU** : Eaux usée

**EUE** : Eaux usée épurée

**EUT** : Eaux usée traitée

**GPI** : Grands périmètres d'irrigation

**MES** : Matière en suspension

**NOV** : Novembre

**OCT** : Octobre

**OFL** : L'objet File Search offre des possibilités

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**ONA** : Office National d'assainissement

**ONID** : Office national d'irrigation et de drainage

**ONM** : Office national de météorologie

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

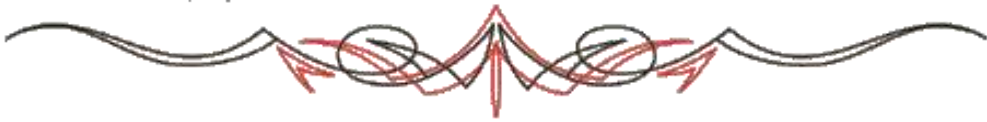
**PH** : Potentiel d'hydrogène

**REUE** : Réutilisation des eaux usée épurée

**SEPT** : Septembre

**STEP** : Station d'épuration des eaux usées

# *Introduction*



### **INTRODUCTION**

L'eau est indispensable à la vie de plusieurs façons: eau salubre pour boire, eau en quantité suffisante pour assurer une production alimentaire et industrielle. La demande d'eau augmente à un rythme soutenu et le développement de nouveaux systèmes d'approvisionnements engendre des coûts importants. En même temps, la pollution accrue des eaux accentue le déséquilibre entre l'offre et la demande d'où un contrôle des pollutions de l'eau est urgent. Il doit se faire sur la base de règles de protection de l'environnement relatives aux modes de production industriels et agricoles (MEDDI,2006).

Face à la demande croissante en ressources hydriques pour l'irrigation agricole, la réutilisation des eaux usées représente une belle alternative. Ces eaux, proviennent de nos usages domestiques, industriels, agricoles, elles nécessitent généralement d'être épurées avant leur réutilisation. Pour une solution irriguer, permettrait d'alléger la pression faite sur les ressources de surfaces et souterraines (I.R.S.T.E.A.,2014). Une part importante de la population mondiale dépend aussi des nappes phréatiques, réserves d'eau souterraines, pour vivre. Ces dernières sont moins connues, mais elles représenteraient plus de 90 % des ressources utilisables(IDDER, 2007).

Selon SLIMANI (2006), l'Algérie est confrontée à la rareté de l'eau due à l'insuffisance et à l'irrégularité des précipitations dans le temps et dans l'espace. Le climat chaud et sec qui sévit sur une grande partie du territoire réduit également les disponibilités de la ressource en eau. Pour remédier à cette rareté de l'eau, la recherche de toute ressource alternative dont la REUE s'avère une solution. Toutefois, la réutilisation des eaux épurées est très récente à Ouargla, suite à la mise en marche de la station d'épuration des eaux usées, qui rejette annuellement un volume de 750 million m<sup>3</sup> des eaux épurées vers l'exutoire. Selon (l'Office National d'Assainissement (2014), à l'échelle nationale la capacité de réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation agricole ont été portées de 45 millions m<sup>3</sup> en 2012 à presque 325 millions m<sup>3</sup> en 2014.

Nombreuses études à l'échelle nationale et internationale ont confirmé les effets positifs d'irrigation par les eaux usées traitées sur les sols et le végétal. Parallèlement, cette pratique peut également avoir des impacts défavorables sur les eaux à savoir la production d'une modification physico-chimique de l'eau de la nappe phréatique. Où effets et les impacts de celle-ci sur les eaux de la nappe phréatiques sont restés en phase d'étude.

À cet égard, le présente travail étudié l'effet de l'irrigation par EUE pratiquée dans un nouveau périmètre de mise en valeur dans la région de Ouargla sur la nappe phréatique. Pour l'achèvement de ce modeste prospection, plusieurs sorties en été fait sur le site d'étude.

Ce manuscrit est subdivisé en trois parties : la première partie, synthèse bibliographique comprend deux chapitres. Le premier chapitre pour l'eau d'irrigation agricole. Le deuxième chapitre est consacré, à la présentation de la région d'étude. La deuxième partie expliquera les matériels et les méthodes que nous avons utilisés. La troisième partie traite des résultats obtenus et des discussions dégagées des résultats analysés. Comme nous terminerons avec une conclusion générale.

# *Partie I*

## *Synthèse bibliographique*

A decorative flourish consisting of a central red and black geometric pattern with symmetrical, flowing lines extending outwards.

## **Chapitre I. Eaux d'irrigation agricole**

### **I.1. Eaux d'irrigation agricole**

En agriculture, l'eau est une ressource indispensable, et avec le problème d'augmentation des restrictions des volumes des eaux alloués à l'agriculture, La surface des terres irriguées du globe a été multipliée par 5 depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle (60% des terres irriguées de la planète.). L'irrigation est nécessaire pour répondre aux besoins des plantes. Face à la rareté de la ressource et à la montée en puissance de l'agriculture intensive, l'irrigation a perdu son image positive bien qu'elle produise près de 40% de l'alimentation mondiale sur moins de 20% des surfaces agricoles. Pourtant, les premiers effets du changement climatique se font déjà ressentir avec l'apparition d'épisodes de sécheresses plus durs et plus fréquents dans certaines régions du Monde (F.A.O.,2010).

### **I.2. Importance de l'irrigation agricole**

L'irrigation consomme environ 70% des ressources mondiales en eau. Dans le monde un des facteurs clef du développement et de la récupération de l'agriculture, des niveaux plus élevés de productivité. Cette innovation peut par la suite produire des effets économiques et sociaux très importants au niveau territorial (ELLOUMI et *al.*,2000).

Les pratiques d'irrigations de l'agriculture de conservation telles que les méthodes aratoires antiérosives ont démontré leur efficacité pour mieux préserver l'humidité du sol et l'eau récupérée peut contribuer à la reconstitution des stocks d'eaux souterraines et à la réduction de l'érosion du sol, elles constituent une protection de premier ordre contre les aléas du climat et la faible fiabilité de nombreux systèmes des sols dans les périmètres irrigués. Elles offrent également des avantages plus subtils (F.A.O., 2008). Au niveau de la qualité de l'eau, cette agriculture intensive a eu des conséquences importantes sur la pollution des eaux des nappes et des rivières avec de fortes concentrations en azote et en molécules issues des produits phytosanitaires (A.S.C.E.,1999).

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est essentielle pour le rendement et la quantité des récoltes, pour l'entretien de la productivité des sols, et pour la protection de l'environnement. Par exemple, les propriétés physiques et mécaniques du sol, en particulier sa

structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans les eaux d'irrigation(NGUYEN et *al.*,2010).

- **Potentialités des eaux en Algérie**

Les potentialités globales en eau en Algérie sont évaluées à 19,4 milliards de m<sup>3</sup>/an en 2009. Les ressources en eau souterraine contenues dans les nappes du Nord du pays (ressources renouvelables) sont estimées à près de 2 Milliards de m<sup>3</sup>/an. Les ressources superficielles y sont estimées à 12 milliards de m<sup>3</sup>/an. Le Sud du pays se caractérise par l'existence de ressources en eau souterraine considérables provenant des nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT). Les réserves d'eau y sont très importantes et sont de l'ordre de 60 000 milliards de m<sup>3</sup> dont 40 000 milliards sont situées (U.N.D.P.,2009).

### **I.3. Types des eaux d'irrigation**

L'eau est essentielle pour la croissance et le développement végétatif des cultures. Lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures. Actuellement, Il existe deux types des eaux d'irrigation pour la desserte en eau des cultures. Chaque type présente en même temps des avantages et des désavantages, qui doivent être pris en considération lors de la sélection du type qui s'adapte le mieux aux conditions locales(BROUWER.,1990).

#### **I.3.1.Eaux d'irrigation conventionnelle**

Les ressources en eau conventionnelles renouvelables compris eau de surface et eau souterraine dites «naturelles», retenues par les barrages et les lacs collinaires et les nappes d'eaux souterraines(phréatiques et profondes)(O.S.S.,2016).

Selon, L'AGENCE DE L'EAU RHONE MEDITERRANEE CORSE (2011), Il est possible de classer les nappes en trois catégories :

- **Nappe libre** : quand son niveau supérieur peut varier sans être contraint par un substrat supérieur de sol imperméable. Le forage d'un puits sur ce type de couche n'influencera pas la nappe phréatique, qui ne variera que pour d'autres raisons.



- **Nappe confinée** : l'eau sera sous pression et si un puits est foré, l'eau remonte à son niveau d'équilibre, qui sera celui où la pression de l'aquifère est égale à la pression atmosphérique. Si cet équilibre se produit au-dessus du niveau du sol, c'est un puits artésien.
- **Nappe captive** : nappe confinée, mais sans aucun contact avec l'extérieur et qui n'est pas rechargée depuis des temps très lointains, et qu'on appelle eau souterraine fossile.

### **I.3.1.1.Nappe phréatique**

Les eaux souterraines ont une double appartenance, elles font partie du cycle de l'eau et du sous-sol. Elles sont liées aux eaux de surfaces et s'interpénètrent continuellement dans l'espace et dans le temps à la faveur d'infiltration et de drainage (BAHIR et *al*, 2002).

Une nappe phréatique est une accumulation de l'eau dans le sol qui est d'une profondeur relativement faible sous le niveau pédologique de l'ordre de 0.5 à 1 mètres à faible profondeur, épuisables, remplissant complètement les interstices d'un terrain poreux et perméable appelé l'aquifère. Le niveau supérieur de cette nappe d'eau souterraine, atteint par l'eau, forme la surface libre qui est le niveau auquel se stabilise l'eau dans les puits atteignant la nappe qui sont soumises à des fluctuations climatiques (A.R.M.C., 2011).

Les zones arides et semi-arides de l'Algérie reposent sur des nappes phréatiques très minéralisées dont le niveau est proche de la surface du sol (0–1,5 m). D'après DJENNANE (1990), la nappe phréatique au Sahara se répartie :

- **Les nappes dans la Vallée de l'Oued Righ** : au nombre de trois. Les deux premières, dites nappes des sables, sont artésiennes (jaillissantes). Leur profondeur varie de 30 m à 200 m. Elles sont fortement salées à 7g/l). La troisième, dite nappe des calcaires, se trouve à une profondeur comprise entre 200 et 500 mètres.
- **La nappe phréatique de l'Oued Souf** : nappe est de faible profondeur et son exploitation est aisée.
- **La nappe de l'Oued M'Zab (nappe d'inféoflux)** : alimentée artificiellement par de petits ouvrages sur le lit de l'oued M'Zab, l'eau est canalisée vers des puits d'alimentation.
- **Les nappes du Hoggar** : alimentées par l'inféoflux des différents oueds.

**I.3.1.1.1.Sources de pollution des eaux phréatiques**

La qualité des eaux d'une nappe phréatique peut être dégradée par des pollutions de diverses origines : urbaine, agricole ou industrielle, ainsi que par la réalisation de travaux dans le sous-sol. Selon DENIER *et al.*, (2013) ; TROY,(2013), les sources de pollution de nappe phréatique sont agricoles et industrielles

- **Pollution agricole** : L'agriculture représente une double menace pour les nappes phréatiques, par entraînement des multiplications des pompages pour répondre à ses besoins en eau toujours grandissants, ou l'utilisation de nombreux engrais et pesticides que les eaux de pluie vont emmener dans les réservoirs souterrains ;
- **Pollution industrielle** : Bien que la pollution soit en grande partie d'origine agricole, elle provient aussi des industries. Les nappes phréatiques doivent en effet parfois supporter les fuites d'ordures industrielles, la contamination des sols, les retombées atmosphériques des fumées.
- **Enfouissement de substances polluantes** : une nappe phréatique peut aussi se dégrader par l'enfouissement de substances polluantes. Prévenir l'intensité de l'infiltration de ces substances dans les sols diminue la pollution de la nappe phréatique. La nature des terrains n'est pas toujours prise en compte lors de l'enfouissement de déchets, alors que c'est l'élément qui décidera de la pollution de la nappe phréatique.

**I.3.1.2. Nappe du Complexe Terminal (CT)**

Se localise dans le Sahara et s'étend sur une superficie de 350.000 Km<sup>2</sup> avec une profondeur oscillant entre 100 et 500 m. Les eaux de cet aquifère se caractérisent par une température peu élevée; l'eau est moins chargée en sels sur les bordures et relativement plus chargée au centre(O.S.S.,2002).

**I.3.1.3. Continental Intercalaire (CI)**

Ce réservoir a un volume considérable du à la fois à son extension sur tout le Sahara Septentrional (600.000 Km<sup>2</sup>) et à son épaisseur, qui peut atteindre 1000 mètres au Nord Ouest du Sahara. La nappe du Continental Intercalaire est un réservoir à eau douce ; la plus grande partie de l'eau de cette ressource a été remplie pendant les périodes pluvieuses du

quaternaire. D'après, la société de l'eau et de l'assainissement de Constantine., (2018), les eaux du Continental Intercalaire sont caractérisées par :

- Une température qui dépasse les 60°C sauf aux endroits où l'aquifère est proche de la surface du sol.
- Une charge en H<sub>2</sub>S et CO<sub>2</sub> qui lui donne un caractère corrosif.

La minéralisation de l'eau oscille entre 1 et 2g/l de résidu sec et peut atteindre les 5g/l(O.S.S.,2002).

### **I.3.2.Eaux d'irrigation (les eaux usées traitées)**

Les ressources en eau non conventionnelles ou les eaux usées traitées, c'est les eaux saumâtres dessalées et les eaux de recharge artificielle des nappes souterraines. En effet, l'exploitation et la réutilisation après traitement des eaux usées artificielles figure parmi les orientations de la stratégie mondiale de mobilisation des ressources en eaux pour faire face à la rareté de l'eau(BUECHLER et *al.*, 2003).

#### **I.3.2.1.Réutilisation des eaux**

Selon VALIRON et *al.*(1983) ; *in* BENZARIA, (2008), la réutilisation de l'eau est définie ainsi: «La réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques». Se pratique mondialement depuis des millénaires, consistant à réutiliser des eaux usées et des excréta (EU) ayant subi des traitements à des niveaux plus ou moins avancés, elle présente, lorsqu'elle est maîtrisée, de nombreux avantages socio-économiques, sanitaires et environnementaux. Dans les zones arides et semi-arides, où le manque d'eau est particulièrement pressant, la gestion des(EU) en tant que ressource peut être une véritable opportunité (JULIE,2013).

#### **I.3.2.2.Procédés d'épuration des eaux usées**

Au XIXe siècle, les premiers systèmes de traitement de ces eaux ont vu le jour, les premiers objectifs étaient alors sanitaires, hygiéniques et l'amélioration du confort. Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en trois catégories : les traitements primaires, secondaires et tertiaires. On peut également tenter une classification physique et biologique qui revient grossièrement à distinguer d'un côté les

traitements primaires et de l'autre les traitements secondaires et tertiaires(MOULIN et *al.*,2013).

Selon, le ministère de l'écologie du développement durable et l'énergie(2013), les eaux usées sont subit des traitements primaires, qui permet d'éliminer de l'eau les matières en suspension (déchets grossiers, sables...) et les huiles .Ce traitement comprend plusieurs opérations telles que le dégrillage, dessablage et déshuilage. Les traitements secondaires éliminent les matières en solution dans l'eau (matières organiques, substances minérales...), ces traitements sont deux types, biologiques appliqués aux matières organiques (biodégradables) et physico-chimiques appliqués aux matières non organiques (non biodégradables).

Les traitements tertiaires parfois décrits comme un traitement avancé, est généralement effectué après un traitement biologique suivi d'une étape de séparation « solide-liquide ». Le traitement tertiaire peut être de différente nature, tel que la déphosphatation, la désinfection, la réduction de l'azote ammoniacal ou encore la réduction de l'azote total(PALUTIKOF,2008).

### **I.3.2.3. Réutilisation des eaux épurées**

La réutilisation des eaux usées traitées est une forme de valorisation d'un potentiel en eau très important. Cette valorisation permet d'alléger le recours aux eaux conventionnelles et essentiellement les eaux souterraines très vulnérables. La création de périmètres irrigués par les EUT et la recharge des nappes surexploitées sont les principales options à adopter (MECHERI,2009).

#### **a. Définition des eaux épurées**

Les eaux usées épurées ou traitées (EUE, EUT) sont considérées aujourd'hui dans beaucoup pays comme une nouvelle ressource en eau importante, peuvent provenir soit des eaux usées urbaines, soit des eaux usées industrielles (S.Y.N.T.E.A.U.,2012).D'après F.A.O. (2003),L'eau usée traitée récoltée en aval des systèmes d'assainissement urbains représente une eau renouvelable non conventionnelle, qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture, au voisinage des centres urbains. Cependant, en raison de la nature variable de la composition de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques); sa réutilisation devrait être gérée soigneusement.

Au niveau mondial, la production de l'eau réutilisable atteint environ 20 millions de m<sup>3</sup>/jour en 2012. En Europe plusieurs pays ont développé de très importants projets de réutilisation des eaux usées traitées. Ainsi l'Espagne produisait près de 350 millions de m<sup>3</sup>/an, l'Italie près de 240 millions de m<sup>3</sup>/an en 2006 (E.U.W.I.,2007) (S.Y.N.T.E.A.U., 2012).

