

**UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DÉPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUE**



Mémoire de

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine** : Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière** : Ecologie et environnement

**Spécialité** : Ecologie Végétale et Environnement

**Présenté par** : ABIA Hayam

DEBKA Sara

*Thème*

**Impacts de la réutilisation agricole des eaux usées épurées sur la  
qualité microbiologique des eaux phréatiques à Ouargla**

*Devant le jury :*

Président	Mme SLIMANI Rabia	M.C.A	UKM Ouargla
Promotrice	Mr DADDI BOUHOUN Mustapha.	Prof	UKM Ouargla
Co-promotrice	Mme BOUHANNA Amel	Doctorante	UKM Ouargla
Examineur	ATTAB Sarah	M.A.A	UKM Ouargla

*Année Universitaire : 2017 / 2018*

## *Remerciements*

*Tout d'abord nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail.*

*Au terme de ce travail, nous tenons à remercier avec gratitude : Pr. DADDI BOUHOUNE Professeur qui a accepté de nous encadrer, de diriger ce travail, et pour tous ses conseils.*

*Nous tenons aussi à remercier notre Co-promoteur Bouhanna Amel pour sa présence, sa aide, ses corrections sérieuses et sa patience.*

*Nous adressons aussi notre remerciement aux membres du jury :*

*Mme SLIMANI Rabia maitre de conférences à l'U.K.M.O,*

*Mme ATTAB Sarah maitre d'assistante à l'U.K.M.O,*

*Qui ont bien voulu examiner ce présent travail.*

*Nous tenons également à exprimer notre remerciement à ingénieurs du laboratoire d'Établissement Public de la Santé Proximité Ouargla (EPSP) Mr. Djouhri Abdelmalk et toutes les personnes de laboratoire de CRSTRA Tggrt particulièrement Dr. Hliss Youcef et Bekkari Necrelddin pour leurs contributions respectives à ce travail.*

*Nous remercions aussi Dr. Djidel Mouhamed et Laouini Hamza pour leur grandes aides*

*A tous les enseignants, à toute la Promotion De 2ème Année Mastère écologie, amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire*

A decorative border with intricate floral and scrollwork patterns in a reddish-brown color, framing the text. The border is symmetrical and features a central crest-like element at the top.

## *Dédicaces*

*Je remercie le Dieu Tout-Puissant pour nous avoir donné le courage et la force  
pour finir ce travail*

*Je salue ma famille, qui était à côté de moi tout au long de mes études  
particulièrement mon chéri père Abd rrazak qui a toujours été à mes côtés. Et  
ma chère mère T. Rachida qui est mon premier support dans la vie.*

*Aussi, ma chère sœur Soumia*

*Et mes chers frères: Azzo, Ammar et Djemel.*

*Mes oncles T. Lazhar, Adel et Yassine pour leur support et Salh Ben Moussa  
pour ces aides ainsi que toute ma famille particulièrement ma tante T. Houria*

*A toutes mes amis sans exception surtout AMEL, et mes collègues de la  
promotion de master Ecologie (2017/2018)*

*je dédie ce travail à toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont apporté  
leurs aides.*

*A tout, du fond de mon cœur je vous dédie ce travail*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail*

*Aux plus chères personnes du monde, à **mes parents** à qui je dois mon éducation et ma réussite. De tout temps, leurs affections a été ma plus grande joie qui me rappelle que je dois travailler et faire profit même des jours de tristesse. Je leur devrai de les aimer encore plus, quoi que rien ne puisse égaler leur amour, leurs tendresses et leurs encouragement, que dieu les gardent pour moi en bonne santé.*

*A ma fille : **Ranim Alaa***

*Tu es la plus belle chose de ma vie, ma petite princesse, Tout mon succès est pour toi, ma fille je prie Dieu de ta garde*

*A mes frères : **Sami, Saif Eddine, Soulimane***

*Je vous exprime pour vous à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour*

*A mes de deux sœurs : **Souhila, Safaa***

*Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour, et l'affection que je porte pour vous.*

*A toute la famille **Debka** et **Chemakhi** sans exception*

*A tous mes amis, a tous ceux qui sèment le bonheur dans mon chemin*

*Et tous mes enseignants et la promotion d'écologie*

*A tous ceux qui pensent à moi,*

*A tous ceux qui m'aiment*



## Liste des tableaux

N°	TITRE	PAGE
1	précise quelques chiffres des volumes des eaux usées épurées réutilisées par en Algérie	13
2	Données climatiques de la région d'Ouargla (1978-2016)	20
3	Résultats de la densité des germes bactérienne des eaux d'irrigation	40
4	Résultats moyens de la densité bactérienne des eaux de la nappe phréatiques	40
5	Résultats de la densité bactérienne dans eaux phréatiques par station.	41



## Listes des Figures

N°	TITRE	PAGE
1	Principe d'un lagunage aéré	7
2	Rejets des EUE par milieu récepteur en Algérie (2004)	11
3	Position géographique de la région de Ouargla	19
4	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens relatif à la région d'Ouargla (1978-2016)	21
5	Diagramme D'EMBERGER de la région de Ouargla	21
6	Relief géologique de la région de Ouargla Superposition de la carte géologique	23
7	Carte substratum de la nappe phréatique dans la région de Ouargla.	25
8	Limites géologiques de la nappe phréatique dans la région de Ouargla.	26
9	Situation géographique de la station d'épuration de SaidOtba	27
10	Composantes de la station d'épuration de Ouargla	28
11	Localisation du périmètre agricole	29
12	Carte échantillon de l'eau	32
13	Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux streptocoques fécaux et totaux	38
14	Exemple d'un résultat pour une série de dilutions	39
15	Variation moyenne des densités coliformes totaux dans les eaux phréatiques	41
16	Les densités coliformes totaux dans les eaux d'irrigation	42
17	Variation moyenne des densités coliformes fécaux dans les eaux phréatiques	43