En Algérie, le volume des eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé à près de 750 millions de m<sup>3</sup> en 2013. Cette quantité sera dépassé 1,5 milliards de m<sup>3</sup> à l'horizon 2020. Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation et installation des stations d'épuration. La capacité totale installée après l'achèvement de ce programme en 2013 est de 925 millions de m<sup>3</sup>/an, c'est-à-dire l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité (KESSIRA,2013).

### **b. Impact sur les sols, végétale et nappe phréatique**

Les polluants émergents sont présents avec des concentrations variables dans les eaux usées municipales traitées, les effluents industriels et les eaux de ruissellement agricole qui s'infiltrent dans les fleuves, les lacs et les eaux côtières (UNESCO, 2011). Selon RAGHAV et *al.*, (2013), ces éléments détectés dans l'eau sont difficilement éliminer par les procédés classiques de traitement et purification des eaux usées. Les technologies avancées de traitement des eaux usées (filtration sur membrane, nanofiltration, ultrafiltration et osmose inverse) peuvent éliminer partiellement certaines substances chimiques et certains composés pharmaceutiquement actifs (GONZALEZ et *al.*, 2016). POONGOTHAI et *al.*, (2007), ont déclaré que les risques potentiels des polluants émergents sur la santé humaine en raison de l'exposition à travers l'eau et les produits agricoles demeurent un sujet de préoccupation que de nombreux produits chimiques reconnus comme polluants émergents peuvent potentiellement provoquer des perturbations endocriniennes chez l'être vivants et dans la faune terrestre, aquatique (provoquant des malformations congénitales et des troubles du développement, et affectant la fécondité et la santé reproductive), même à de très faibles concentrations. Parallèlement, ces composés entraînent la pollution des eaux de surface, du sol et des eaux souterraines.

D'après MOZAS et *al.*, (2013) et l'Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture (2017), ont déclaré que ces eaux pratiques incluant par principe susceptibles d'altérer les processus du cycle hydrologique, d'où découlent leurs impacts sur

les ressources en terre et dégradation des propriétés du sol par salinisation, contamination des ressources en eau souterraines des nappes phréatiques et des aquifères peu profonds.

**c. Normes de réutilisation des eaux usées épurées**

La réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. En Algérie, la stratégie nationale du développement durable se matérialise cette ressource particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions sociale, économique et environnementale (MRE, 2012). D'après, Journal Officiel de la République Algérienne(2014), le décret exécutif n° 34 de 20 juin 2011, fixe les modalités d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation agricole (ANNEXE.1).

**Tableau 1.** Normes Algérienne de réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation(Journal Officiel de la République Algérienne,2011)

Paramètres	Unité	Normes	
		OMS (1998)	JORA (2012)
pH		6,5 – 8,4	6,5 – 8,5
CE	ds/m	<0,7Aucune restriction 0,7 – 3,0 restriction légère à modérée >3,0Forte restriction	3
MES	mg/l	<30	30
DCO	mg O <sub>2</sub> /l	<40	90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<10	30
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50	30
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	<1	Non disponible
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	<2	Non disponible
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	<0,94	Non disponible
SAR	meq/l	<3 Aucune restriction 3-9restriction légère à modérée >9Forte restriction	Non disponible
Coliformes totaux	UFC/100ml	Non disponible	Non disponible
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000	Non disponible
Salmonelles	UFC / 1L	Absence	Non disponible

**I.5. Qualité des l'eau en général**

Les caractéristiques de qualité chimique et physique sont identiques pour n'importe quelle eau. À cet égard, l'équipe technique de l'Organisation et Gestion des Services d'eau en France (2009), a apprécié la qualité des eaux à travers des mesures de quelques paramètres

physico-chimiques notamment la T, CE, pH, Turbidité, les ions majeurs et les paramètres de pollution organique DBO<sub>5</sub> DCO.

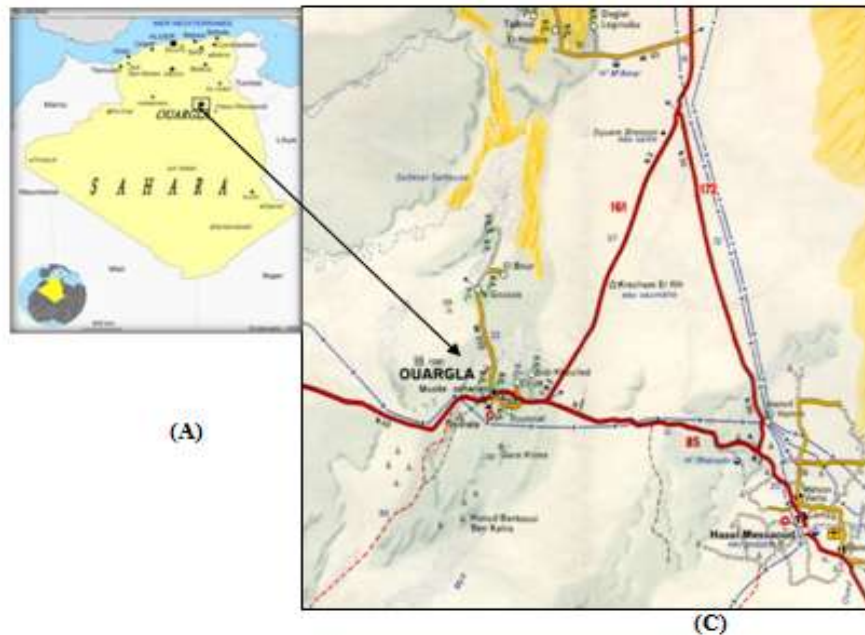
- **Température** : La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu.
- **Conductivité** : La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.
- **pH** : Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H<sup>+</sup> 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'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.
- **Turbidité** : La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre.
- **Ions majeurs** : La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, et les anions : chlorure, sulfate, nitrate et bicarbonate.
- **Autres éléments dissous** : comme le fer, fluor et l'aluminium.
- **Oxygène, DBO<sub>5</sub>, DCO** : L'ensemble de ces paramètres permet d'estimer la quantité de matière organique présente dans l'eau.

## Chapitre II. Présentation de la région d'étude

### II.1.Situation géographique

La wilaya d'Ouargla, large territoire de 162 628Km<sup>2</sup>, se positionne idéalement au centre de la région programme Sud-est du Sahara dont elle constitue l'un des plus importants maillons (ANDI., 2013). Ouargla est limitée:

- Au Nord, par les wilayas de Djelfa, Biskra et El Oued.
- Au Sud, par Illizi et Tamanrasset.
- A l'Est, par la Tunisie.
- A l'Ouest, par Ghardaïa.



**Figure 1.**Situation géographiques de la région d'étude(MEROUANI et *al.*,2013)

### II.2.Caractéristiques climatiques

Le climat de la région d'Ouargla est un climat particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en Eté et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air .Ces paramètres hydro -climatiques ont une grande importance pour toute étude hydrogéologique car ils ont une influence sur le comportement



hydraulique et surtout le bilan hydrique des aquifères (BELLAOUEUR,2008). L'étude du climat de la région d'Ouargla, a été faite sur une période de 10 ans (2007-2016), les paramètres utilisés pour cette étude proviennent des données recueillies auprès de l'Office National de la Météorologie (ONM) d'Ouargla.

**Tableau 2.**Données climatiques de la région d'Ouargla (2007-2016)

Mois	T (°C)			P(mm)	V (Km/h)	Etp (mm)	H (%)	I (h)
	Tmax	Tmin	Tm					
Janvier	4,7	20,5	12,6	10,55	56	91,8	59	248,2
Février	6,4	21,8	14,1	8,65	49	123,7	50	242,8
Mars	9,8	26,3	18,05	10,55	56	184	45	268,6
Avril	14,4	31,7	23,05	12,4	66	234,3	39	281,8
Mai	19,4	36	27,7	14,65	63	302,8	33	303,4
Juin	24,3	41,1	32,7	16,75	51	373,1	29	240,8
Juillet	27,5	44,1	35,8	18,1	58	429,8	25	323,9
Aout	27,2	43,2	35,2	17,9	53	392,3	29	335,2
Septembre	23,3	39,1	31,2	17,55	51	284	37	264,5
Octobre	16,9	32,9	24,9	14,5	47	212,6	44	264,1
Novembre	9,8	25,1	17,45	9,35	43	121,6	53	253,4
Décembre	5,6	20,1	12,85	8,5	42	86,3	60	229,6
Moyenne	15,76	31,8	23,78	159,45*	53	2836,3*	42	271,35

\*cumul / T° max : Température maximale/T° min : Température minimale/P : Précipitations

Hr : Humidité relative de l'air Vit moy V : Vitesse moyenne de vent

### II.2.1.Températures

La région d'Ouargla est caractérisée par des températures très élevées.La valeur dela température moyenne pour la période 2007– 2016 est de 23.8°C. Elle varie entre 4.7°C au mois de **janvier** (le mois le plus froid) et 44.1°C au mois de juillet (le mois le plus chaud). Les moyennes des maxima de mois le plus chaud et de 31.8°C et minimas de mois le plus froid et de 15.76°C.

### II.2.2.Précipitations

Le tableau montre que les précipitations sont très faibles et irrégulières, elles sont de l'ordre de 33.2 mm/an concentrées surtout entre le mois Décembre (4.2 mm) et Janvier (8.5

mm). Le mois de juillet montre une sécheresse totale. Le reste des mois sont secs avec des jours enregistrant des traces de précipitation. L'agriculture, de ce fait, ne peut pas se faire sans qu'il y ait apport supplémentaire en eau d'irrigation.

### **II.2.3.Vents**

Phénomène météorologique qui peut être localement un facteur écologique limitant dans certaines zones (RAMADE, 2008). Le vent est un phénomène continu au désert où il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce aux particules sableuses qu'il transporte, et en contrepartie une sédimentation également importante qui se traduit par la formation de dunes (OZANDA,1977).

Dans la région d'Ouargla, les vents sont fréquents durant toute l'année. Un régime de vent orienté de Nord-Ouest en hiver et Sud-Ouest en été, souvent violent. Les vents soufflent du Nord-Sud ou Nord-est /Sud-ouest. D'après le tableau ci-dessus, dans la période d'observation (2007-2016) la vitesse moyenne annuelle des vents est de 53 km/h.

### **II.2.4.Evaporation**

L'évaporation est un paramètre climatique important à connaître dans la mesure où elle permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère. : La région connaît une évaporation très intense renforcée par les vents chauds, elle est de l'ordre de cumule **2836,3** mm annuelle.

### **II.2.5. Humidité de l'air**

Le taux d'humidité relative est très faible, La moyenne annuelle est de **42%**. Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année, il atteint son maximum au mois de décembre avec un taux de **60%**, En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à **25%**. Le niveau d'humidité faible notamment en été contribue à augmenter le potentiel de l'évapotranspiration.

### **II.2.6.Insolation**

La région d'Ouargla est caractérisée par une forte insolation. L'insolation correspond à la durée d'éclairement du sol par le soleil. La durée moyenne d'insolation dans la cuvette d'Ouargla est de **271,35** h/mois, avec un maximum de **335,2** heures en août et un minimum de **229,6** heures en décembre.

## **II.3. Synthèse Climatique**

### II.3.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Les diagrammes ombrothermique permettent de comparer mois par mois la température et la pluviosité, les ordonnées doit être graduée de telle sorte que  $P=2T$  de l'année est considérée comme seiche lors que la pluviosité exprimée en mm est inférieure au double de la température exprimée en degrés Celsius (DAJOZ, 2006 ; CHARRE, 1997).

La moyenne des précipitations annuelles mesurée en (mm) est égale à 58,1mm. La valeur de température moyenne est de 35,8C°. De ce fait et a partir de Diagramme ombrothermique on peut dire que la région d'étude est caractérisée par une période sèche surtout l'année.

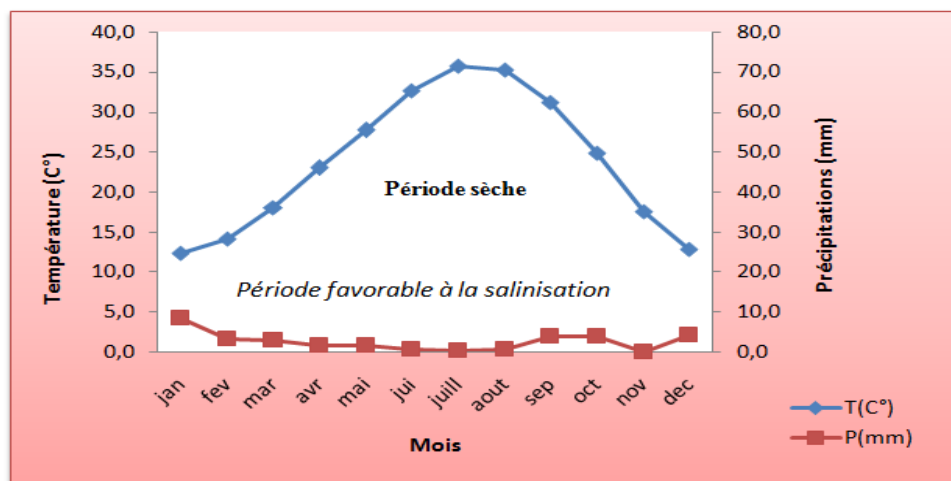


Figure 2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région Ouargla

### II.3.2. Climagramme d'Emberger

Le Diagramme définir les intervalles climatiques suivant :

- Pour  $0 < I < 5$  : climat désertique aréique.
- Pour  $5 < I < 20$  : climat très sec à sec.
- Pour  $I$  plus de 30 : climat humide.

Ouargla est située dans une zone appartenant à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux. Son climat est caractérisé par une aridité nettement exprimée par un Indice d'aridité de Martonne ( $I_m$ ) = 1.2 et une sécheresse quasi permanente (de Martonne, 192).

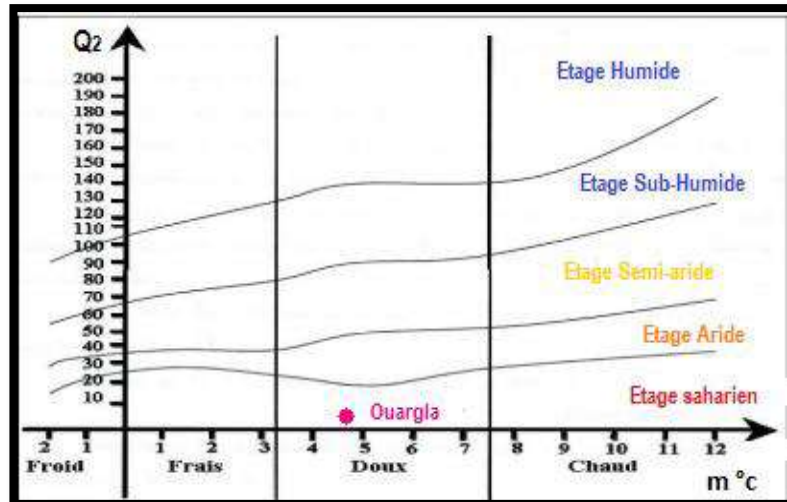


Figure 3. Diagramme d'Emberger de la région Ouargla

#### II.4. Contextes géographique et hydro-stratigraphiques

Les formations géologiques de la région de Ouargla repose sur un énorme réservoir d'eaux souterraines, il s'agit du système aquifère du Sahara septentrional qui renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés communément : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) (MENAD et *al*, 2014). La première est contenue dans les sables du Mio-Pliocène, tandis que la seconde se trouve dans le Sénonien supérieur et l'Éocène inférieur (Sénonien pour Ouargla principalement) (IDDER, 2007).

Selon BELLAOUEUR (2008), la nappe phréatique est contenue dans les formations perméables sablo-gypseuses du Quaternaire. En plus des logs des piézomètres effectués par l'ENAGEO, ont permis de relever la présence de trois classes de profils géologiques :

- **Classe A** : C'est la classe la plus répandue, elle représente  $\approx 75$  % des terrains. On distingue : une première couche dont l'épaisseur varie de 1 à 2 m, constituée de sable fin à moyen légèrement gypseux avec une consistance de moyenne compacité. Une deuxième couche constituée de sable argileux compacté, dont l'épaisseur varie entre 5 et 15 m.
- **Classe B** : elle caractérise les chotts et les sebkhas où on distingue : des encroûtements gypseux très salés dont l'épaisseur varie de 1 à 2 m; des sables limoneux avec un passage tuffeux.

- **Classe C** : Elle caractérise les versants de la cuvette et le plateau Mio-Pliocène. On distingue : un matériau détritique constitué de grès consolidé (glacis) et de sable limoneux pauvre en gypse dont l'épaisseur est supérieure de 10 m, du sable grossier compacté.

#### II.4.1. Hydrogéologie de la région

Les zones arides du Sahara septentrional sont connues par leurs caractères d'hydromorphie et d'halomorphie. Elles ont toujours eu auprès de la communauté scientifique une réputation de difficulté pour l'usage agricole (IDDER et *al*, 2016). Les ressources hydriques dont dispose Ouargla appartiennent à trois aquifères : la nappe phréatique datant du quaternaire et deux aquifères fossiles : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. Cette dernière, très salée (Nesson, 1978; Castany, 1982 ; Nezli *et al.*, 2007). Les prélèvements sont passés de 600 Hm<sup>3</sup>/an en 1970 à plus que 2000 Hm<sup>3</sup>/an en 2015 (BOUSELSAL, 2017).

La nappe phréatique est peu épaisse de 0.5 à 2 m. Les parties hautes de cette nappe sont situées au sud et sous la ville de Ouargla, les parties basses de la nappe phréatique sont situées au nord vers Sebket Safioune (MECHERI ,2009). L'alimentation de la nappe se fait essentiellement par les eaux de pluies torrentielles et par les eaux de la nappe profnode (Albien) de certains forages destinés pour l'irrigation et l'alimentaion en eau potable (BENSAHA et *al.*, 2008).

La nappe du Mio-Pliocène repose sur un épais niveau imperméable, étanche, qui occupe tout le fond de la vallée de Ouargla et l'isole des nappes artésiennes sous jacentes (MECHERI ,2009).

#### II.5. Sources d'alimentation des aquifères

Trois grands ensembles de formations aquifères souterraines bien connus grandes nappes sont présentes dans la région d'Ouargla :(une nappe très profonde dite du Continental Intercalaire (CI), une autre intermédiaire dite du Complexe Terminal (CT) et, une nappe phréatique (NP)(MESSEKHER *et al*, 2010). Ces formations sont faiblement alimentées, environ 1 Milliard m<sup>3</sup>/an au total, infiltrés essentiellement aux piedmonts de l'Atlas Saharien en Algérie, ainsi que sur le Dahar et le Dj. Nefoussa en Tunisie et Libye. Cependant, l'extension du système et l'épaisseur des couches ont favorisé l'accumulation de réserves considérables (DJENNANE, 1990).

## **II.6. Remontée des eaux phréatiques**

La région de Ouargla a connu un grave problème d'excédent hydrique, cette remontée est le résultat de la mauvaise gestion de l'eau dans un système hydraulique dépourvu d'un réseau d'évacuation efficace (JIDIL, 2008), causé d'une part, par les rejets des eaux résiduaires urbaines et d'autre part, par le rejet des eaux de drainage agricole qui ont augmenté le niveau piézométrique de la nappe phréatique (OUNOKI, 2014).

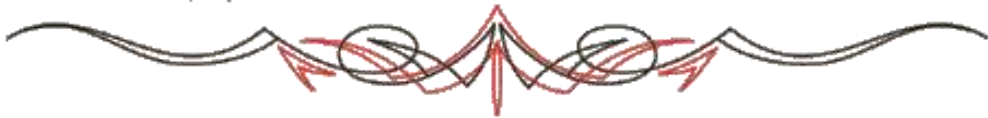
Pour face à cette ancienne situation, les pouvoirs publics ont décidé d'installer des projets d'épurations et d'évacuation des eaux usées urbaines dans la région. Parmi les stations réalisées, la station d'épurations des eaux usées par lagunage aéré dans la zone de Said Otba à Ouargla.

Selon BOUHANNA (2014), la station d'épuration des eaux usées d'Ouargla, se constitue de 08 bassins devisés en 03 niveaux avec 11 lits de séchage. Elle fonctionne selon le principe du lagunage aéré. Ou une capacité de 400.000 équivalent /habitant, elle est dimensionnée pour un débit moyen de 57000 l/ jour et traite un débit de 15 000 l/s. les principales parties de cette station sont (OUNOKI., 2014):

- Un bassin de dégazage.
- Deux dégrilleurs automatiques.
- Un dessableur.
- Un ouvrage de répartition.
- Des bassins de lagunage aéré divisés en 3 étages (4 bassins dans le 1<sup>er</sup> étage dont 2 sont fonctionnels (A3 et A4), 2 bassins dans le 2<sup>ème</sup> étage dont un bassin est fonctionnel (B2), 2 bassin est fonctionnel (sortie de la STEP).
- Des lits de séchage des boues.

## *Partie II*

# *Matériels et méthodes*



L'objectif fixé au départ de ce travail consiste à évaluer l'impact de la réutilisation agricole des eaux usées épurées sur la qualité physicochimique des eaux de la nappe phréatique. Pour cela, nous avons adopté l'approche méthodologique précisée ci-dessous.

## I.1. Présentation de la zone d'étude

### I.1.1 Situation géographique

L'aire d'étude se situe au nord de la station d'épuration d'Ouargla (Figure 3), le périmètre s'étalant sur une superficie de quelques dizaines d'hectares, où un projet pilote en cours dans la région de Said Otba est conseillé par l'Office National d'assainissement (ONA), porter également sur l'optimisation de la valorisation des eaux traitées, constituent un potentiel énorme notamment pour une réutilisation en agriculture, le périmètre de mise en valeur ciblé où une section de celle-ci irriguée par les eaux usées épurées pompée directement du canal de transfert STEP-Sebkhet Sefioune (Photo 1), et d'autres exploitations irriguées par les eaux de forage. Les exploitations ont été menées sur des palmiers adultes de variété (Daglat Nour et Gharss), connue pour son attractivité sur le marché. L'âge des palmiers est de 3 à 8 ans au moment de l'expérimentation, avec une densité moyenne de 80 palmiers par hectare, soit un écartement entre arbres et entre lignes de  $8 \times 10$  m. La présente expérience a été menée sur des plusieurs points dans des différentes exploitations.

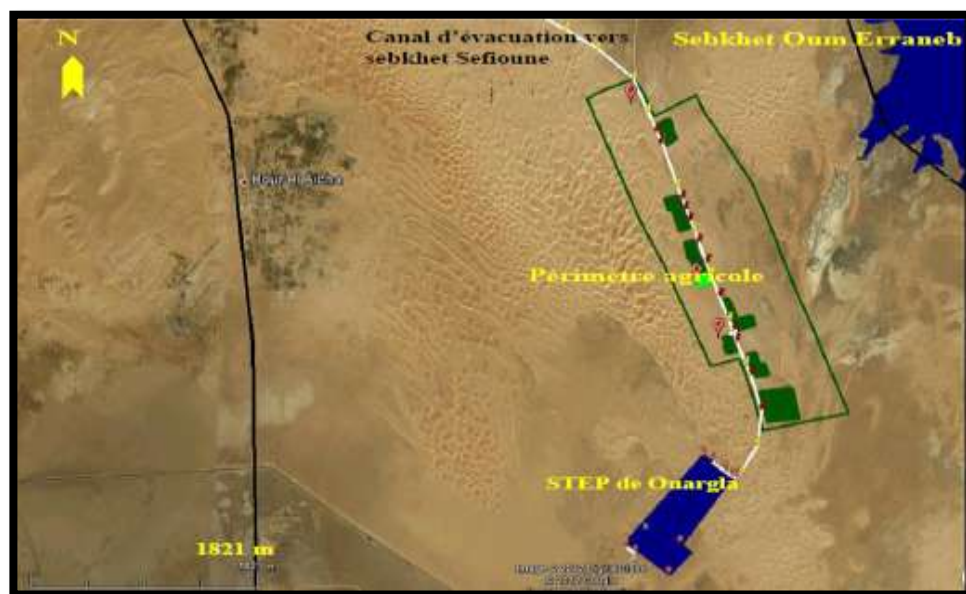


Figure 4. Localisation du périmètre agricole (BOUHANNA 2014)





**Photo 1.** Canal utilisé pour le pompage des eaux usées épurées

### **I.1.2. Caractéristiques édaphiques de la zone d'étude**

Les sols sahariens sont connus par leurs structures particulières et leurs pauvretés en termes des éléments fertilisantes, ce qui implique l'utilisation des apports organiques et minéraux. Selon BOUHANNA (2014), le type de fertilisation organique est dominant dans les périmètres enquêtés où la quantité apportée diffère d'une exploitation à une autre. Pour la pratique des amendements.

### **I.1.3. Caractéristiques des systèmes d'irrigation**

Les techniques d'irrigation agricole sont des méthodes pour apporter de l'eau aux cultures et sont classifiées en irrigation de surface, dans notre site d'étude, la majorité des agriculteurs adoptent le système submersion (90% des sites d'étude), 10% utilise l'irrigation localisé où goutte à goutte.



**Photo 2.** Système d'irrigation par submersion

**I.1.4 Raisons de choix de la zone d'étude**

Nous avons choisi ce site pour la réalisation de cette étude selon leurs critères souhaités répond aux objectifs de cette recherche, notamment la présence de la pratique de réutilisation agricole des eaux épurées (cultures irriguées par les eaux épurées), ainsi que la présence des piézomètres déjà installés dans la zone pour le suivi des eaux phréatique.

**I.1.5. Approche méthodologique**

Notre approche méthodologique consiste à étudier l'impact de la réutilisation agricole des eaux usées épurées sur la qualité physicochimique des eaux de la nappe phréatique à Ouargla, dans le nouveau périmètre de mise en valeur situés au nord de la station d'épuration. Cette approche est s'articule autour de plusieurs grandes étapes à savoir:

- 1- Choix de la zone d'étude : cette étude est réalisée dans le nouveau périmètre de mise en valeur situés au nord de la station d'épuration(Figure 3).
- 2- Choix des sites d'étude : quinze stations retenues pour cette étude dans la zone d'étude.
- 3- Echantillonnage et prélèvements des eaux phréatiques.
- 4- Caractérisation de qualité des eaux à travers des analyses au niveau de laboratoire.

**I.2. Choix des sites expérimentaux**

Notre étude est menu sur une section composé de quinze exploitations, dont six stations irriguées par les eaux épurées, trois irriguées par les eaux conventionnelles, cinq stations non irriguées et une station irriguée par l'eau de forage (on l'a considérée comme témoin), afin d'identifier et déterminer la qualité des eaux phréatiques dans ce site.

**I.3. Echantillonnage****A. Matériel de prélèvement**

Selon RODIER, (2005), le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.)

Les prélèvements de l'eau de la nappe sont réalisés de façon manuelle par un récipient adapté à l'ouverture des piézomètres et attaché à une tringle métallique. Les eaux prélevées

sont mis dans des bouteilles en polyéthylène, revêtues avec du ruban adhésif noir pour empêcher toute détérioration des caractéristiques des eaux en présence de lumière (photo 3), identifiés, et accompagnés d'informations concernant la nature de l'échantillon. Les échantillons sont transférés dans une glacière depuis le positionnement jusqu'à l'arrivée au laboratoire. Le prélèvement nécessite aussi un stylo et un cahier pour noter les informations.

#### b. Considérations saisonnières :

Les protocoles d'échantillonnage prévoient souvent des mois hivernales (ou la remontée des eaux phréatiques aurait lieu) par année et idéalement tiennent compte des variations saisonnières et des conditions hydrogéologiques : nappe en conditions de recharge et au contraire, en périodes des basses eaux.

Nous avons pris pour l'opération d'échantillonnage d'eau, quinze stations. Le choix est porté où les piézomètres installées. Le prélèvement a duré 3 mois entre le 16.12.2017/19.02.2018 et le 25.02.2018 Nous avons réalisé 15 prélèvements d'échantillons. Chaque prélèvement représente un piézomètre (Photo3). Sauf pour quelques paramètres (BBO<sub>5</sub>, DCO, l'ortho- phosphate) nous avons réalisé 10 prélèvements adoptant à nos moyens disponibles.

**Tableau 3.** Calendrier des prélèvements des eaux de la nappe phréatique.

Prélèvements	Dates	Prélèvements effectués	Paramètres
1 <sup>ier</sup> prélèvement	16.12.2017	<b>15 échantillons</b>	pH, CE, température, Oxygène dissous, salinité, Chlore total, Nitrates, Nitrite
2 <sup>ème</sup> prélèvement	19.02.2018	<b>6 échantillons</b>	BBO <sub>5</sub> , DCO, l'ortho- phosphate
3 <sup>ème</sup> prélèvement	25.02.2018	<b>4 échantillons</b>	BBO <sub>5</sub> , DCO, l'ortho- phosphate



**Photo3.**Echantillonnage des eaux

## **II. Méthode des analyses des eaux**

### **II.1. Analyses d'ordre physico-chimique**

L'analyse physico-chimique identifiera la concentration des minéraux dissous dans notre eau. L'identification suit une méthode scientifique en laboratoire, à partir d'un échantillon de notre eau.

Les analyses des eaux des nappes phréatiques sont effectuées par différents méthodes selon les paramètres à étudier, ils sont effectués au niveau de deux laboratoires, à savoir le laboratoire de la station d'épuration des eaux usées d'Ouargla (ONA), et laboratoire privé CHIHABI(El oued).

Les méthodes utilisées dans les analyses des eaux et afin de répondre à une série de besoin d'informations bien définies :

**II.1.1. pH:** Selon (RODIER et COLL, 2005), (RODIER et *al*, 2009), (CREPA, 2007), le pH (potentiel hydrogène) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Le pH de l'eau pure à 25°C, qui est égal à 7, a été choisi comme valeur de référence d'un milieu neutre. Sur le terrain, à chaque échantillonnage, nous avons effectué une estimation rapide de pH à l'aide d'un pH mètre manuelle (340i).

**II.1.2. CE :**La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle varie en fonction de la présence d'ions, de leur concentration en sels solubles par l'intermédiaire de la contribution de toutes les espèces ioniques présentes. La « salinité » est définie comme la quantité de sels minéraux qui se trouvent dissous dans la solution du sol. Plus la teneur en sels d'une solution est élevée, plus le courant électrique passe facilement, et donc plus la conductivité est élevée.

**II.1.3.Température :** La température d'une eau souterraine est celle du lieu où elle s'est infiltrée elle augmente de 1° C par 30 mètres lorsque le gradient géothermique est normal (OUALI, 2006). Elle se détermine par les réfractomètres optiques.

**II.1.4.Oxygène dissous:** Les teneurs en oxygène dissous dans l'eau sont la résultante de flux de production (diffusion de l'oxygène atmosphérique, photosynthèse) et de flux de consommation (respiration, dégradation de matières organiques), s'effectue généralement directement dans l'eau au moyen d'un (oxymètre 340i), qui permet la création d'un léger courant d'eau à l'interface de la membrane semi-perméable de la sonde. Cette circulation d'eau permet d'obtenir un équilibre entre le soluté électrolytique de la sonde et l'eau (WAGENER et *al*, 2016).

**II.1.5.Salinité :** c'est la concentration totale des sels qui sont en solution dans l'eau. La salinité peut se mesurer en nombre de grammes de sel par litre. Nous avons effectué une estimation rapide de salinité selon la méthode directe avec les réfractomètres optiques.



**Photo4.**Détermination de la conductivité électrique, de la salinité, de la température, pH et d'Oxygène dissous

## **II.2. Analyses des paramètres de pollution**

**II.2.1.Chlore total :**Adaptation de la méthode « EPA DPD méthode 330.5. » La réaction entre le chlore et le réactif provoque une coloration rose de l'échantillon. La méthode a été réalisée par les étapes concernées (voir Annexes 2).

**II.2.2.Nitrates :** Adaptation de la méthode de réduction du cadmium. La réaction entre les nitrates et le réactif provoque une coloration ambre de l'échantillon. La méthode a été réalisée par les étapes concernées (voir Annexes 3).

**II.3.3. Nitrite :** Adaptation de la méthode EPA Diazotization. La réaction entre les nitrites et les réactifs provoque une coloration violette de l'échantillon. La méthode a été réalisée par les étapes concernées (voir Annexes 4).

**Nb :** la première fois on a obtenu un résultat qui est hors limite ce qui oblige une dilution de 12 fois.



**Photo 5.**Détermination de chlore totale, nitrite et nitrate

**II.3.4.DCO :** La DCO correspond à la quantité de dioxygène nécessaire pour oxyder les matières oxydables dans certaines conditions(CENTRE RÉGIONAL POUR L'EAU ETL' ASSAINISSEMENT,2007),par le dichromate de potassium en milieu acide et en présence de catalyseurs. Un agent masquant permet d'éviter l'interférence éventuelle des chlorures.la méthodes manométriques permettent de suivre l'évolution, en récipient fermé et en fonction du temps, la disparition d'oxygène dans l'atmosphère selon la méthode manométrique basée sur le principe du respiromètre de WARBURG voir (ANNEXE 5).

**II.3.5.DBO<sub>5</sub> :**Indique la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques, il s'effectue selon le principe de la méthode manométrique. Une quantité d'eau est versée dans une bouteille reliée à un transducteur de pression. L'oxydation des matières organiques provoque la formation de CO<sub>2</sub> qui sera piégé par une solution de KOH. Ainsi, il se développe une dépression dans la bouteille. Et en présence d'inhibiteur, cette dépression est mesurée toutes les 24 heures, pendant 5 jours.

**II.3.6.l'ortho- phosphate :** Se détermine par La méthode repose sur la réaction de l'ortho-phosphate avec le molybdate, en présence d'antimoine, pour former le complexe

phosphomolybdique, qui est ensuite réduit par l'acide ascorbique pour former un composé bleu. L'analyse colorimétrique est réalisée à une longueur d'onde de 820 nm à l'aide d'un auto analyseur en flux continu.

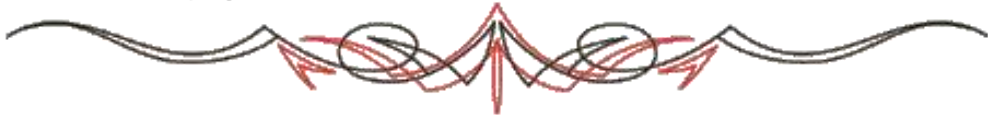
**NB** :l'interférence provoquée par « l'effet de sel ». La présence de sel peut avoir un effet de modification des conditions de réaction, et/ou modifier les caractéristiques d'adsorption du composé analysé ou de son produit de réaction sur les parois du circuit analytique pour cela on fait des dilutions de 13 fois aux échantillons des eaux étudiées.