18	Les densités coliformes fécaux dans les eaux d'irrigation	43
19	Variation moyenne de la densité streptocoque totaux dans les eaux phréatiques	44
20	La densité streptocoque totaux dans les eaux d'irrigation	45
21	Variation moyenne des densités streptocoques fécaux dans les eaux phréatiques	45
22	La densité streptocoque fécaux dans les eaux d'irrigation	46
23	Carte piézométrique	48



### Liste des photos

N°	TITRE	PAGE
1	Echantillonnage des eaux phréatiques à partir d'un piézomètre.	33



### Liste des annexes

N°	TITRE
1	Quelques micro-organismes pathogènes rencontrés dans les eaux usées
2	Valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels
3	Normes françaises de rejet d'une station d'épuration : concentrations maximales autorisées en DBO5, DCO et MES
4	Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agricultural
5	Recommandations de l'USEPA, 1992 et de la norme californienne destinées pour la réutilisation des eaux usées épurées
6	Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (Algérie) Paramètres microbiologiques
7	Directives de la FAO pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation
8	Caractéristiques physico-chimiques de quelques points de prélèvements d'eau au niveau des nappes de la cuvette de Ouargla
9	les données de bases de la STEP
10	Milieux des cultures
11	Milieux de la conformation

12	Réactive de conformation
13	Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux
14	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux et totaux
15	Tableaux de MAC GRADY pour le calcul de l'NPP dans la dilution (3 tube/dilution)

## Liste des abréviations

**AEP** : Alimentation en Eau Potable

**BCPL** : Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocésol

**CEi** : Conductivité des Eaux d'irrigation

**CEn** : Conductivité des Eaux de la nappe phréatique

**Colif.F** : Coliformes Fécaux

**Colif.T** : Coliformes Totaux

**D.P.A.T** : Direction de Planification et de l'Aménagement du Territoire

**DBO5** : La Demande Biochimique en Oxygène 5 jours.

**DC** : Double Concentration

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène

**EC** : Eaux Conventionnelle

**EPSP** : Etablissement Public de la Santé Proximité Ouargla.

**EUE** : Eaux Usées Epurées

**FAO** : Food and Agricultural Organization (**Organisation des Nations Unies**)

**JORADP** : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire

**IEC** : Irriguées par les Eaux Conventionnelles

**IEUE** : Irriguées par les Eaux Usées Epurées

**MES** : Les Matières En Suspension

**MO** : Matière Organique

**NC** : Non Cultivées

**NPP** : Nombre le Plus Probable

**ONA** : Office National de l'Assainissement

**O.N.M** : Office National de Météorologie

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**REUE** : Réutilisation des Eaux Usées Epurées

**SC** : Simple Concentration

**STEP** : Station d'épuration.



**Strept.T** :Sterptocoques Totaux

**Strept.F** : Streptocoques Fécaux

**PH** : potentiel d'Hydrogène

## Table des Matières

Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des Figures	
Liste des Photos	
Liste des annexes	
Liste des abréviations	
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Partie 1 : Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre I. Généralités</b>	
1. Epuration des eaux usées	3
2. Indicateurs de pollution d'une eau	3
2.1. Paramètres physiques	3
2.2. Paramètres chimiques	4
2.3. Paramètres biologiques	4
3. Paramètres de choix d'une technologie de traitement des eaux usées	6
4. Procédés d'épurations des eaux usées	6
5. Biomasse épuratrice	8
5.1. Métabolisme	8
5.2. Microorganismes associés à l'épuration	8
5.2.1. Bactéries épuratrices	8
5.2.2. Eléments nécessaires au développement des micro-organismes	9
6. Facteurs influençant le pouvoir épuratoire	10
7. Voies d'élimination des eaux usées épurées	11
7.1. Rejet des eaux usées épurées dans le milieu naturel	11
7.2. Réutilisation des eaux usées épurées	12
7.2.1. Statistique de réutilisation	12
A. Réutilisation des eaux usées épurées à l'échelle mondiale	13
B. Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie	13
7.2.2. Impacts de la réutilisation des eaux usées épurées	14
8. Normes de réutilisation des eaux usées épurées	15
8.1. Normes microbiologiques	15
8.2. Normes physico-chimiques	17
Conclusion partielle	17
<b>Partie 2 : Matériels et méthodes</b>	
<b>Chapitre II. Matériel d'étude</b>	

1. Présentation de la région d'étude	18
1.1. La situation géographique	18
1.2. Climat	19
1.2.1. Etude des paramètres climatiques	19
1.2.2. Synthèse climatique	20
A. Diagramme ombro-thermique de Gaussen	20
B. Diagramme D'EMBERGER	21
1.3. Topographie	22
1.4. Géomorphologie	22
1.5. Hydrographie	23
1.6. Géologie	23
1.7. Hydrogéologie	24
1.7.1. Nappe du Continental Intercalaire	24
1.7.2. Nappes du Complexe terminal	24
1.7.3. Nappe phréatique	25
1.8. Pédologie	26
2. Choix de la zone d'étude	27
2.1. Présentation de la station d'épuration	27
2.2. Périmètre agricole	29
<b>Chapitre III. Méthodologie d'étude</b>	
1. Approche Méthodologique	30
1.1. Méthode de prélèvement	31
1.1.1. Précaution	31
1.1.2. Matériel et mode de prélèvement	31
2. Méthodes des analyses	33
2.1. Préparation des milieux des cultures	34
A. Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL)	34
B. Bouillon glucosée à l'acide de sodium (ROTH)	34
C. Milieu indole-manitole (Schubert)	34
D. Bouillon glucosé à l'éthyle violet de sodium (Eva litsky)	35
2.2. Analyse bactériologique	35
2.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	36
2.2.2. Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux	37

2.3. Observation des résultats	39
2.4. Interprétation statistique	39
<b>Chapitre IV: Résultats et discussions</b>	
1. Qualité microbiologique	40
1.1. Coliformes totaux	41
1.2. Coliformes fécaux	42
1.3. Streptocoques totaux	44
1.4. Streptocoques fécaux	45
2. Discussion générale	47
<b>Conclusion</b>	52
<b>Références bibliographiques</b>	54
<b>Annexe</b>	

# *Introduction*

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, sa survie et son alimentation; elle est également indispensable pour ses activités agricoles, industrielles et touristiques, et la qualité de son environnement. En effet, avec l'expansion des villes et l'évolution des modes de consommation, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées collectées qui sont rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe en milieu naturel. **(BENHEDID.2011)**

Les eaux usées, ou les eaux résiduaires, sont des eaux chargées de résidus, solubles ou non provenant de l'activité humaine industrielle ou agricole et parvenant dans les canalisations d'évacuation des eaux usées **(DAHOU. 2013)**. D'après **THOMAS (1955)**, les eaux usées représentent une fraction du volume des ressources en eaux utilisables mais leurs qualités très médiocres exigent une épuration avant leurs rejets dans le milieu naturel.

Dans le secteur de l'agriculture, l'utilisation de l'eau non conventionnelle est une ressource additionnelle pour l'irrigation ; de même que les eaux usées épurées sont une source d'éléments fertilisants permettant une économie d'engrais. Seulement la manipulation des eaux usées ne cesse de poser des problèmes de santé à l'homme, de la phytotoxicité de certains rejets et de la pollution des eaux souterraines **(ONA. 2014)**.

La réutilisation de ces eaux épurées, au-delà de leur effet positif, peut également avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement, en fonction principalement des caractéristiques de l'eau épurée, du degré d'épuration, de la méthode et de l'endroit d'utilisation. La pollution du sol, des eaux souterraines et de surfaces est parmi les inconvénients potentiels les plus importants de l'utilisation d'eau usée traitée. Cependant, de point de vue rigoureusement scientifique, la planification rigoureuse et la gestion efficace des régimes d'irrigation pouvant réduire au minimum ces inconvénients **(BAZZA et XANTHOULIS., 2005 ; ONA., 2014)**. De ce fait, en raison de la nature variable et de la composition de ressources hydriques, leurs réutilisations doivent être gérées soigneusement, surveillées et contrôlées par des spécialistes **(CHENINI et al., 2005)**.

En Algérie, les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution causée par les rejets des eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs. Ces rejets peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de

nombreux micro-organismes pathogènes, menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble (**DEGREMONT, 2005; VON SPERLING, 2007**).

La région de Ouargla a connu anciennement un grave problème d'excédent hydrique, causé par les rejets des eaux résiduaires ainsi que le rejet des eaux de drainage agricole qui ont augmenté le niveau piézométrique de la nappe phréatique (**IDDER, 1998**). De ce fait, Ouargla a bénéficié de l'aménagement du réseau de drainage agricole ainsi que la réalisation des stations d'épuration (STEP de Said Otba, Sidi khouiled et N'goussa) qui sert à remédier la situation défavorable et réduire la pollution des eaux usées pour une éventuelle utilisation en irrigation (**BENHEDID et HARROUZ, 2011 ; ONA., 2013**)

La stratégie adoptée pour la gestion des EUE de la cuvette de Ouargla vise à moyen terme la réutilisation de ces eaux en irrigation. En revanche, à court terme, la quasi-totalité de ces EUE est rejetée dans la nature, en parallèle, une réutilisation informelle de ces eaux en irrigation au sein de quelques lieux a été repérée (**NADER, 2014**).

L'objectif dans le cadre de ce travail est l'étude de la qualité microbiologique des eaux d'irrigation conventionnelles et non conventionnelles (eau usées épurée) au niveau d'un périmètre de mise en valeur situés au nord de la STEP de Said Otba, et détecter les impacts de réutilisation agricole des eaux usées épurées sur la qualité microbiologique des eaux phréatique.

A travers notre recherche nous essayons de répondre aux interrogations suivantes :

- La qualité microbiologique des eaux épurées, est-elle confirmée aux normes de rejet et apte pour une réutilisation agricole à Ouargla ?
- A ce que la pratique de réutilisation agricole des eaux traitées dans la région a des effets sur la qualité microbiologique des eaux de la nappe phréatique ?

*Partie 1 :*  
*Synthèse bibliographique*



*Chapitre I :*  
*Généralités*

## GENERALITES

### Introduction partielle

Les rejets des eaux après usage sont augmentés et multipliés avec l'accroissement démographique et l'expansion des villes qui génère des différentes catégories de déchets. Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances polluantes, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, menacent la qualité de l'environnement dans sa totalité. C'est pour ça, leurs traitements avant réutilisation est une pratique nécessaire pour la conservation des ressources en eaux et en sols. (BOUHANNA, 2014). Les effluents rejetés après épuration ou traitement des eaux usées sont les eaux usées épurées et boues résiduelles.

#### 1. Epuration des eaux usées

L'épuration consiste à éliminer les matières minérales et organiques en suspension et en solution, ainsi qu'un certain nombre de déchets divers afin d'obtenir une eau épurée, conforme aux normes de rejets. **L'objectif** principal de traitement des eaux usées est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue risque pour la santé humaine et l'environnement (FAO, 2003), et pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante que pour altérer le moins possible le milieu récepteur (BACHI, 2010).

Les stations d'épuration des eaux résiduelles, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que la santé publique en général (FAO, 2003).

#### 2. Indicateurs de pollution d'une eau

L'étude de la pollution d'une eau, nécessite la connaissance d'un certain nombre de paramètres : qu'on appellera «paramètres de pollution», ils permettent de juger le degré de pollution. L'analyse concernera aussi bien, des paramètres physiques, chimiques que biochimiques et microbiologiques (BENHDID et HARROUZ, 2011).