*Partie III*

*RISSULTATS ET*

*DISCUSSION*



Ce chapitre traite les résultats obtenus à partir des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique qui a permis de détecter une évolution par une variation des concentrations de tous les éléments (physique et chimique). Deux types des eaux sont étudiés ; les eaux usées épurées et les eaux conventionnelles. Nos résultats des analyses des eaux indiquent l'existence des variations notables et importantes du point de vue composition physico-chimique entre les deux catégories d'eaux.

## **I. Caractérisation du milieu physique**

Ce point présente la morphologie édaphique et culturale du périmètre agricole ciblé.

### **1.1. Description morphologique**

Dans cette zone, les systèmes de production phoenicicole et fourragère, sont les plus dominants suivant nombreux raisons dont les principaux sont l'adaptabilité de ces cultures à la nature du sol sablonneux et les eaux salées ainsi que les directives verbales de l'Office National d'Assainissement (ONA) aux exploitants dans la zone d'étude. Ces types de cultures apparaissent les plus adaptés pour une initiative de réutilisation des eaux usées épurées. (BOUHANNA, 2014).



**Photo 6.** Exploitation installée dans la zone d'étude

### **I.2. Superficies cultivées par hectare**

Les superficies des exploitations étudiées dans le périmètre ciblé, sont variées entre 2 et 4 ha pour les exploitations cultivées et entre 1 et 2 ha pour les exploitations non irriguées.

## II. Caractérisation de la qualité des eaux d'irrigation

Dans notre zone d'étude, deux types des eaux d'irrigation sont exploités : eaux épurées et eaux de puits.

D'après BROUWER (1990), La qualité de l'eau dépend de facteurs naturels déterminants (sol, sous-sol, etc.) et d'activités humaines (agricole, industrielle et domestique) produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques.

Concernant les doses et les fréquences des arrosages dans le périmètre agricole sont approximatives et variable avec les saisons. L'irrigation est anarchique, suit l'appréciation des agriculteurs. Les fréquences en submersion sont variables de 1 à 3 fois irrigations par semaine en hiver de 4 à 7 fois en été (BOUHANNA et al, 2015).

Le tableau n° 4 résume les principales caractéristiques des eaux d'irrigation, eau usée épurée et eaux de forage issu de la nappe Mio-Peliosen. D'après les études réalisés dans notre zone d'étude (BOUHANNA, 2014 ; O.N.A., 2017), ces eaux exploités sont excessivement salin, moyennement alcalin. Les eaux épurées sont riches en nitrates et phosphore totale qui peuvent affecter la nappe phréatique peu profonde, notamment en azote minérale trop mobile. Le faciès chimique des eaux est chloruré sodique. L'analyse des caractéristiques physico-chimiques des eaux d'irrigation indique que sa qualité est médiocre appartient au classe d'alcalinité et de salinité C5/S2.

**Tableau 4.** Récapitulatif des caractéristiques physico-chimiques des eaux d'irrigation (BOUHANNA, 2014 ; ONA, 2017)

Caractéristiques des eaux d'irrigation (EC)		Caractéristiques des eaux d'irrigation (EUE) en périodes (sept-oct-nov-2017)	
Paramètre	moyenne	paramètre	moyenne
pH	7,52	pH	7,86
CE. à 25 C° (dS/m)	5,53	CE(ms/cm)	8476.66
Résidu sec (mg/l)	2752	Salinité (g/l)	5.4
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mq/l)	0,01	Phosphore totale (P-PO <sub>4</sub> ) (mg/l)	41.06
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mq/l)	0,13	Azote totale (NT) (mg/l).	62.8
TH (°F)	107,70	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	21.66
Na <sup>+</sup> (mq/l)	21,92	T(C°)	24.26
K <sup>+</sup> (mq/l)	0,83	Nitrate N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.04
Σ des cations	52,16	Azote totale (NT)	62.8

		(mg/l).	
Faciès des cations	Na	Ammonium (mg/l)	43,33
Cl- (mq/l)	24,07		
SO4-- (mq/l)	17,62	Oxygène dissous (mg/l)	4.94
HCO3- (mq/l)	3,20	DCO (mg/l)	81.77
Σ des anions	45,04	/	/
Faciès des anions	Cl	/	/
S.A.R.	5,72	/	/
Mg2+/Na+	0,86	/	/
SO42-/Cl-	0,73	/	/
Classe d'alcalinité (S) et de salinité	C5/S2	/	/

### III. Caractérisation de la qualité des eaux phréatiques

#### III.1. Niveau statique de la nappe phréatique

Le tableau n° 5 récapitule le niveau statique mesuré de la nappe phréatique au niveau des stations étudiées.

**Tableau 5.** Niveau statique des eaux phréatique des piézomètres étudiées.

Station	Piézomètre	Profondeur (NS)	Type d'irrigation
Cultivée	p1	70cm	EC
Cultivée	p2	110cm	EUE
Non cultivée	p3	90cm	/
Cultivée	p4	90cm	EUE
Cultivée	p5	90cm	EUE
Cultivée	p6	50cm	EUE
Non cultivée	p7	60cm	/
Non cultivée	p8	100cm	/
Cultivée	p9	150cm	EUE
Cultivée	p10	130cm	EUE
Cultivée	p11	200cm	EC
Cultivée	p12	190cm	EC
abandonnée	p13	100cm	/
abandonnée	p14	110cm	/
Eau de forage	P15	/	EC

#### III.2. Variation de niveau statique des eaux phréatiques

GARDNER et FIREMAN, (1958), in EL FERGOUGUI, (2017), ont déterminés, au laboratoire, les pertes par évaporation des nappes phréatiques. Ils ont trouvés que les valeurs expérimentales correspondent aux valeurs déterminées théoriquement à partir de l'équation de l'écoulement régulier de l'eau non saturée. Ils ont déterminé l'évaporation d'une nappe d'eau

d'après le potentiel d'évaporation résultant des conditions externes, ou d'après la vitesse maximale de la remonté de l'eau dans le sol, selon que l'un ou l'autre facteur est limitatif. Il existe des rapports non linéaires entre l'évaporation et la profondeur de la nappe dans des sols très différents. Les relations quantitatives entre la vitesse d'évaporation et les propriétés hydrauliques du sol et la profondeur de la nappe phréatique sont exprimées sous forme de fonctions de régression GARDNER et FIREMAN (1958).

L'écoulement se fait du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Cette eau est plus ou moins chargée, la salinité relativement élevée, Ce qui peut être expliqué par deux phénomènes l'un est naturel liée à la concentration des minéraux salins (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) dans les exutoires naturels et qui suit le sens de l'écoulement de la nappe tel que confirmés par les travaux antérieurs, l'autre est anthropique (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) lié aux eaux usées (urbaines et agricoles) qui terminent dans les sebkhas et les chotts .KHADRAOUI, 2006 in BUOHANNA, (2014) ; SLIMANI,(2015).

### III.3. Caractérisation physico-chimiques des eaux phréatiques

L'étude physico-chimiques des eaux phréatiques dans la zone d'étude a été effectuée sur un certain nombre de paramètres habituellement utilisés pour l'estimation de la qualité de ces eaux, incluant : la température, le pH, la conductivité électrique, la salinité, chlore total, l'oxygène dissous, forme azotée (nitrate /nitrite), la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), la demande chimique en oxygène DCO et l'ortho-phosphate PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux phréatique, utilisées dans le cadre de cette expérimentation sont synthétisés dans les tableaux 4 et 5.

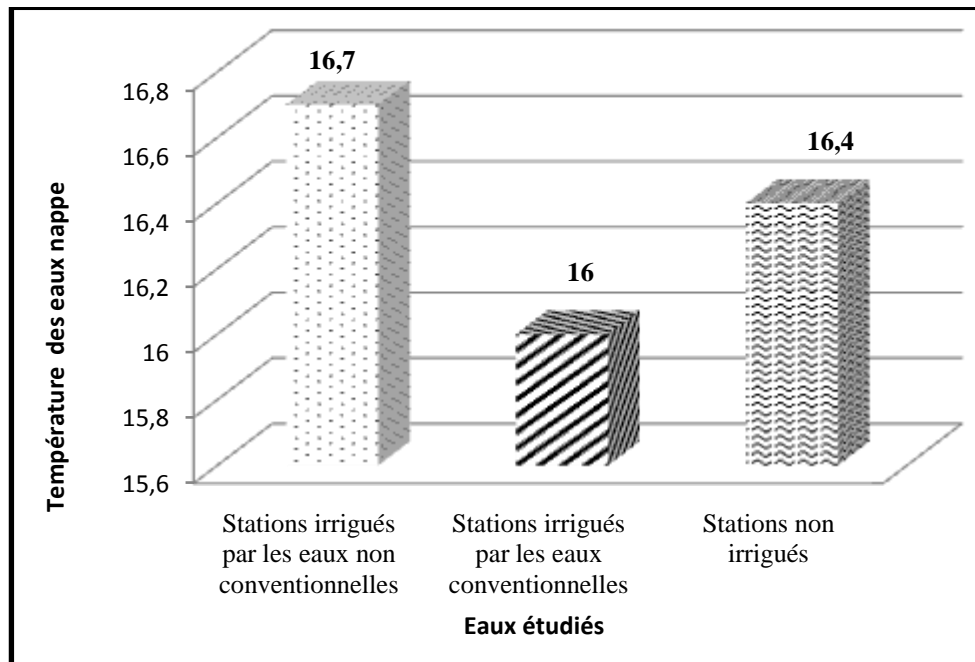
**Tableau 6. Qualité physico-chimique des eaux phréatiques.**

Station	Paramètre			
	Température (°C)	pH	Salinité (mg/l)	Conductivité électrique (ms/cm)
Stations irriguées par EC	16.2	7.3	21	150
Stations irriguées par EUE	16.5	7.86	70.58	200
Stations non irriguées	16.65	7.52	OFL	229.42
Témoin (eau de forage)	16	7.2	80	5,5

**NB :** Les valeurs de la salinité de certains stations irriguées (EUE,EC) ne s'indiquent pas dans le refractomètre car ces valeurs ont très élevée (**OFL**).

### III.3.1. Température

Les mesures de température des eaux phréatiques dans la zone d'étude varient entre **16** et **16,7 °C** (Tableau 6). D'après SLIMANI et al, 2015, les températures des eaux phréatique varient entre 17,2°C et 29,4°C, dans les piézomètres dont les profondeurs sont inférieures à 5 m par rapport le niveau du sol car ils sont plus influencés par les conditions climatiques, ce qui confirme nos résultats.



**Figure 5.** Variation de la température des eaux phréatiques

### III.3.2. Potentiel d'Hydrogène

Le pH de l'eau conditionne les équilibre physico-chimiques, en particulier l'équilibre calco-carbonique et donc l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt). Le pH est acide dans les eaux des nappes sableux ou granitique. Il est alcalin dans les sols calcaires (BEAUCHAMP, 2000).

Nos résultats obtenus indiquent que le pH des eaux phréatique dans tous les stations étudiées est voisin de la neutralité avec un caractère plus ou moins alcalin, celle-ci est comprise plus entre les stations irriguées par les EUE avec une valeur de **7,86** à **7,52** et les stations non irriguées par contre le pH dans les stations irriguées par les EC ont une valeur de **7,3**. (Figure 4).

Nos résultats obtenus sont semblables à ceux qui sont déclarés par (ELKOUF et GOUASMIA, 2017), qui indiquent que tous les prélèvements du pH sont compris entre **7,6** et **8,41**. Les résultats de pH situées généralement dans les normes O.M.S. des eaux souterraines

(6,5 > pH > 8,5 d'après O.M.S.2006). Les valeurs des pH des eaux phréatiques sont significativement différentes de celle du pH d'eau de forage qui est 7,2.

D'autre part, nos analyses des résultats obtenus montrent que le niveau statique des eaux phréatiques n'est pas liée au pH, ce qui est particulièrement visible dans les stations irriguées par EUE où le pH moyen enregistré est **7,86** à un profondeur moyen de **103.33 cm**, par contre le niveau statique dans les stations irriguées par EC est **153 cm** avec un pH moyen enregistré de **7,3**, tandis que, au niveau des stations non irriguées, le niveau statique ne dépassant pas le 100 cm (**94.16cm**) avec un pH de **7.52**. Cette variation est probablement due aux plusieurs facteurs agissant sur le pH des eaux par l'effet combiné des eaux d'irrigation chargée en sels (**5,4 g/l** dans les EUE d'après ONA,2017), ainsi que les conditions géochimiques du sol dans la zone d'étude qui présente des formations moyennement alcalins.

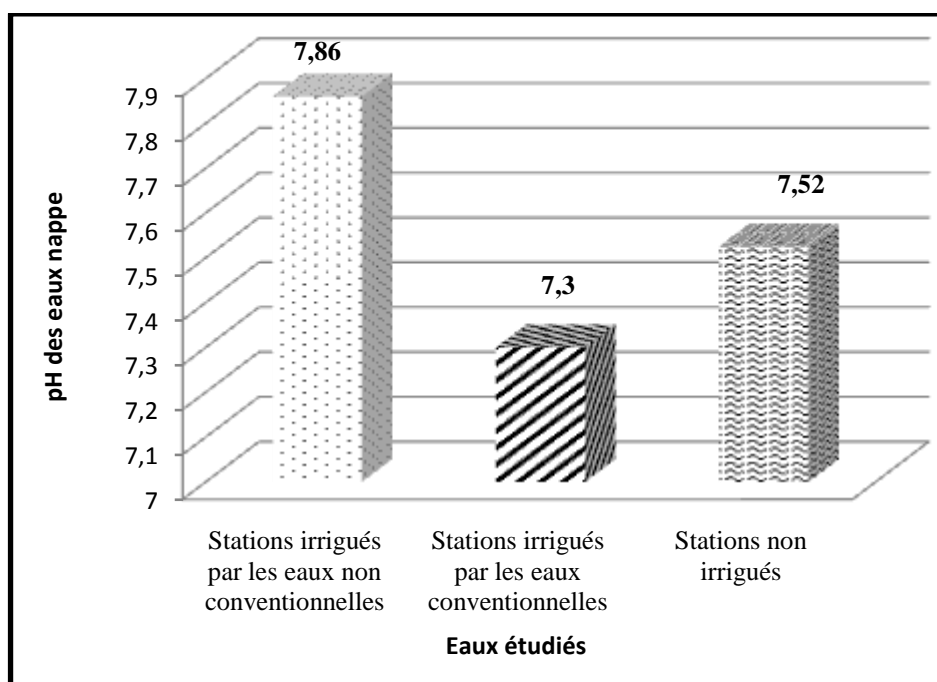


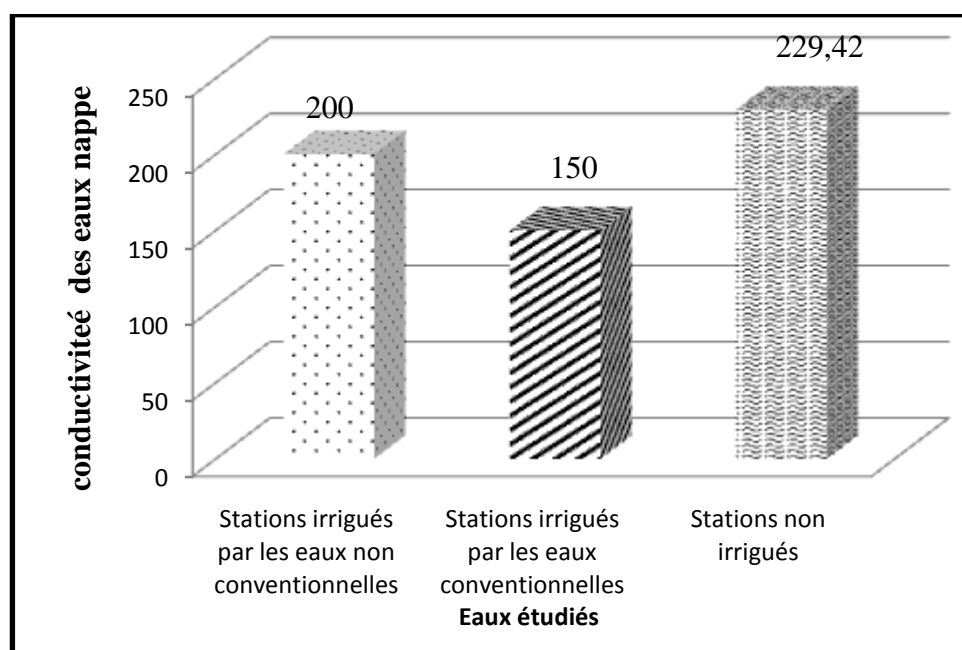
Figure 6. Variations moyennes du pH

### III.3.3. Salinité des eaux phréatiques

Selon HAKMI (2006), la présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (conductivité, pH ...). Et il est influencé de manière significative. Notre étude expérimentale permet de distinguer ou faire une évaluation sur la salinité qui exprime la masse de sels

dissous et permet de contrôler la mesure de la conductivité contient la qualité des eaux de la nappe phréatique, cette dernière dépend des caractéristiques d'importance différente, c'est la qualité des eaux utilisées aux pratiques d'irrigation fourni au périmètre agricole de mise en valeur de la STEP. Cette forte teneur en sels conjuguée à la présence d'une nappe phréatique proche de la surface du sol, C'est l'une des principales causes.