##### 2.1. Paramètres physiques

Les paramètres physiques analysés dans les eaux sont la température, qui régit la qualité d'oxygène dissous dans l'eau, elle influe également sur la décomposition de la

matière organique et le développement des parasites responsables de certaines maladies et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxiques (SLIMANI, 2003). L'odeur, parce que les eaux d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde (LADJEL, 2006). La couleur, qui peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution (composés organiques colorés) (THOMAS, 1955). Pour les matières en suspension et les colloïdes sont caractérisées par leurs natures de composition, elles sont toutes matières minérales ou organiques représentées par les éléments suivants : La silice, le tartre provenant des canalisations, la poussière et les matières organiques non dissoutes. Et enfin, la turbidité, qui est liée à la présence plus ou moins importante de matière en suspension d'origine minérale ou organique (DEGREMENT, 1989, SLIMANI, 2003).

## **2.2. Paramètres chimiques**

Les paramètres chimiques étudiés dans les eaux sont le potentiel hydrogène (pH), qui représente l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Le pH d'une eau domestique ou urbaine se situe généralement entre 6.8 et 7.8, au-delà, c'est l'indice d'une pollution industrielle (DEGREMENT, 1989; DALI et ZOUAOUI., 2007). La Conductivité électrique, est l'une des plus simples et des plus importantes analyse, pour le contrôle de la qualité des eaux usées (THOMAS, 1955). Elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau. Nous avons aussi, la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), consiste à évaluer la quantité d'oxygène en mg/l consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20°C et pendant 5 jours à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (TARADAT, 1992) . Ensuite, la demande chimique en oxygène (DCO), d'autant plus élevée qu'il y a des corps oxydables dans le milieu. Et enfin, l'Oxygène dissous, elle est en fonction de l'origine de l'eau. L'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l (LADJEL, 2006). Il existe d'autres éléments comme l'azote, le phosphore et les métaux lourds (DAHOU, 2013)

## **2.3. Paramètres biologiques**

Les micro-organismes qui se trouvent dans l'eau usée sont à l'origine du traitement biologique. Ils comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (DALI et ZOUAOUI, 2007).

Les bactéries comprennent des genres et espèces dont la présence dans les eaux ne constitue pas en elle-même un risque sur la santé des populations, mais indique l'importance de la pollution microbiologique des eaux.

**A. Les coliformes totaux et fécaux** Sous le terme de «coliformes» est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae.

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO). Le terme «coliforme» correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement Anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C.

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de la première importance.

Les coliformes fécaux sont appelés aussi les coliformes thermo-tolérants, ce sont des coliformes qui fermentent le lactose mais à 44°C. Le germe *Escherichia coli* est le type de coliformes fécaux d'habitat fécal exclusif, sa recherche est donc extrêmement importante. **(Rodier, 2005).**

**B. Les streptocoques fécaux** sont considérés comme streptocoques fécaux, toutes les bactéries Gram (+) de forme oblongue ou de cocci sphériques légèrement ovales, Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistants, y compris dans les milieux salés. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé **(OMS, 1979).**

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> bactéries/100 ml, dont 10<sup>3</sup> sont pathogènes. Les plus connus sont les salmonelles responsables de la typhoïde et des troubles intestinaux, sans oublier les colibacilles qui ont une durée de vie de 2 à 3 mois et qui se multiplient dans l'environnement **(DALI et ZOUAOUI, 2007).**

Le dénombrement des bactéries dans les eaux usées traitées est tout aussi important que celui des helminthes lorsqu'une réutilisation agricole est envisagée. L'annexe 1

présente quelques agents pathogènes rencontrés dans les eaux usées (**BOUTELLI, et MENASRIA, 2008**).

### **3. Paramètres de choix d'une technologie de traitement des eaux usées**

D'après **BEKKOUCHE et ZIDANE (2004)**, Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- ✓ Des exigences du milieu récepteur ;
- ✓ Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.) ;
- ✓ Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.) ;
- ✓ De la disponibilité du site ;
- ✓ Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation) ;
- ✓ Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien.

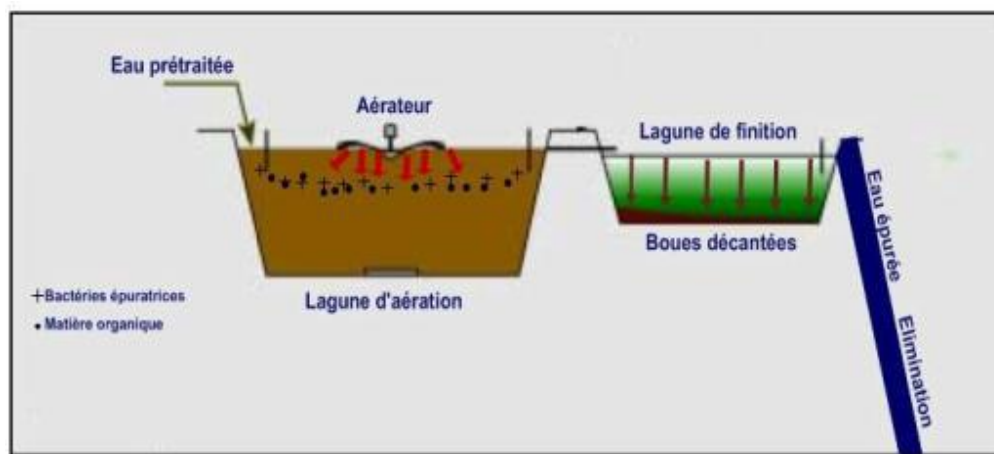
### **4. Procédés d'épurations des eaux usées**

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et de degré d'épurations désiré pour qu'elles soient conformes avec les exigences du milieu récepteur (**DAHOU ,2013**). D'après **NADER (2014)**, les procédés d'épurations des eaux usées sont : le prétraitement, qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs (**DEGREMONT, 1978**). Les traitements primaires ou traitements physico-chimique, qui sont des procédés de traitement physico-chimique faisant appel à des procédés physiques : filtration et décantation, et éventuellement des procédés physico-chimiques, tels que la coagulation- floculation. Et enfin, les traitements secondaires ou épuration biologique, c'est lors l'élimination l'essentiel de la pollution carbonée biodégradable. Leur principe est de provoquer une prolifération des micro-organismes aux dépens des matières organiques apportées par l'effluent, en présence ou non d'oxygène, exemple le lagunage aéré (**LAVIGNE DELVILLE, 1994**). En fin, les traitements tertiaires, qui visent à affiner la qualité de l'effluent ayant subi les traitements physiques,

physico-chimiques et biologiques. Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige (DEGREMONT, 1978).