Les eaux phréatiques d'étude témoignent03 endroits ou la salinité excessivement forte, les valeurs les plus fortes sont celles des stations non irriguées (**OFL**) qui ont dépassée la valeur limite du refractomètre avec une moyenne de **229.42ms/cm**, cela nous renseigne sur les différentes manifestations de la grandeur chimique étudié qui est la conductivité électrique (CE) (figure 7). Les valeurs des autre stations sont plus basse avec une moyenne de **170ms/cm pour** les stations irriguées par EUE **170ms/cm**, et**150 ms/cm** pour les stations irriguées par EC. Et c'est ce qu'il a mentionné et confirmé (HAMDI-AÏSSA, 2001 ; A.N.R.H., 2003 in DADI BOUHOUN), dans ses recherches précédentes, la salinité et le faciès chimique des eaux phréatiques varient au niveau des palmeraies. Les eaux sont excessivement salées dans la palmeraie de Bamendil, du Ksar, de Mékhadma et de Beni Thour, et très excessivement salées à Said Otba.



**Figure 7.** Variations moyennes par la conductivité électrique

La salinité témoigne une variabilité non négligeable ceci a cause des différentes phénomènes qui influencent sur cette variabilité, tel que la texture des soles, la profondeur, et



type de eaux irriguer, d'après DADDI BOUHOUN(2010). La forte salinité des eaux phréatiques est due essentiellement à la présence des formations gypseuses et argileuses salées dans le sous-sol de certaines zones de l'oasis d'Ouargla.

Bien que la salinité du eau témoin (eau de forge) est de **80 mg/l** ,C'est ce que les chercheurs ont prouvé avant que l'eau d'irrigation par deux plis de Sénonien et de Mioplène a une salinité élevée avec une valeur de 2,83 et 5,10 dS.m<sup>-1</sup> respectivement (RAZAGUI et al,2006), n'influe pas à la salinité des eaux phréatiques dans les stations irriguées par EC.

D'un autre côté, nous avons remarqué que les stations irriguées par les eaux EUE, liée à la qualité d'eaux d'irrigation sont gérées la mise en marche des canaux de drainage par directives verbales de l'Office National d'Assainissement (ONA) **5.4 g/l**, alors qu'il ya une ressemblance de la salinité entre les stations non irriguées de tel façon signifier que la salinité traduction en cours aux conditions édaphiques signalé par BOUHANNA(2014)(sol salé, texture sableuse, forte perméabilité), aggravés par des conditions métrologiques défavorables (fortes températures qui résultent des insulations très élevées et des faibles précipitations.) et l'absence d'irrigation qui permet la lixiviation des sels, Ce qui a conduit à l'accumulation de sel au-dessus du sol et favorise la charge des eaux phréatiques au sel.

Par conséquent, nos analyses indiquent que les eaux d'irrigations salées (EUE) influent sur la salinité des eaux de la nappe phréatique.

#### III.4. Caractérisation de la pollution des eaux phréatiques

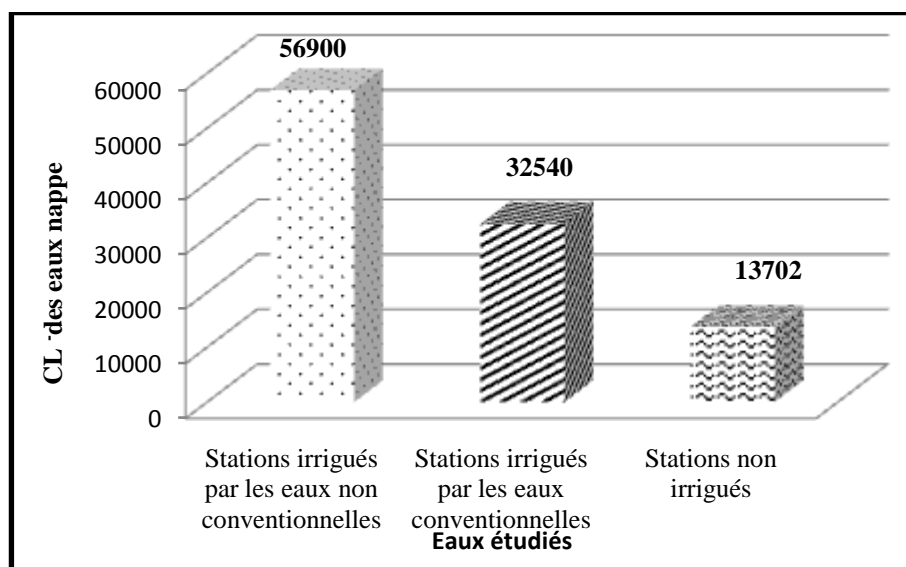
Les résultats des analyses de pollution effectuées sur les eaux phréatiques utilisées dans le cadre de cette expérimentation sont synthétisés dans le (tableau 07).

**Tableau 7.**Moyens des indicateurs de pollution des eaux phréatiques.

Station	Paramètres						
	Chlore total (mg/l)	Oxygène dissous (mg/l)	Nitrite (mg/l)	Nitrate (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)
Stations irriguées par EC	32540	3.9	0,13	172,1	40	95	0.1
Stations irriguées par EUE	56900	3	0,18	144,133	35	70	0.2
Stations non irriguées	13702	2.4	2,19	144.77	18	45	0.004
Témoin (eau de forage)	10000	4	0,8	40	20	75	0.001

### III.4.1. Chlore total

La concentration de chlore total est un paramètre important pour déterminer la qualité de l'eau. Les eaux souterraines constituent un compartiment environnemental à préserver durablement (EL KHARMOUZ, 2013). Les introductions de polluants dans le sous-sol peuvent être le résultat de déversements domestique, de lessivages décharges par eau d'irrigation, sur les sols entraînant une percolation en profondeur, ou des eaux phréatiques.



**Figure 8.** Concentration de Chlore totale dans les eaux phréatiques

Les analyses des eaux phréatiques ont révélés des fortes teneurs en chlore total (stations irriguées par EUE **56900 mg/l**, stations irriguées par EC **32540 mg/l**). Alors que les eaux des stations non irriguées, présente une concentration moyennement élève à **13702 mg/l**, par rapport aux autres eaux, Ceci est contraire aux norme suggérée par l'OMS in DIDIER 2004). Le taux de chlore total est compris entre **0,1 mg/L** et **0,2 mg/L** destinée pour l'eau traitée aux des fins d'irrigation agricole.

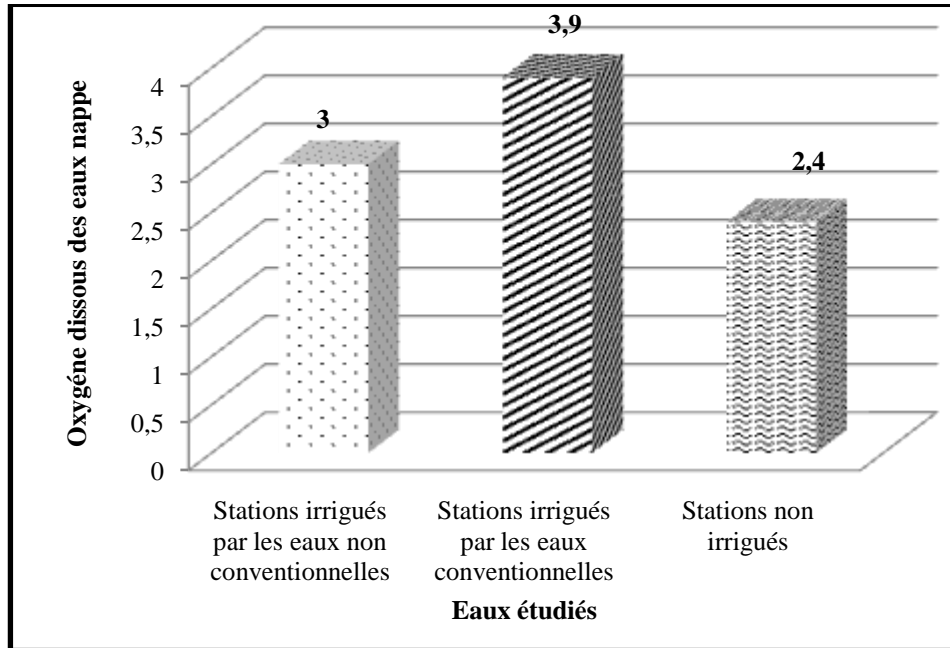
**Rappel:** Chlore total = Chlore libre (contenant le chlore actif) + Chlore combiné (ou chloramines).

Ceci s'explique par la fortes valeur dans les stations irriguées par EC et EUE, due à l'action sur les matières azotées (engrais fertiles): essentiellement l'urée, qui subit une hydrolyse avec formation d'ammoniaque pour donner des composés chloramines et chlore libre.

### III.4.2. Oxygène dissous

L'oxygène dissous dans l'eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques ; végétaux et animaux. Il participe également aux

dégradations biochimiques et chimiques. Il se dissout dans cette eau par diffusion, jusqu'à un équilibre appelé "saturation". Cette saturation ou solubilité maximale de l'oxygène dans l'eau est, pour l'essentiel, fonction de la température et de la salinité (HUBICHE, 2002).



**Figure 9.** Concentration de l'oxygène dissous dans les eaux analysées

L'évaluation de la teneur en oxygène dissous dans les périodes d'observations (**figure 9**) permet de distinguer que la teneur en oxygène dissous au niveau des eaux phréatiques est assez variable. Les plus faibles concentrations sont enregistrées dans les stations non irriguées (**2,4mg/l**). Ce qui admet une contamination des eaux phréatiques à cet endroit par consommation de l'oxygène dissous, où les teneurs allant de **3,9** dans les stations irriguées par les conventionnelles à **3mg/L** au niveau des stations irriguées par EUE.

Cette diminution des teneurs en oxygène dissous dans les eaux phréatiques peut être expliquée par les variations conditionnées par deux facteurs de limitation, notamment la recharge d'eaux contenues des EUE riche en matière organique, ce qui nécessite une forte existence des microorganismes pour la consommation d'oxygène qui va par la suite diminuer le taux de ce dernier dans les eaux phréatiques.

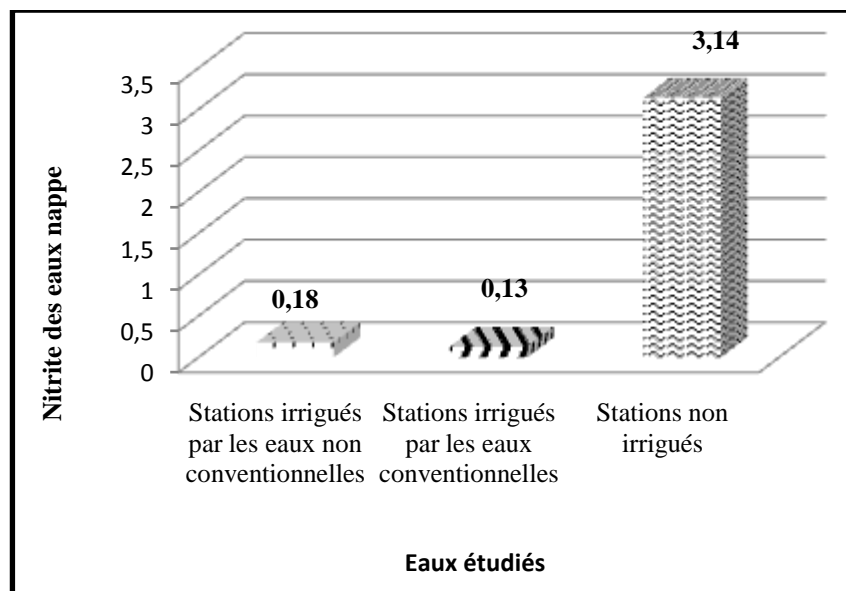
Les recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement conseil canadien des ministres de l'environnement (1999), signale que dans un milieu salin, la solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue en fonction de la salinité (la solubilité de l'oxygène est de **9 mg.l<sup>-1</sup>** dans l'eau douce et de **7,4 mg.l<sup>-1</sup>** dans de l'eau salée à **35‰** et dans les couches plus

profondes, en particulier aux endroits où l'intensité lumineuse est faible, l'oxygène est consommé par les bactéries au cours de la décomposition des matières organiques. Dans ces conditions, les teneurs en oxygène peuvent être négligeables. Ceci évidemment pour notre cas, où nous avons montré ci-dessus, le taux de dégradation de l'oxygène dans les eaux phréatiques des stations irriguées par EUE est faible, contrairement aux stations irriguées par EC **3.9mg/l**, par conséquent, la salinité des eaux phréatiques résulte des différences de dégradation de l'oxygène dans ces eaux.

### III.4.3.Nitrites

Les résultats présentés dans le tableau (7) et la figure 10 exposent que les concentrations des nitrites dans les eaux phréatiques est très forte dans toutes les stations étudiées (stations irriguées par EUE et celles irriguées par EC), soit des moyennes varient entre **0,18 mg/l** et **0,13 mg/l**. Parallèlement, les stations non irriguées présentent un moyen des concentrations de nitrites évalué à **2,19 mg/l**.

D'autre part, les concentrations des nitrites dans les eaux d'irrigations conventionnelles sont estimées à **0,8 mg/l**, cette valeur dépasse la norme des eaux d'irrigation recommandée (**0,5 mg** de nitrite par un litre d'eau d'après Journal Officiel de l'Algérie, n° 41, (2012).



**Figure 10.** Concentration des nitrites dans les eaux phréatiques

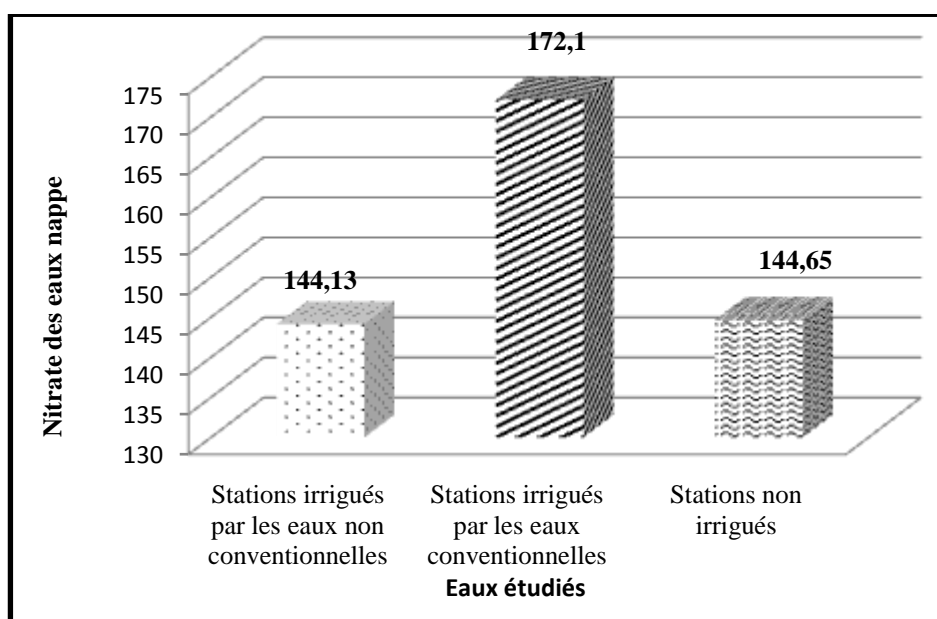
Les concentrations assez notables observées dans les stations non irriguées peuvent être expliquées par l'absence des végétaux qui peuvent contribuer à la diminution de leurs concentrations. D'après RODIER et *al.* (1996), les teneurs des nitrites correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs, elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, elles proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques.

#### **III.4.4.Nitrate**

Nos résultats obtenus montrent que les concentrations des nitrates sont importantes dans les eaux phréatiques étudiées. Les teneurs les plus notables ont été enregistrés dans les stations irriguées par EC avec une moyenne de **172,1mg/l**. concernant les stations non irriguées et irriguées par EUE, les moyennes enregistrés sont successivement **144,77 mg/let144.13 mg/l**). Concernant les eaux de forage, leurs teneurs en nitrates sont estimés à **40 mg/l**.

Selon BRABIER et *al.*,(2000), dans les eaux naturelles non polluées, le taux des nitrates est très variable selon la saison et à l'origine des eaux; il peut varier de **1 à 15 mg/L** et une concentration de **5** ou **8 mg/1** est tout à fait normale. Donc les eaux de la nappe phréatique de stations étudiées sont fortement polluées par les nitrates.

Nos résultats obtenus sont contradictoire à celle signalé par SLIMANI,(2006), ou l'auteur à publié que les concentrations des nitrates dans les eaux phréatiques sont très faibles dans la région de Ouargla. Mais ils sont compatible avec les résultats obtenus par GOUDJIL et BENCHEIKEH,(2011), dans la même zone où la concentration de nitrate a été atteint **>150 mg/L**.



**Figure 11.** Concentrations des nitrates dans les eaux phréatiques

En revanche, dans notre zone d'étude, plusieurs facteurs peuvent augmenter la pollution des eaux phréatiques par les nitrates et les nitrites à savoir la faible profondeur de la nappe pourrait favoriser les taux de contamination des eaux souterraines, ainsi que la pratique de REUE agricoles des eaux épurées assez riche en nitrates.

#### III.4.5. Paramètres de pollution de caractère organique

Les paramètres de pollution de caractère organique sont la demande biologique en oxygène (**DBO**), et la demande chimique en oxygène (**DCO**). Selon CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUEBEC (2014), la dégradation des matières organiques entraîne une consommation de l'oxygène dissout dans l'eau. Cela se fait en présence des organismes vivants ( $DBO_5$ ) et peut entraîner ainsi l'asphyxie du milieu et la pollution par les matières organiques.

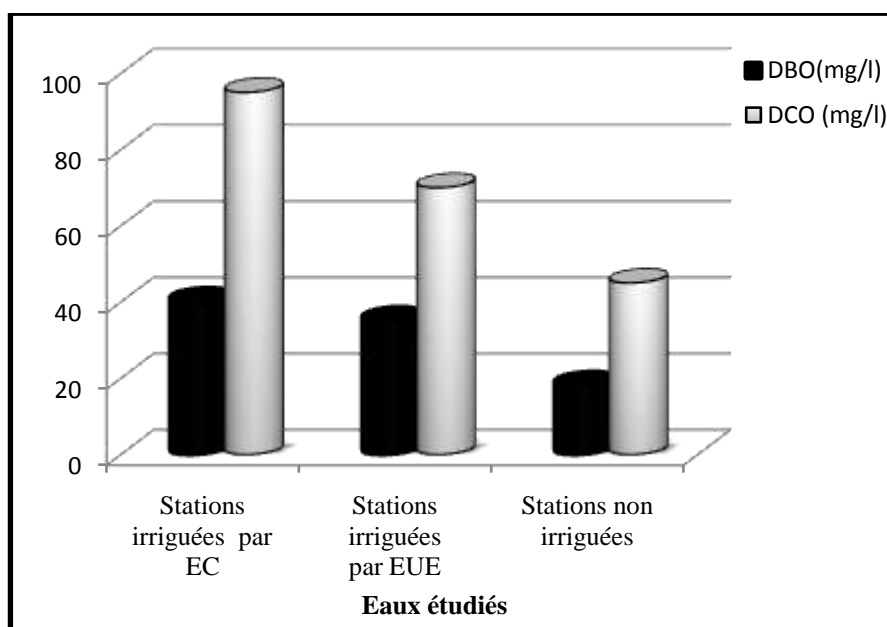
L'importance de cette pollution dans une eau peut être évaluée par la demande chimique en oxygène (**DCO**). Parallèlement, ces processus sont influencés par d'autres facteurs, notamment l'impact des variations naturelles de température et de salinité sur la  $DBO_5$  du milieu est finalement masqué par les variations supérieures imposées par des échanges d'eaux à charges organiques contrastées (DUFOR., 1982).

La DBO<sub>5</sub> est inhibée d'autant plus longtemps que la salinité du milieu récepteur (à 35%) élevée. Cette inhibition est toujours supprimée et elle retarde la minéralisation (DCO).

Les résultats consignés dans le tableau n° 7 et la figure n° 12 montrent que les valeurs moyennes de la DBO<sub>5</sub> dans les eaux phréatiques au niveau des stations irriguées par EC pour la période considéré égale à **40 mg/l**, ces eaux sont polluée par rapport les normes algériennes recommandée mentionnés dans le Journal Officiel de l'Algérie, n° 41, 2012 (**30 mg/l**).

Parallèlement, les teneurs moyenne de la DBO<sub>5</sub> dans les eaux phréatiques des stations irriguées par EUE évalué à 35 mg/L

Pour les stations non irriguées, les valeurs moyennes de DBO<sub>5</sub> enregistrés sont 18mg/L.



**Figure 12.** Concentration de DBO<sub>5</sub> et DCO dans les eaux phréatiques

Concernant la DCO, nos résultats montrent que les valeurs moyennes dans les eaux phréatiques au niveau des stations irriguées par EC pour la période considéré égale à **95 mg/L**. Ces eaux sont polluée par rapport les normes algériennes recommandée mentionnés dans le Journal Officiel de l'Algérie, n° 41, 2012 (**90 mg/l**).

Parallèlement, les teneurs moyenne de la DCO dans les eaux phréatiques des stations irriguées par EUE évalué à **70 mg/L**.

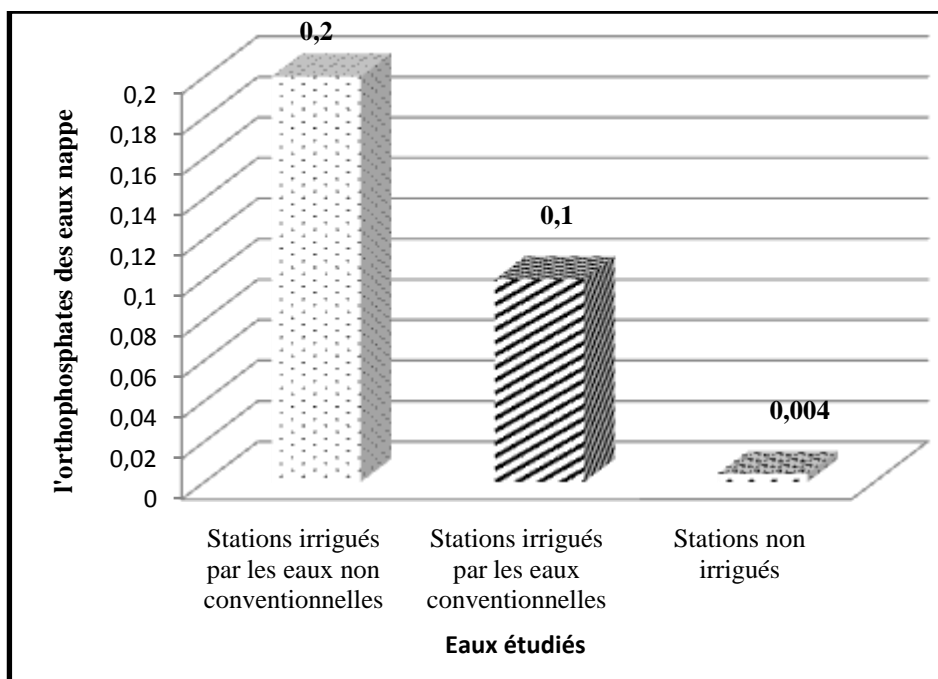
Pour les stations non irrigués, les valeurs moyennes de DCO enregistrés sont **45 mg/L**.

Les résultats obtenus montrent qu'il y ait une pollution remarquable du classe **HC** : Hors Classe, ce qui implique une **pollution des eaux** très importante (voire ANNEXE 6), des paramètres de pollution de caractère organique qui sont la DCO et DBO5 aux niveaux des eaux phréatiques des stations irriguées par EUE.

#### III.4.6.Ortho-phosphates

Le phosphore bio-disponible ou assimilable désigne, au sein de la quantité totale d'un sol, la fraction de P. L'orthophosphates la seule forme soluble à être directement utilisée par les organismes aquatiques (RECOMMANDATIONS CANADIENNES POUR LA QUALITE DES EAUX, 2004). D'après MILIN (2012), l'orthophosphates susceptible d'être prélevée par la plante, cette dernière absorbe le phosphore dans la solution du sol essentiellement par ses racines, sous forme d'ions orthophosphates dissous ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{3-}$  ou  $\text{PO}_4^{3-}$ ). Pour cela, ce paramètre fait généralement l'objet d'un suivi particulier.

Nos résultats mentionnés dans le tableau n° 7 et la figure n° 13 montrent que les concentrations des orthophosphates dans les eaux phréatiques étudiées sont généralement notables et dépasse les normes de pollutions préconisés (les normes des eaux traitées d'irrigation préconisées par le Maroc (<**0.010 mg/l**)), sauf pour les stations non irriguées.



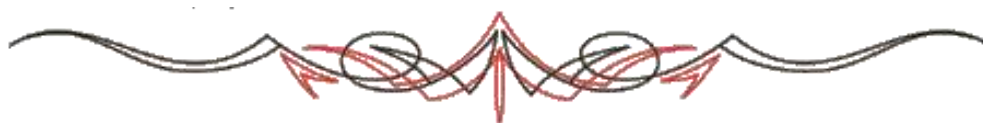
**Figure 13.** Concentration de  $\text{PO}_4^{3-}$  dans les eaux phréatiques



Les teneurs en ortho-phosphates ont une moyenne de **0.1mg/l** dans les stations irriguées par EC, et de **0.2 mg/l** dans les stations irriguées par les eaux épurées, et **0.004 mg/l** dans les stations non irriguées. Ces valeurs expriment l'existence d'une pollution par ortho-phosphates des eaux phréatiques suite à lixiviation des fertilisants agricole dans les stations irriguées par les eaux conventionnelles. Les teneurs élevées de  $\text{PO}_4^{3-}$  dans les eaux phréatiques au niveau des stations irriguées par les eaux épurées s'explique par la nature des ces derniers.

D'après ces résultats, on peut constater que l'irrigation par les eaux usées épurées influe sur la pollution des eaux de la nappe phréatique par ortho-phosphates.

# *CONCLUSION GENERALE*



### **Conclusion générale**

Au terme de cette étude, qui s'intéresse à l'évaluation de l'effet de l'irrigation par les eaux traitées évacuées par la station d'épuration de Said Otba sur les eaux phréatiques dans un périmètre agricole de mise en valeur, où nous avons essayé de mettre en évidence les modifications positives ou négatives de certaines caractéristiques analytiques des eaux.

Les bilans effectués des analyses physico-chimiques des eaux épurées de la STEP montrent que les eaux d'irrigations dans l'ensemble sont fortement à excessivement salées avec pH alcalin. Cette eau de qualité assez médiocre a influencé quelques paramètres des eaux phréatiques, notamment sa pollution.

Nos résultats obtenus nous ont renseignés que l'irrigation par les eaux traitées au niveau de notre zone d'étude présente un impact certain sur la qualité des eaux phréatiques. Cet impact est illustré par les fortes teneurs en sels solubles traduites par l'augmentation de leur salinité et alcalinité durant la période d'observation.

L'analyse des indicateurs de pollution dans les eaux phréatiques a traduit une pollution, notamment en nitrates surtout pour les stations non irriguées et irriguées par l'eau conventionnelle, suite à l'utilisation irrationnelle des engrais azotés, sur des sols sablonneux perméables où le niveau statique de nappe phréatique est trop faible par rapport à la surface. De plus, le mode d'irrigation non adapté, ce qui a augmenté les taux de cette pollution. En revanche, d'une façon générale, les caractéristiques minérales des eaux conventionnelles dans la zone d'étude sont apparues médiocres avec des valeurs non-conformes aux normes de potabilité, notamment en ce qui concerne les nappes phréatiques. Ces analyses doivent rester toujours en phase d'étude pour confirmer les résultats, et surtout faire des analyses des paramètres qui ne sont pas faites dans ce travail à cause du manque des moyens qui sont très importants tels que l'azote ammoniacal.

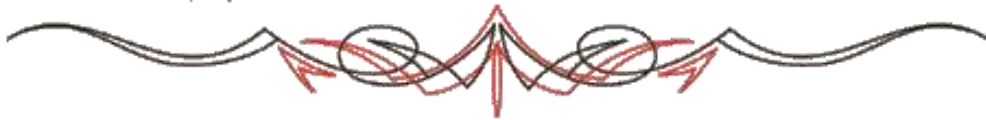
En fin, malgré le côté positif de la réutilisation des eaux usées épurées sur l'optimisation de la valorisation des eaux traitées. L'irrigation avec les eaux usées épurées est une source de risques sur les cultures vis-à-vis la salinité excessive de l'eau dépassant le seuil de tolérance de la plupart des cultures et affectant le sous-sol et les nappes phréatiques. Pour cela, pour continuer en cette idée de la réutilisation agricole des eaux usées épurées et de création des terrains d'une agriculture durable au Sahara l'approche multidisciplinaire

## *Conclusion générale*

---

constituée la solution la plus pertinente pour obtenir les meilleurs résultats et les recherches qui seront indispensables pour l'amélioration de ces projets sont : les suivis spatiotemporels de la qualité des eaux phréatiques sur de longues durées et le suivi des impacts microbiologiques des eaux usées épurées sur les sols, les cultures et les eaux phréatiques.

# *Références bibliographiques*



Références bibliographiques

- **Algérien journal of aride environment. vol.34, n° 1.34pp.**
- **ANDI., 2013:** wilaya d'Ouargla. ED, INVEST in Algeria.17pp.
- **ARMC (L'agence de l'eau Rhône méditerranée corse),2011:**L'eau va-t-elle manquer ?.7pp.
- **ASCE(asca task committee on irrigation canal system hydraulic modeling),, 1999:** World irrigation forum (WIF2).Research scientific.vol.2.10pp.
- **BAHIR M., SILVA M O., MENDONÇA J., CARREIRA., FERNANDES P. BENBIBA M., ELMERAJI ., 2002 :** Isotopes et ressources en eau, exemple du bassin Synclinal d'Essaouira (Maroc Occidental).17pp.
- **BARBIER J M., ALL., 2000 :** Evolution des consommations d'eau, in T.S.M. Revue de l'AGHTM, n°2 .6pp.
- **BEAUCHAMP J., 2000:** Qualité et pollution des eaux souterraines.4pp.
- **BELLAOUEUR A., 2008:** Etude hydrogéologique des eaux souterraines de la région de Ouargla Soumise à la remontée des eaux de la nappe phréatique et Perspectives de solutions palliatives-(Sahara Nord-Est Septentrional - Algérie).Mémoire de magistère. Université El-Hadj Lakhdar de Batna.147pp.
- **BENSAHA H., BENSAHA., 2011:** Réflexions pour préserver l'environnement cas de la vallée du M'azb (Algérie).Revue scientifique.13pp.
- **BENZARIA., 2008 :** Approche méthodologique pour les projets de réutilisation des eaux usées en irrigation. Université du Québec à Montréal.101pp.
- **BOUHANA A., 2014 :** Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette de Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne. Mémoire de Magister. Université Kasdi Merbah de Ouargla.177 pp.
- **BOUHANA A., DADDI BOUHOUN M., SAKER M L., 2015 :** Situation de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture saharienne-cas de la cuvette de Ouargla .11pp.
- **BOUSELSAL B., 2017:** Ground water quality in arid régions: the case of Hassi Messaoud région (se Algeria).Article Scientifique,Journal of Fundamental and Applied Sciences, vol.9.14pp.
- **BROUWER., 1990:** Méthodes d'irrigation. ED, 5. Institut international pour l'amélioration.14pp.

- **BUCHLER N E., GERLAND U., HWA T., 2003:** On schèmes of combinatrial transcription logic, PNAS .vol. 100.6pp.
- **CEAEQ (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec),2014 :** Méthodes d'analyse Détermination de la demande biochimique en oxygène - méthode électro métrique .Révision.3.11pp.
- **CHARRE J., 1997 :** Dessine-moi un climat que penser du diagramme Ombrothermique.31pp.
- **CHAUVIN CH., BOUGON N ., 2011 :** Analyse des paramètres physico-chimiques dans les réseaux de mesure DCE pour une utilisation explicative de l'état écologique- Importance des limites de quantification et des fractions analysées Notice SDAGE, n°2, 26pp.
- **COUTURE I., 2004:** Analyse d'eau pour fin d'irrigation.8pp.
- **CREPA (Centre régional pour l'eau et l'assainissement), 2007 :** Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Centre collaborant de l'OMS.52pp.
- **DADDI BOUHOUN M., 2010 :** Contribution a l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (sud est algérien).Diplôme de doctorat .université de Badji Mokhtar Annaba.393pp.
- **DAJOZ R ., 2006:**Précis d'écologie .ED, Dound, Paris,630pp.
- **DENIER F., PASQUIER D., 2013 :**La gestion et l'usage de l'eau en agriculture, ED.Journaux Officiels.90pp.
- **DIDIER., 2004 :** Les enjeux de l'eau et le changement climatique les solutions pour s'adapter aux défis d'aujourd'hui et de demain .ED<sup>eme</sup>,4.8pp.
- **DJENNANE A., 1990 :** Constat de situation dans des zones sud des oasis algériennes et perspectives d'amélioration. Article Scientifique, vol.18.7pp.
- **DJIDEL M., 2008 :** Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional, Algérie) .Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar. Annaba.208pp.
- **DUFOUR PH., 1982.** Influence des conditions de milieu sur la biodégradation des matières organiques dans une lagune tropicale. Article Scientifique, vol.5.9pp.