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique qui se caractérise par un ou plusieurs bassins de traitement dans lesquelles la charge biodégradable de l'effluent est détruite par voie bactérienne, une partie au moins de ce traitement est réalisé en aérobiose grâce à un apport d'oxygène dissous dans l'eau artificiellement par les aérateurs. Il n'y a pas de recirculation de la culture bactérienne (DAHOU et BREK, 2013).

D'après BAUDOT et PERERA (1991) ; NADER (2014), le mécanisme de lagunage aéré est passé par trois étapes (Fig.1). **Dans l'étage d'aération**, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons. **Dans l'étage de décantation**, les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important. **Pour les lagunes de finition** sont dépourvues de systèmes de brassage, permettant la séparation physique des boues et de l'eau traitée.



**Figure1.** Principe d'un lagunage aéré (NADER ,2014)

Les systèmes de traitement des eaux usées urbaines utilisent la dégradation microbienne comme principal moyen pour dégrader les matières organiques (ATTAB, 2011). Cette biodégradabilité est un phénomène complexe qui concerne toutes les transformations des polluants dans les eaux sous l'action de microorganismes (OUALI, 2001).

## 5. Biomasse épuratrice

### 5.1. Métabolisme

Selon BASSOMPIERRE (2007), La connaissance de ces processus est essentielle car elle permet d'expliquer les phénomènes observés d'un point de vue macroscopique. L'activité métabolique de la cellule bactérienne se divise en trois processus le catabolisme, l'anabolisme et la respiration endogène.

- ❖ le catabolisme correspondant au processus de fragmentation des substances nutritives en éléments plus simples (pyruvates). Il représente l'ensemble des réactions d'oxydation et de dégradation enzymatique. C'est une activité exothermique qui libère l'énergie qui servira à la croissance cellulaire et à l'entretien de la cellule ;
- ❖ l'anabolisme représentant l'ensemble des réactions de synthèse des constituants cellulaires. C'est une activité endothermique qui utilise l'énergie libérée par les processus de catabolisme pour développer la croissance cellulaire et la division cellulaire ;
- ❖ la respiration endogène représentant l'étape d'oxydation des composés cellulaires. Leur dissociation en produits résidus (matières carbonées, azotées) permet de satisfaire les besoins des cellules vivantes en cas de carence en substrat. Les réactions de catabolisme et d'anabolisme sont très générales et sont, en fait, constituées de plusieurs réactions élémentaires.

### 5.2. Microorganismes associés à l'épuration

L'épuration des eaux usées nécessite de présence de différences microorganismes épuratrice celle-ci :

#### 5.2.1. Bactéries épuratrices

Selon ATTAB (2011), dans la biomasse épuratrice, les bactéries constituent le groupe le plus important, qui est en même temps l'acteur principal de l'élimination de la pollution (DEGREMONT, 2005). Les bactéries peuvent se présenter sous différentes formes :

- Bactéries libres : peu abondantes du fait de la prédation par d'autres microorganismes ;
- Bactéries filamenteuses : présentes normalement en petite quantité, elles entravent la décantation par le phénomène de foisonnement est bulking (DEGREMONT, 2005), parmi ces bactéries indésirables : *Sphaerotilus natans* et *Thriothrix nivea*.

- Bactéries floculées : plus intéressantes dans le procédé d'épuration car elles permettent une bonne séparation entre la biomasse épuratrice et l'eau épurée (FRANCK, 2002), les genres les plus fréquents de bactéries floculantes sont : *Pseudomonas*, *Actrobacter*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Zooglea*, *Citromonas*, *Flaviobacterium*, et *Arthromobacter*. (DEGREMONT, 2005).

La nature des composés organiques qui constituent la pollution et les conditions du milieu (pH, température, oxygène dissous), influent sur la nature des germes dominants. Ainsi, un rejet riche en matières protéiques, favorise le développement des germes : *Alcaligenes*, *Bacillus* ou *Flavobacterium*; tandis qu'une eau résiduaire riche en glucides ou en hydrocarbures conduit à la prédominance du germe *Pseudomonas*. La présence de soufre réducteur se répercute par le développement des genres *Thiotrixet Microtrix* (DEGREMONT, 1989).

### Microflore

Des algues benthiques se développent à la périphérie des installations. Des cellules sont entraînées dans les boues et dans les fibres nitrifiantes par abrasion du biofilm, on peut mettre en évidence au microscope des frustules de diatomées (HASLAY et LECLERC, 1993). Toutefois, elles ne jouent pas de rôle en épuration par les procédés de boues activées ou bio filtration, contrairement au cas du lagunage. Les espèces les plus courantes sont des algues planctoniques unicellulaires de petite taille, dont des algues vertes, des algues brunes, des phytoflagellés et des diatomées (DEGREMONT, 2005).

### Microfaune

La microfaune des boues activées et des biofilms des cultures fixées est très importante en quantité, de l'ordre de  $10^6$  à  $10^8$  cellules par litre de boues activées. Elle intervient comme prédatrice des bactéries isolées et des cadavres de bactéries et participe ainsi à la clarification de l'effluent (FRANCK, 2002), comme elle est particulièrement sensible aux variations du milieu. Elle renseigne sur le niveau d'adaptation de la biomasse et est révélatrice des stress auxquels elle est soumise (DEGREMONT, 2005). Selon l'organisation cellulaire des microorganismes, on distingue deux familles d'individus : les protozoaires et les métazoaires (FRANCK, 2002).