- **EL KHARMOUZ M1., SBAA M1., CHAFI A1., SAADI S1., 2013** :L'étude de l'impact des lixivants de l'ancienne décharge publique de la ville D'Oujda (MAROC oriental) .Research Gate .Larhyss Journal, n°.16.16pp.
- **ELKOUF M.,GOUASMIA L., 2017** : Etude de la dynamique des sels solubles dans les sols irrigués par les eaux usées épurées à Ouargla. Mémoire de Master. Université de Kasdi Merbah –Ouargla.80pp.
- **ELLOUMI M., GARA M., LASRAM M., 2000** : Irrigation et développement et la mise en valeur des terres .74pp
- **EUWI (European water initiative), 2007**: Water policy reforms in Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia, Annual Report.36pp.
- **FAO., 2003** : L'irrigation avec des eaux usées traitées. Bureau Régional pour le Proche-orient- Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord .73pp.
- **FAO., 2008** : L'irrigation avec des eaux usées et la santé .Presses de l'Université du Québec.12pp.
- **FAO., 2010**:Régénération des forêts en Algérie, en Égypte, au Maroc et en Tunisie par l'utilisation d'eaux usées traitées dans le but de soutenir les moyens d'existence des petits propriétaires et des agriculteurs.5pp.
- **GARDNER W., FIREMAN M.,1958**:Laboratory studies of evaporation from soil columns in the presence of a water table, vol .85.249pp.
- **GONZALEZ J., SAQUETE JC., 2016** : Mélanges de la casa de velazquez ,ED.Colonias de César y Augusto en la Andalucía Romana .342pp.
- **GOUDJIL M B., BENCHEIKCH S E., 2011** : Etude de la pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla sud –est Algeria.Mémoire de master .Université KASDI Merbah de Ouargla.86pp.
- **HAKMI A., 2006** : Traitement des eaux - traitement de l'eau de source bousfer ORAN. Mémoire de Licence. Université des sciences et de la technologie Oran .65pp.
- **HANNACHI A., GHARZOULI R., DJELLOULI Tabet Y., 2014** : Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie.Larhyss Journal, vol..19 .14pp.
- **HUBICHE J., 2002**: l'environnement humain-des usages traditionnels aux nouvelles pratiques les prélèvements et rejets d'eau.8pp.
- **IRSTEA (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) ., 2014** :L'eau traitée.10pp.



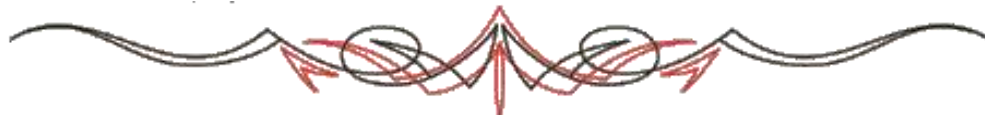
- **IDDER A., NEZLI I E., CHELOUFI H., SERRAYE A ., 2016:** Intrusion minérale par modélisation géochimique dans les textures sableuses des sols. Le cas du Sahara septentrional algérien. Article scientifique. Larhyss Journal, 11pp.
- **IDDER T., 2007 ;** Le problème des excédents hydriques à Ouargla, situation actuelle et perspectives d'amélioration. Article scientifique, Sécheresse. N°3 .vol. 18.11pp.
- **JULIE C., 2013 :** La réutilisation des eaux usées et des excréta.24pp.
- **KESSIRA M., 2013 :** Valorisation des eaux usées épurées en irrigation, Synthèse Internationale du Projet .Téhéran. Iran, 7pp.
- **L'agence de l'eau Rhône méditerranée corse .,2011:**Les Agences de l'eau et la restauration : 50 ans de tensions entre hydraulique et écologique.vol,4.10pp.
- **L'équipe technique de l'Organisation et Gestion des Services d'eau en France .,2009 :**Gestion des services d'eau. Revue d'économie industrielle .vol,2.15pp.
- **MECHERI B., 2009 :** Influence de la nappe phréatique sur les ouvrages hydrauliques et Génie civil .Mémoire Magistère .Université KASDI Merbah de Ouargla.122pp.
- **MEDDE (Ministère de l'écologie du développement durable et l'énergie) .,2013 :** Les eaux souterraines, vol.8.4pp.in[http://www.search.ask.com/web?apn\\_dtid=%5EBND101%5EYY%5EDZ&apn\\_ptnrs=%5EAG5&atb=sysid%3D101%3Auid%3Ddf2a6b266b4f378c%3Asrc%3Dhmp%3Ao%3DAPN10655A%3Atg%3D&d=1010&gct=hp&lang=fr&o=APN10655A&p2=%5EAG5%5EBND101%5EYY%5EDZ&shad=s\\_0049&ts=1527669804512&tpr=6&q=LE+MINISTERE](http://www.search.ask.com/web?apn_dtid=%5EBND101%5EYY%5EDZ&apn_ptnrs=%5EAG5&atb=sysid%3D101%3Auid%3Ddf2a6b266b4f378c%3Asrc%3Dhmp%3Ao%3DAPN10655A%3Atg%3D&d=1010&gct=hp&lang=fr&o=APN10655A&p2=%5EAG5%5EBND101%5EYY%5EDZ&shad=s_0049&ts=1527669804512&tpr=6&q=LE+MINISTERE)
- **MEDDI M., 2006 :** Salinité- causes et effet. Journal Algérien sur les Régions arides
- **MENAD H., NEZLI I., BOUREGAA S., 2014 :** Description géologique et géométrique des formations aquifères de la cuvette de Ouargla. journal of arid environment, vol.4.pp8.
- **MEROUANI M., BOUGUEDAH A.,2013:**Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité à la pollution des eaux Souterraines de la cuvette de Ouargla. Mémoire de Master. Université de Kasdi Merbah –Ouargla.59pp.
- **MESSEKHER I., CHABOUR N., MENANI M.,2010 :** Remontée de la nappe phréatique du Souf .Article Scientifique.17pp.
- **MILINPP S., 2012 :**Comparaison de deux méthodes spectrophotométriques de dosage de l'acide phosphorique.-Application à des sols et des végétaux .ED, INRA. n° 3.14pp.

- **MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER., 2009** : Recueil de textes sur l'assainissement textes techniques relatifs a l'assainissement collectif des eaux usées domestiques.36pp.
- **MOULIN S., ROZEN R., STANKOVIC M., 2013** : Qualité de l'eau, vol .1. 13pp.
- **MOZAS M., GHOSN P., 2013** : État des lieuxdu secteur de l'eau en Algérie. Institut PEMED.17pp.
- **MRE ., 2012** : Ministère des ressources en eau.2pp.
- **NGUYEN B.,LAYA J M.,2010** :Eau de paris. Rapport Annuel.76pp.
- **NGUYEN T.,DEROCHE M.,GROMAIRE., MOULIN L., SAAD M., SEGOR A.,LUCAS F.,2013**: Evaluation de la qualité microbiologique des eaux de pluie après collecte et stockage .Journée Scientifique OPUR.20pp.
- **Normes de Qualité Eaux destinées à l'irrigation marocain .,2010**:Normes de Qualité Eaux destinées à l'irrigation.2pp.
- **OSS.,2002**:Une conscience de bassin hydrogéologie.28pp.
- **OSS.,2016** :Accès à l'eau souterraine et transformations de l'espace oasisien : le cas d'Adrar (Sahara du Sud-ouest algérien).Article of the journal Cahiers de géographie du Québec, vol.60.56pp.
- **OGSE (L'organisation et gestion des services d'eau en France).,2009**:Manuelpratique.3pp.[http://www.search.ask.com/web?l=dis&o=APN10655A&apn\\_dtid=^BND101^YY^DZ&shad=s\\_0049&gct=hp&apn\\_ptnrs=^AG5&d=101-](http://www.search.ask.com/web?l=dis&o=APN10655A&apn_dtid=^BND101^YY^DZ&shad=s_0049&gct=hp&apn_ptnrs=^AG5&d=101-)
- **OMS., 2006** : Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères : Utilisation des eaux usées en agriculture. Volume II, Ed OMS, Genève, 254pp.
- **ONA (L'office national d'assainissement)., 2014** : Les capacités de réutilisation des eaux usées traitées dans l'irrigation portées à 325 millions m<sup>3</sup>.*IN* <https://portail.cder.dz/spip.php?article4585>.
- **ONA d'Ouargla.,2017**:L'office national d'assainissement.1pp.
- **ONM d'Ouargla.,2017**: l'Office National de la Météorologie.5pp.
- **OUALI S., 2006**:Etude géothermique du sud de l'Algérie. Mémoire de Magister.Université de M'Hamed Bouguerra Boumerdes.84pp.

- **OUNOKI S., ACHOUR S.,2014:**Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d’Ouargla-possibilité de leur valorisation en irrigation .Larhyss Journal, n°20. 10pp.
- **PALUTIKOF,2008 :**Climate change and water. IPCC,240pp.
- **POONGOTHAI ., DIVEN.,2007:** Les eaux usées une ressource inexploitée rapport..204pp.
- **RECOMMANDATIONS CANADIENNES POUR LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT.,1999 :**Oxygène dissous recommandations Canadiennes pour la qualité des eaux -protection de la vie aquatique. Conseil Canadian des ministers de l'environnement. 6pp.
- **RECOMMANDATIONS CANADIENNES POUR LA QUALITE DES EAUX,2004:**Chlorures.1717pp
- **REZAGUI M., DABBI BOUHOUN D., BOUTOUTAOU., A DJAGHOUBI.,2006:**Study of hydro-saline characteristicsof soils a palm grve in basin of ourgla .Aip conference proceedings .8pp.
- **RODIER J.,BAZIN O., BROUTIN JP., CHAMPON P.,1996:**L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .ED<sup>eme</sup> .8.1383pp.
- **RODIER J., LEGUBE B.,2009:**L'analysede l'eau eau -contrôle et interprétation .Dunod.30pp.
- **RODIER j.,COLL., 2005:** L'Analyse de l'eau - Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .ED<sup>eme</sup> .8.1381pp.
- **S.Y.N.T.E.A.U(Syndicat national des entreprises du traitement de l'eau., 2012:** Délai d'étude conseillé d'un projet d'usinede traitement des eaux ED<sup>ere</sup> .1.2 pp.
- **SEACO (l'assainissement de Constantine),,2018:**L'eau et la sante .Article scientifique . vol ,2.5pp.
- **SLIMANI R.,2006 :** Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région de Ouargla: Cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines). Mémoire de Magister. Université Kasdi Merbah de Ouargla.106 pp.
- **SLIMANI R., GUENDOUZ A.,2015:** Etude du potentiel de contamination des eaux de la nappe phréatique de la région de Ouargla (Sahara septentrional est Algérien). Algérien journal of aride environnent. vol. 5, n° 1.9pp.
- **TROY.,2013:**Economiser l'eau par des pratiques agricoles innovantes : miracle ou mirage ?.Article scientifique.vol,6.6pp.

- **UNDP( PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DÉVELOPPEMENT .2009 :** Study of hydro-saline characteristics of soils a palm grve in basin of ourgla .Aip conférence proceedings .8pp.
- **UNESCO (L'organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture),, 2017:** Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017-les eaux usées une ressource inexploitée, ED.UNESCO.203pp.
- **UNESCO, 2011:**Les sciences pour la planète et les océans.96pp.
- **WAGENER T., MOUTIN T.,LAGADEC V.2016 :**Travaux Pratiques de chimie océanographique.40pp.

# *ANNEXE*



Annexe N° 01

l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S) a élaboré en 1998 des lignes directrices pour la qualité microbiologique de l'eau : une irrigation illimitée avec une qualité microbiologique de 1 oeuf nématode/l et  $\leq 1\ 000$  bactéries coliformes fécales/100 ml (BAUMONT,2010). Ainsi, les teneurs en métaux lourds ne doivent pas dépasser certaines limites de concentration en eau usée traitée pour l'irrigation.

**Annexe 01.** Limites de concentration pour des métaux en eau usée traitée **et** extraits des normes internationales relatives à la réutilisation d'effluents urbains épurés pour l'irrigation agricole et d'espaces verts(MRE, 2012).

Matière en suspension, mg/l ou turbidité, NTU	<15 MES mg/l	a) jardins privés <10 MES mg/l (2 NTU) b) & c) <20 MES mg/l	a) pour l'eau filtrée 2 (max5)NTU b) après membrane 0,2 (max 0,5) NTU		Critères organoleptiques Turbidité, intensité UV, etc	<35 MES mg/l	<20 MES mg/l	-	<30 MES mg/l
DBO <sub>5</sub> ou DCO <sub>5</sub> mg/l	<60 mg DCO/l		<10 mg DBO <sub>5</sub> /l				<30 DBO <sub>5</sub> /l		<20 mg mgDBO <sub>5</sub> /l
Traitement préconisé	-		Secondaire, filtration, désinfection	Secondaire, coagulation, filtration, désinfection	Filtration, coagulation désinfection/ membranes + UV		Secondaire, désinfection		Secondaire, désinfection
Autres exigences	Contraintes de vent et distances	Irrigation agricole : SAR 6, ECw < 3dS/m 0,5 mgB/l	1 mg/l Cl <sub>2</sub> résiduel ;	Cl <sub>2</sub> résiduel, dose UV, etc.	Barrières multiples pour un abattement de 4-6 log des bactéries, virus et parasites		1 mg/l cl <sub>2</sub> résiduel ;	Cl <sub>2</sub> résiduel dose UV, etc	Barrières multiples pour un abattement de 4-6 log des bactéries, virus et parasites

Métal	Concentration(mg/l)	Métal	Concentration(mg/l)
Aluminium (Al)	5.0	Lead (Pb)	5.0
Arsenic (As)	0.1	Lithium (Li)	2.5
Beryllium (Be)	0.1	Manganese (Mn)	0.2
Boron (B)	0.75	Molybdenum (Mo)	0.01
Cadmium (Cd)	0.01	Nickel (Ni)	0.2
Chromium III (Cr)	0.1	Selenium (Se)	0.02
Cobalt (Co)	0.05	Vanadium (V)	2.0
Copper (Cu)	0.2	Zinc (Zn)	0.005
Iron (Fe)	5.0		

## Annexe N° 02.

**Chlore total** Adaptation de la méthode « EPA DPD Méthode 330.5. » La réaction entre le chlore et le réactif provoque une coloration rose de l'échantillon. La méthode a été réalisée par les étapes concernées.

**CHLORE TOTAL**

**SPECIFICATIONS**

Gamme	0.00 à 3.50 mg/l
Résolution	0.01 mg/l
Exactitude	±0.03 mg/l ±3% de la lecture

Source lumineuse Lampe Tungstène avec filtre passe-bande @ 525 nm  
Méthode Adaptation de la méthode "EPA DPD méthode 330.5". La réaction entre le chlore et le réactif provoque une coloration rose de l'échantillon.

**REACTIFS NECESSAIRES :**

**POUDRE :**

Code	Description	Quantité
HI 93711-0	DPD	1 sachet

**LIQUIDE :**


Code	Description	Quantité
HI 93701A-T	Indicateur DPD1	3 gouttes
HI 93701B-T	Tampon DPDT	3 gouttes
HI 93701C	solution DPD3	1 gouttes

**KIT REACTIFS**

HI 93701-T Réactifs pour 300 test de chlore total (liquide)  
HI 93711-01 Réactifs pour 100 tests de chlore total (poudre)  
HI 93711-03 Réactifs pour 300 tests de chlore total (poudre)  
Autres accessoires, voir page 128.

**PROCEDURES DE MESURE**

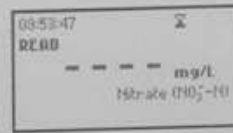
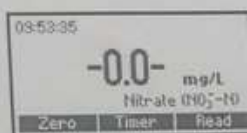
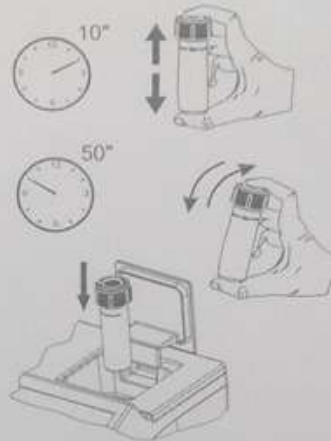
- Sélectionnez la méthode de mesure *Total chlore*
- Remplissez une cuvette avec 10 ml de l'échantillon et rebouchez.
- Placez cette cuvette dans la cellule de mesure et fermez le clapet.
- Appuyez sur la touche ZERO . Lorsque l'instrument indique "-0.0-" il est prêt pour la mesure.



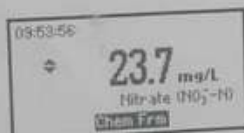
10 mL

Total Chlorine 36

- Remettez le capuchon puis immédiatement secouez vigoureusement de haut en bas pendant 10 secondes. Continuez à mélanger en inversant doucement la cuvette pendant 50 secondes. La poudre ne se dissoudra pas complètement. Le temps et la manière de secouer peut affecter la mesure.
- Remettez la cuvette dans l'instrument en veillant à ne pas la secouez.
- Appuyez sur TIMER. Un chronomètre décomptera 4 mn et 30 s suivi de la lecture en mg/l d'azote nitreux( $\text{NO}_2^-$ )



- Pour afficher celle-ci dans d'autres unités, appuyez sur puis sur la touche Chem Frm pour



convertir le résultat en mg/l de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).

- Appuyez sur ou pour retourner à l'écran de mesure.

### INTERFERENCES

Des interférences peuvent être causées par la présence de :

- Ammoniaque et amines sous forme d'urée et d'amines aliphatiques primaires.
- Chlorure au-dessus de 100 ppm
- Chlore au-dessus de 2 ppm
- Cuivre
- Fer (III)
- Substances hautement oxydantes et réductrices

Nitrite doit être absent.



## Annexe N°03

**Nitrates** : Adaptation de la méthode de réduction du cadmium. La réaction entre les nitrates et le réactif provoque une coloration ambre de l'échantillon. La méthode a été réalisée par les étapes concernées.

NITRATE

**SPECIFICATIONS**

Gamme	0.0 à 30.0 mg/l ← $\text{NO}_3^- - \text{N}$
Résolution	0.1 mg/l
Exactitude	±0.5 mg/l ±10% de la lecture

Source lumineuse Lampe Tungstène avec filtre passe-bande @ 525 nm

Méthode Adaptation de la méthode de réduction du cadmium. La réaction entre les nitrates et le réactif provoque une coloration ambre de l'échantillon.