#### 5.2.2. Eléments nécessaires au développement des micro-organismes

Le terme « substrat » désigne les substances constituant la nourriture nécessaire au développement des micro-organismes, les composés organiques à dégrader représentant la



majorité de ces substances. Si le substrat n'est pas sous une forme directement assimilable par la bactérie, il sera hydrolysé à l'extérieur de la cellule bactérienne par des exoenzymes. L'azote ammoniacal et les phosphates sont utilisés en tant que nutriments car ils entrent dans la composition des composés cellulaires (protéines, membrane cellulaire, ADN). L'oxygène dissous est également indispensable au développement des bactéries aérobies (**BASSOMPIERRE, 2007**).

## 6. Facteurs influençant le pouvoir épuratoire

L'efficacité des bassins de lagunage dépend de plusieurs facteurs qui sont d'ordre climatique, chimique et physique.

**6.1. Les facteurs climatiques sont les radiations solaires**, considéré comme des bons agents naturels de désinfection. L'importance exacte que ces radiations jouent effectivement dans l'élimination des germes dans les bassins de lagunage est cependant difficile à évaluer (**IDDER, 1998**). **La température, qui agit directement sur la vitesse des réactions biologiques ou l'activité biologique du milieu est d'autant plus importante que la température augmente (BOUKHETALA et IDDOU, 2010). Le vent, cause des turbulences qui assurent un brassage de la masse d'eau et favorise l'oxygénation des eaux des bassins. Et enfin, l'évaporation, qui augmente la charge à la surface et diminue la qualité des effluents à traiter (BARIKA et SENOUSI, 2005).**

**6.2. Les facteurs physiques** sont la forme, la Profondeur et le volume des bassins, la forme des bassins doit être hydrodynamique pour faciliter la circulation des effluents, la profondeur agit directement sur la pénétration de la lumière qui favorise la photosynthèse, et le volume des bassins permet avec les débits de fixer un temps de séjour optimum dépendant de la charge admise et de la dépollution souhaitée (**LABADI et MOUKAR, 2010**). **Le temps de séjour**, qui désigne le temps nécessaire que doivent séjourner les eaux usées dans chaque bassin pour permettre leur épuration. Il varie en fonction des conditions climatiques et donc indirectement affecte les rendements attendus. Les fortes évapotranspirations rencontrées pendant les saisons chaudes peuvent augmenter considérablement le temps de séjour et, par voie de conséquence, le rendement. Le gel d'une tranche d'eau supérieure en hiver, au contraire, réduit le temps de séjour (**BAUDOT et PERERA, 1991**).

**6.3. Les facteurs chimiques sont le pH**, car il existe une limite de tolérance imposée par les micro-organismes (**DEKKICH, 2007**). **La charge organique**, Il faut la choisir de façon à répondre aux exigences des micro-organismes sans dépasser le seuil de

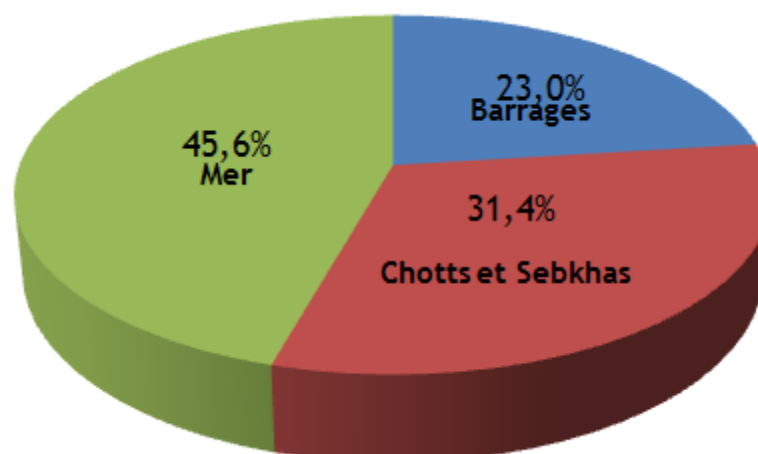
surcharge ou un manqué de charge (TCHIMOGO, 2001 in DAHOU et BREK, 2013). La composition en sels minéraux, ou cette composition doit être suffisante pour assurer aux végétaux une croissance normale, tout excédent peut provoquer des inhibitions (BEKKOUCHE et ZIDANE, 2004).

## 7. Voies d'élimination des eaux usées épurées

Après leur épuration, les eaux usées épurées gagnent une des deux destinations : soit elles vont être rejetées dans le milieu naturel ou bien elles vont être réutilisées dans différents domaines (agricole, industriel, municipal...etc.).

### 7.1. Rejet des eaux usées épurées dans le milieu naturel

Dans le cas de rejet, les eaux usées épurées sont déversées dans le milieu naturel (cours d'eau, plans d'eau, chotts et sebkhas...etc.). En Algérie les eaux usées épurées sont rejetées soit au niveau de la mer, les chotts et les sebkhas ou les barrages par le biais des cours d'eau (NADER, 2013).



**Figure 2.** Rejets des EUE par milieu récepteur en Algérie (TECSULT, 2007)

Le rejet des eaux usées épurées sur les milieux naturels à différentes impacts positives et négatives. Selon l'Agence Française de Développement BRL (2011), le rejet des eaux usées épurées peut avoir des impacts positifs que nous citons, entre autres l'alimentation des zones humides ; le soutien d'étiage des cours d'eau et la création de zones humides surtout en régions arides et semi-arides.

D'autre part, les rejets des eaux usées même épurées dans certains milieux sensibles peuvent causer des problèmes environnementaux graves, parmi lesquels, nous citons l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques causée par l'excès de l'azote et du phosphore,

l'augmentation de la turbidité des eaux réceptrices, la contamination des zones destinées à la baignade par des microorganismes pathogènes ou par des substances chimiques, la pollution des sols par l'accumulation des éléments traces métalliques à long terme, la salinisation ou la sodisation des sols si l'eau usée épurée rejetée est salée ou présente un pouvoir alcalinisant élevé et la génération des certaines nuisances si les sols récepteurs présentent un pouvoir faible à épurer les matières organiques(ADLER, 2005 ; IFREMER, 2002 ; NADER, 2014) ;

La république Algérienne dans son journal officiel en 2006, en basant sur les normes FAO, 2003 ont fixé des normes de rejet des eaux usées épurées dans les milieux naturels afin d'atténuer les impacts négatifs de ces rejets, et d'éviter de causer des problèmes environnementaux pareils à ceux cités ci-dessus.

**A l'échelle nationale**, selon la Journal Officiel de la république Algérienne Démocratique et Populaire, 2006 ; la réglementation algérienne n'a pas consacré un texte qui spécifie les normes de rejet des eaux usées épurées urbaines. Les seules normes de rejets existantes sont celles concernant les effluents liquides industriels citées au sein du décret exécutif n°06-141 du 19 (Voir annexe 2). Parmi les valeurs limites définies dans ce décret, nous citons : MES : 35 mg/l DCO : 120 mg/l DBO5 :35 mg/l NK : 30 mg/l PT : 10 mg/l.

**A l'échelle mondiale**, plusieurs pays ont établi des normes de rejet des effluents liquides afin de protéger l'environnement. A titre d'exemple, la réglementation française distingue les stations qui rejettent en zone non sensible et celles qui rejettent en zone sensible à l'eutrophisation. En zone non sensible, seules les normes concernant les matières organiques (DCO, DBO5 et MES) sont à respecter, et en zone sensible, s'y ajoutent les normes concernant les nitrates et/ou les phosphates (voir annexes 03) (BAUMONT et al, 2004)

## **7.2. Réutilisation des eaux usées épurées**

### **7.2.1. Statistique de réutilisation**

L'utilisation des eaux usées domestiques pour l'irrigation des terres agricoles est une pratique ancienne dans nombreuse pays du monde (SCOTT et al., 2007). Elle est connue depuis la fin du 19eme siècle (FAO, 2003). Actuellement, cette pratique commence à prendre l'ampleur à cause de la rareté des eaux conventionnelles surtout dans les régions arides et semi-arides (SCOTT et al., 2007). En terme de surface, plus de 20

million hectares des terres agricoles sont irriguées par les eaux usées épurées travers le monde (DER HOEK, 2007)

### A. Réutilisation des eaux usées épurées à l'échelle mondiale

La réutilisation des eaux usées épurées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an en Europe (surtout les pays méditerranéens), aux États Unis et en Chine, et jusqu'à 41 % en Australie (LAZAROVA et BRISSAUD, 2007).

### B. Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie

La réutilisation des eaux usées épurées en Algérie peut être qualifiée d'embryonnaire et les volumes réutilisés sont très faibles (environ 14 millions m<sup>3</sup>/an). D'après DMRE (2013), environ 2% du volume d'eau usée épurée est réutilisée pour irriguer une superficie de 1 285 ha d'une façon réglementaire.

**Le tableau 1.** Précise quelques chiffres des volumes des eaux usées épurées réutilisées en Algérie (ONA, 2014)

Domaines de réutilisation	Volume des eaux
Agriculture	13 424 789m <sup>3</sup>
Lutte contre l'incendie	138 066m <sup>3</sup>
Arrosage des arbres	1 077 665m <sup>3</sup>
Lavage des chaussées	370m <sup>3</sup>

**BRL. (2011)**, déclare que la réutilisation des eaux usées épurées peut être envisagée en vue de protéger l'environnement, qu'il soit marin, lacustre ou souterrain, afin de permettre le maintien d'usages ou de biodiversités en aval. On peut ainsi bâtir un projet de réutilisation en vue d'une limitation du rejet dans l'environnement, voire atteindre un rejet zéro dans le milieu. Ainsi que la préservation des ressources pour faire face à une situation de stress hydrique.

**Concernant les usages des eaux usées épurées, peut être agricole, c'est la plus répandue, permettant d'exploiter l'eau et la matière fertilisante contenue dans ces eaux, réalisant ainsi une économie d'eau et d'engrais. Utilisation municipale pour l'arrosage**

des espaces verts, lavage des rues, alimentation des plans d'eau, lutte contre les incendies, l'arrosage des terrains de golf, des chantiers de travaux publics, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes. **Utilisation industrielle pour refroidissement. Amélioration des ressources et recharge des nappes** pour la lutte contre les rabattements des nappes et la protection contre l'intrusion des biseaux salés en bord de mer. **Enfin, utilisation forestière** pour mise en valeur sylvicole (BRL, 2011).

### 7.2.2. Impacts de la réutilisation des eaux usées épurées

La pratique de la réutilisation des eaux usées épurées génère des avantages environnementaux et désavantages.

La FAO considère que du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus sûre et la plus réaliste (FAO, 2003). De même, pour l'OMS, juge que du point de vue protection de l'environnement, la réutilisation des eaux usées est souvent la meilleure méthode d'évacuation (OMS, 1989).

Parallèlement, selon la FAO. (2003), lorsque l'eau usée est utilisée correctement à des fins agricoles, plutôt que toute autre utilisation, l'environnement peut être amélioré, parmi les avantages environnementaux la suppression de rejet en eaux de surface, prévient l'éventualité de situations esthétiques désagréables, de conditions anaérobies dans les cours d'eau et l'eutrophisation des lacs et réservoirs, la sauvegarde des ressources en eaux souterraines dans les zones de surexploitation de ces ressources par l'agriculture, et la possibilité de conservation des sols et de leur amélioration par apport d'humus sur les terres agricoles et de prévention de l'érosion.

Concernant les impacts négatifs et les risques de la réutilisation des eaux usées épurées, les eaux usées épurées réutilisées peuvent engendrer des problèmes sanitaires à la population exposée du fait de la présence des risques de transmission des microorganismes pathogènes ou des éléments chimiques toxiques aux agriculteurs ou aux ouvriers utilisant cette eau. Cette transmission peut se produire, soit par : contact des utilisateurs avec cette eau usée épurée, inhalation des aérosols générés par cette eau (cas d'arrosage par aspersion) ou par consommation des produits irrigués par cette eau usée épurée (BAUMONT, 2004).