**REACTIFS NECESSAIRES**



Code	Description	Quantité
HI 93728-0	Réactif poudre	1 sachet

**KITS DE REACTIFS**

HI 93728-01 Réactifs pour 100 tests  
 HI 93728-03 Réactifs pour 300 tests  
 Autres accessoires : voir page 128

**PROCEDURE DE MESURE**

- Sélectionnez la méthode *Nitrate*
- A l'aide d'une pipette, remplissez la cuvette avec 6 ml de l'échantillon jusqu'à mi-hauteur et remettez le capuchon.
- Placez la cuvette dans l'instrument et fermez le clapet.
- Appuyez sur la touche ZERO. Lorsque l'afficheur indique "-0.0-", il est prêt pour la mesure.

09:53:05

--- mg/L

Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)

ZERO

09:53:10

ZERO

--- mg/L

Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)


09:53:35

-0.0- mg/L

Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)

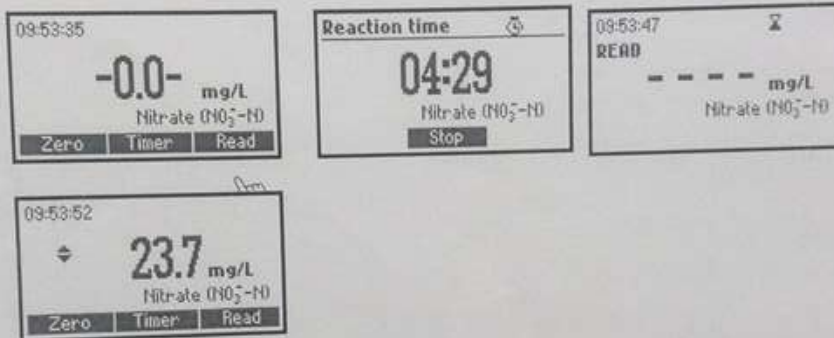
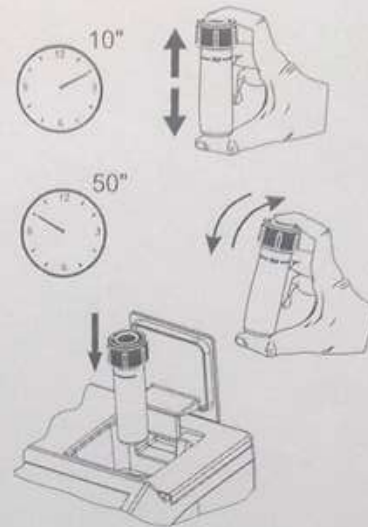
Zero Timer Read

- Ôtez la cuvette et ajoutez le contenu d'un sachet de réactif HI 93728-0.

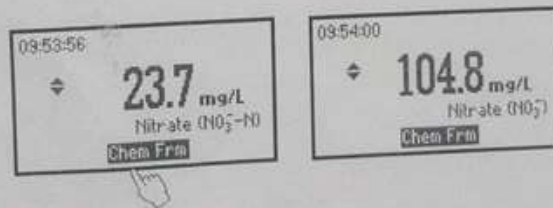


Nitrate

- Remettez le capuchon puis immédiatement secouez vigoureusement de haut en bas pendant 10 secondes. Continuez à mélanger en inversant doucement la cuvette pendant 50 secondes. La poudre ne se dissoudra pas complètement. Le temps et la manière de secouer peut affecter la mesure.
- Remettez la cuvette dans l'instrument en veillant à ne pas la secouez.
- Appuyez sur TIMER. Un chronomètre décomptera 4 mn et 30 s suivi de la lecture en mg/l d'azote nitreux ( $\text{NO}_3^-$ )



- Pour afficher celle-ci dans d'autres unités, appuyez sur puis sur la touche Chem Frm pour



- convertir le résultat en mg/l de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).
- Appuyez sur ou pour retourner à l'écran de mesure.

### INTERFERENCES

Des interférences peuvent être causées par la présence de :

- Ammoniaque et amines sous forme d'urée et d'amines aliphatiques primaires.
- Chlorure au-dessus de 100 ppm
- Chlore au-dessus de 2 ppm
- Cuivre
- Fer (III)
- Substances hautement oxydantes et réductrices
- Sulfide doit être absent.

## Annexe N° 4

**Nitrite** : Adaptation de la méthode EPA Diazotization. La réaction entre les nitrites et les réactifs provoquent une coloration violette de l'échantillon. La méthode a été réalisée par les étapes concernées.

**NITRITE GAMME BASSE**

BG  
LR

**SPECIFICATIONS**

Gamme 0,00 à 0,35 mg/l  $\text{NO}_2\text{N}$

Résolution 0,01 mg/l

Exactitude  $\pm 0,02$  mg/l  $\pm 4\%$  de la lecture

Source lumineuse Lampe Tungstène avec filtre passe-bande @ 525 nm

Méthode Adaptation de la méthode EPA Diazotization. La réaction entre les nitrites et les réactifs provoquent une coloration violette de l'échantillon.

**REACTIFS NECESSAIRES**

Code	Description	Quantité
HI 93708-0	Réactif poudre	1 sachet

**KIT DE REACTIFS**

HI 93708-01 Réactifs pour 100 tests

HI 93708-03 Réactifs pour 300 tests

Autres accessoires: voir page 128.

**PROCEDURE DE MESURE**

- Sélectionnez la méthode *Nitrite LR*
- Remplissez une cuvette avec 10 ml d'échantillon et bouchez.
- Placez la cuvette dans l'instrument et fermez le clapet.
- Appuyez sur la touche ZERO. Lorsque l'afficheur indique "-0.0-" il est prêt pour la mesure.
- Ôtez la cuvette

09:49:58

--- mg/L

Nitrite LR (NO<sub>2</sub>)

Zero

09:50:03

ZERO

--- mg/L

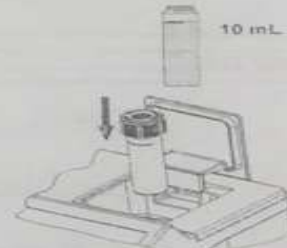
Nitrite LR (NO<sub>2</sub>)

09:50:26

-0.0- mg/L


Nitrite LR (NO<sub>2</sub>)

Zero | Timer | Read



10 mL

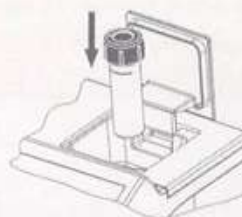
- Ajoutez le contenu d'un sachet de réactif HI 93707-0. Bouchez et agitez délicatement pendant environ 15 s.



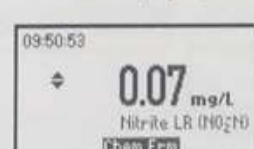
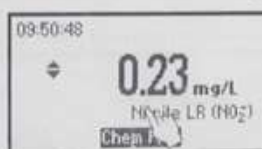
93

Nitrite LR

- Insérez la cuvette dans l'instrument.
- Appuyez sur **TIMER**. Un chronomètre décomptera 6 mn suivi de la lecture en mg/l de nitrite.



- Pour afficher celle-ci dans d'autres unités, appuyez sur puis sur la touche **Chem Frm** pour convertir le résultat en mg/l d'azote nitreux ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) et nitrite sodium ( $\text{NaNO}_2$ ).



- Appuyez sur ou pour retourner à l'écran de mesure.

## INTERFERENCES

Des interférences peuvent être causées par :

fer, ions ferriques, cuivre, mercure, argent, antimoine, bismuth, sélénium, plomb, metavanadate et chloroplatine.

Substances hautement réductrices et oxydantes

Des niveaux élevés de nitrate (au-dessus de 100 mg/l) peuvent générer des erreurs de mesure à cause de la réduction des nitrates en nitrite.

## Annexe N° 5

Recommandation de la qualité des eaux d'irrigations (COUTURE, 2004)

Type de problèmes	Sévérité du problème		
	Aucune	Légère	Élevée
<b>Salinité</b>			
↔↔ Conductivité (dS/m)	<0,75	0,75-3,0	>3
↔↔ Matières dissoutes totales (mg/litre)	<700	700-2000	>2000
<b>RAS</b> (Ration d'Absorption du Sodium)	<3	3-9	>9
<b>Alcalinité ou dureté</b> (équivalent en CaCO <sub>3</sub> )	80-120		>200
pH (risque de collematage)	<7,0	7-8	>8,0
Fe mg/l (risque de collematage)	<0,2	0,2-1,5	>1,5
Manganèse mg/L (risque de collematage)	<0,1	0,1-1,5	>1,5

## Annexe N°6

**Des normes nationales et internationales fixent des indicateurs de pollution biologique et physico-chimique de l'eau.**(CHAUVIN et BOUGON,2011).

A partir de ces paramètres, des grilles définissent des classes de qualité de l'eau. Ainsi, pour la qualité générale on a :

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

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

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

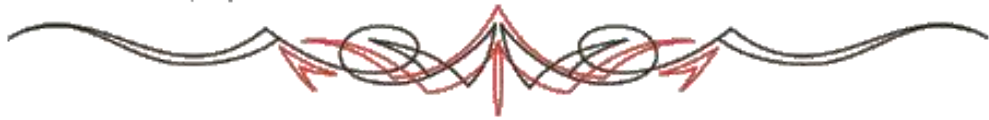
2 : Médiocre. **Pollution de l'eau** nette.

3 : Mauvaise. **Pollution de l'eau** importante.

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

DCO : Demande chimique en oxygène.

# *Table des matières*



**Table des matières**

<i>Liste des tableaux</i> .....	A
<i>Table des figures</i> .....	B
<i>Liste des photos</i> .....	C
<i>Liste des abréviations</i> .....	D
<i>Introduction</i> .....	1

**Partie I : Synthèse bibliographique**

**Chapitre I : Eaux d'irrigation agricole**

<b>I.1. Eaux d'irrigation agricole</b> .....	4
<b>I.2. Importance de l'irrigation agricole</b> .....	4
<b>I.3. Types des eaux d'irrigation</b> .....	5
<b>I.3.1. Eaux d'irrigation conventionnelle</b> .....	5
<b>I.3.1.1. Nappe phréatique</b> .....	6
<b>I.3.1.1.1. Sources de pollution des eaux phréatiques</b> .....	7
<b>I.3.1.1.2. Nappe du Complexe Terminal (CT)</b> .....	7
<b>I.3.1.1.3. Continental Intercalaire (CI)</b> .....	7
<b>I.3.2. Eaux d'irrigation non conventionnelle</b> .....	8
<b>I.3.2.1. Réutilisation des eaux</b> .....	8
<b>I.3.2.2. Procédés d'épuration des eaux usées</b> .....	8
<b>I.3.2.3. Réutilisation des eaux épurées</b> .....	9
<b>a. Définition des eaux épurées</b> .....	9
<b>b. Impact sur les sols, végétale et nappe phréatique</b> .....	10
<b>c. Normes de réutilisation des eaux usées épurées</b> .....	11
<b>I.4. Qualité des l'eau en général</b> .....	11

**Chapitre II. Présentation de la région d'étude**

<b>II.1. Situation géographique</b> .....	13
<b>II.2. Caractéristiques climatiques</b> .....	13
<b>II.2.1. Températures</b> .....	14
<b>II.2.2. Précipitations</b> .....	14
<b>II.2.3. Vents</b> .....	15
<b>II.2.4. Evaporation</b> .....	15



---

II.2.5. Humidité de l'air .....	15
II.2.6. Insolation .....	15
II.3. Synthèse Climatique.....	16
II.3.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS .....	16
II.3.2. Climagramme d'Emberger .....	16
II.4. Contextes géographique et hydro-stratigraphiques.....	17
II.4.1. Hydrogéologie de la région .....	18
II.5. Sources d'alimentation des aquifères .....	18
II.6. Remontée des eaux phréatiques .....	19

---

**Partie II : Matériels et méthodes**

I.1. Présentation de la zone d'étude .....	21
I.1.1 Situation géographique .....	21
I.1.2. Caractéristiques édaphiques de la zone d'étude .....	22
I.1.3. Caractéristiques des systèmes d'irrigation .....	23
I.1.4. Raisons de choix de la zone d'étude .....	23
I. 1.5. Approche méthodologique .....	23
I.2. Choix des sites expérimentaux.....	23
I.3. Echantillonnage.....	24
a. Matériel de prélèvement .....	24
b. Considérations saisonnières .....	24
II. Méthode des analyses des eaux .....	25
II.1. Analyses d'ordre physico-chimique.....	25
II.1.1. pH .....	25
II.1.2. CE .....	26
II.1.3. Température .....	26
II.1.4. Oxygène dissous.....	26
II.1.5. Salinité .....	26
II.2. Analyses des paramètres de pollution .....	27
II.2.1. Chlore total .....	27
II.2.2. Nitrates .....	27
II.3.3. Nitrite .....	27
II.3.4. DCO .....	28
II.3.5. DBO .....	28

---

II.3.6. l'ortho- phosphate .....	28
----------------------------------	----

---

**Partie III : RISSULTATS ET DISCUSSION**

I. Caractérisation du milieu physique .....	30
1.1. Description morphologique .....	30
1.2. Superficies cultivées par hectare .....	30
II. Caractérisation de la qualité des eaux d'irrigation .....	31
III. Caractérisation de la qualité des eaux phréatiques .....	33
III.1. Niveau statique de la nappe phréatique .....	33
III.2. Variation de niveau statique des eaux phréatique.....	33
III.3. Caractérisation physico-chimiques des eaux phréatiques .....	34
III.3.1. Température.....	34
III.3.2. Potentiel d'Hydrogène .....	35
III.3.3. Salinité des eaux phréatiques .....	36
III.4. Caractérisation de la pollution des eaux phréatiques .....	38
III.4.1. Chlore total.....	39
III.4.2. L'oxygène dissous .....	40
III.4.3. Nitrites .....	41
III.4.4. Nitrate .....	42
III.4.5. Paramètres de pollution de caractère organique .....	43
III.4.6. Ortho-phosphates .....	45
Conclusion générale .....	48
Références bibliographiques .....	51
Annexes .....	59

## Impact da la réutilisation agricole des eaux usées épurées sur quelques propriétés physicochimiques des eaux phréatiques à Ouargla

### Résumé

L'objectif de ce travail est l'étude des impacts de la réutilisation agricole des eaux usées épurées sur la pollution des eaux phréatiques à Ouargla (Said Otba) au niveau d'un périmètre de mise en valeur, à travers la caractérisation qualitative des eaux phréatiques au niveaux des stations irrigués par les eaux usées épurées, des stations irriguées par les eaux conventionnelles et des stations non cultivés par identification et analyse de quelques paramètres physico-chimique des eaux.

L'analyse comparative et expérimentale des échantillons a montré un taux élevé de salinité et de pollution notamment le chlore, le phosphore, DBO<sub>5</sub>DCO..)en particulier pour les échantillons prélevés des stations irriguée par EUE, contrairement aux restes des stations étudiées où le niveau de pollution est peu important. A cet effet, la pratique de réutilisation des eaux épurées nécessite de prendre des mesures profondes pour leurs amélioration et classification comme des eaux d'irrigation.

**Mots-clés: Eaux usées épurées, Nappe phréatique, Ouargla, Pollution, Réutilisation.**

## تأثير إعادة الاستخدام الزراعي لمياه الصرف الصحي المعالجة على تلوث المياه الجوفية في ورقلة

### الملخص

ركز عملنا على دراسة تأثيرات إعادة الاستخدام الزراعي للمياه المعالجة على تلوث المياه الجوفية في ورقلة (سعيد عتية) على مستوى منطقة التطوير، من خلال التوصيف النوعي للمياه الجوفية في مستويات المحطات المرورية بالمياه المعالجة، ومحطات المياه التقليدية المرورية، والمحطات غير المزروعة عن طريق تحديد وتحليل بعض المعايير الفيزيائية الكيميائية للمياه.

أظهر التحليل المقارن والتجريبي للعينات وجود نسبة عالية من ملوحة المياه وكذلك معدل التلوث العالي (الكلور، الفوسفور، BOD<sub>5</sub>، COD..) خاصة لعينات المحطات المرورية بواسطة مياه الصرف الصحي المعالجة، على عكس العينات الأخرى. لهذا الغرض انه من الضروري اتخاذ تدابير عميقة لتحسين هذا النوع من مياه الري..

**كلمات المفتاحية : مياه الصرف الصحي المعالجة، المياه الجوفية، ورقلة، التلوث، إعادة الاستعمال**

## Impact of the agricultural reuse of treated waste water on some physicochemical properties of groundwater in Ourgala

### Summary

Our work focused on the study of the impacts of the agricultural reuse of treated wastewater on groundwater pollution in Ouargla (Said Otba) at the level of a development area, through the qualitative characterization of groundwater at levels of stations irrigated by treated wastewater, conventional water irrigated stations and non-cultivated stations by identification and analysis of some physicochemical parameters of the water.

Comparative and experimental analysis of the samples showed a high percentage of water salinity as well as a high pollution rate for (chlorine, phosphorus, BOD<sub>5</sub>, COD ..) especially for the samples of the stations irrigated by EUE, unlike other samples, which can be considered an adverse effect on groundwater. For this purpose it is necessary to take deep measures that improve this type of irrigation water.

**Keywords: impact, phreatic waters, treated waters, WWTP.**