Les risques de contamination sont d'ordre microbiologique ou chimique (**BRL, 2011**). Du point de vue microbiologie, des maladies peuvent être causées par les bactéries pathogènes, les virus, les protozoaires ou par les helminthes contenus dans les eaux usées épurées (**OMS, 1989**). D'autre part, l'irrigation à partir des eaux usées épurées, peut apporter des éléments toxiques à la plante, tels que le plomb, le mercure, le cadmium, le brome, le fluor, l'aluminium, le nickel, le chrome, le sélénium et l'étain (**BELAID, 2010**). Ces substances toxiques peuvent, à travers les produits irrigués avec des eaux usées, entrer dans la chaîne alimentaire. Cependant, le risque est extrêmement petit lors d'un usage des eaux usées domestiques (**BENABDALLAH et NABEURT, 2003**).

D'autres risques environnementaux peuvent être constatés sur le sol tel que la salinisation, l'alcalinisation et la réduction de la perméabilité du sol et l'accumulation d'éléments potentiellement toxiques (**FAO, 2003**). D'après **BELAID (2010)**, d'autres effets peuvent être remarqués sur les eaux souterraines, entre autre la dégradation de la qualité des eaux souterraines par des constituants de l'eau usée (salinisation, alcalinisation et pollution causée par les nitrates, les phosphates ou les micropolluants). A titre indicatif, dans le périmètre de Sokra, du côté de Tunis ont constaté trois effets de l'irrigation par les eaux usées épurées sur la nappe phréatique :

- ❖ Une augmentation de la salinité qui est passée de 2,3 à 4 ms/cm après 20 ans d'irrigation ;
- ❖ Une contamination microbienne liée à la proximité de la nappe de la surface du sol ;
- ❖ Une pollution par les métaux lourds.

## **8. Normes de réutilisation des eaux usées épurées**

### **8.1. Normes microbiologiques**

Il existe deux grands groupes de normes s'inspirant, soit des recommandations de l'OMS, soit des recommandations de l'USEPA (United States Environmental Protection Agency) (**ABBOU, 2010**). Les recommandations de l'OMS (Annexe 4) ne concernent que l'usage agricole, la qualité microbiologique exigée est définie par le nombre d'œufs de nématodes et la teneur en coliformes fécaux. Pour chaque qualité microbiologique requise, un traitement des eaux usées est préconisé (**BAUMONT et al., 2004**).

Les groupes potentiellement exposés et le mode d'irrigation souhaité sont également signalés. Les protozoaires ne sont pas mentionnés, car on suppose qu'ils sont éliminés dans les mêmes proportions que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Pour une irrigation non restrictive, les paramètres exigés sont de moins de 1 000 CF/100ml et moins de 0,1 œuf d'helminthe/l. Pour une utilisation restrictive, le nombre d'œufs d'helminthe est augmenté à 1 par litre. Ces normes sont réputées être applicables aux différents pays, particulièrement ceux en voie de développement (**Unité d'appui au programme, 2010**).

Contrairement aux recommandations de l'OMS, les recommandations de l'USEPA (Annexe 5), concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées, et aussi les normes établies visent une qualité de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Pour la réutilisation en agriculture, elles exigent une eau contenant moins de 1 ou 200 coliformes thermo-tolérants/100ml selon la culture (**BAUMONT et al, 2004**).

Parmi les normes de l'USEPA, les normes californiennes apparues en 1978 sont considérées parmi les plus strictes dans le monde. Il y est exigé moins de 2,2 coliformes fécaux (CF)/100 ml pour une utilisation non limitée. Pour un usage restrictif, la limite maximale tolérée dans les eaux usées épurées est de 23 CF/100 ml (**Unité d'appui au programme, 2010**).

**Concernant** la norme algérienne représente un bon compromis entre les recommandations de l'OMS et celles plus sévères de l'USEPA. Cette norme est annexée dans l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012, fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (Annexe 6).

La qualité microbiologique de l'eau épurée requise est définie par le nombre d'œufs de nématodes et la teneur en coliformes fécaux. Pour une irrigation non restrictive, les paramètres exigés sont de moins de 100 CF/100ml et une absence totale des œufs de nématodes intestinaux. Pour une utilisation restrictive, le nombre d'œufs de nématodes toléré, qui est entre 0,1 à 1 œuf par litre, selon la culture et le nombre des coliformes fécaux toléré, compris entre 250 à 1000 CF/100ml selon culture. Lorsque l'irrigation est localisée, il n'y a pas de normes recommandées, les cultures irriguées sont celles exigeant un seuil inférieur à 1000 CF/100ml et 1 œuf par litre de nématodes, une autre condition est que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées.

## **8.2. Normes physico-chimiques**

En ce qui concerne les normes physico-chimiques, la réglementation algérienne a suivi avec rigueur les directives de la FAO. Ces directives exposées en annexes 07 ont été bonifiées par la spécification d'autres paramètres, comme : DBO, DCO, MES, cyanures, phénols et mercure

### **Conclusion partielle**

La pratique de la réutilisation agricole des eaux épurées, nécessite le respect des normes nationales et internationales de leurs rejets dans les milieux récepteurs. D'après les études, ces eaux résiduaires et de drainage peuvent causer l'augmentation du niveau piézométrique de la nappe phréatique, ainsi la modification de leurs caractéristiques physicochimiques et microbiologiques.

Le chapitre suivant est consacré à la présentation de notre matériel et méthodes d'étude utilisés pour la réalisation de ce travail.



*Partie 2 :*  
*Matériel et Méthodes*

# *Chapitre II*

## *Matériel d'étude*

## Chapitre II. Matériel d'étude

### 1. Présentation de la région d'étude

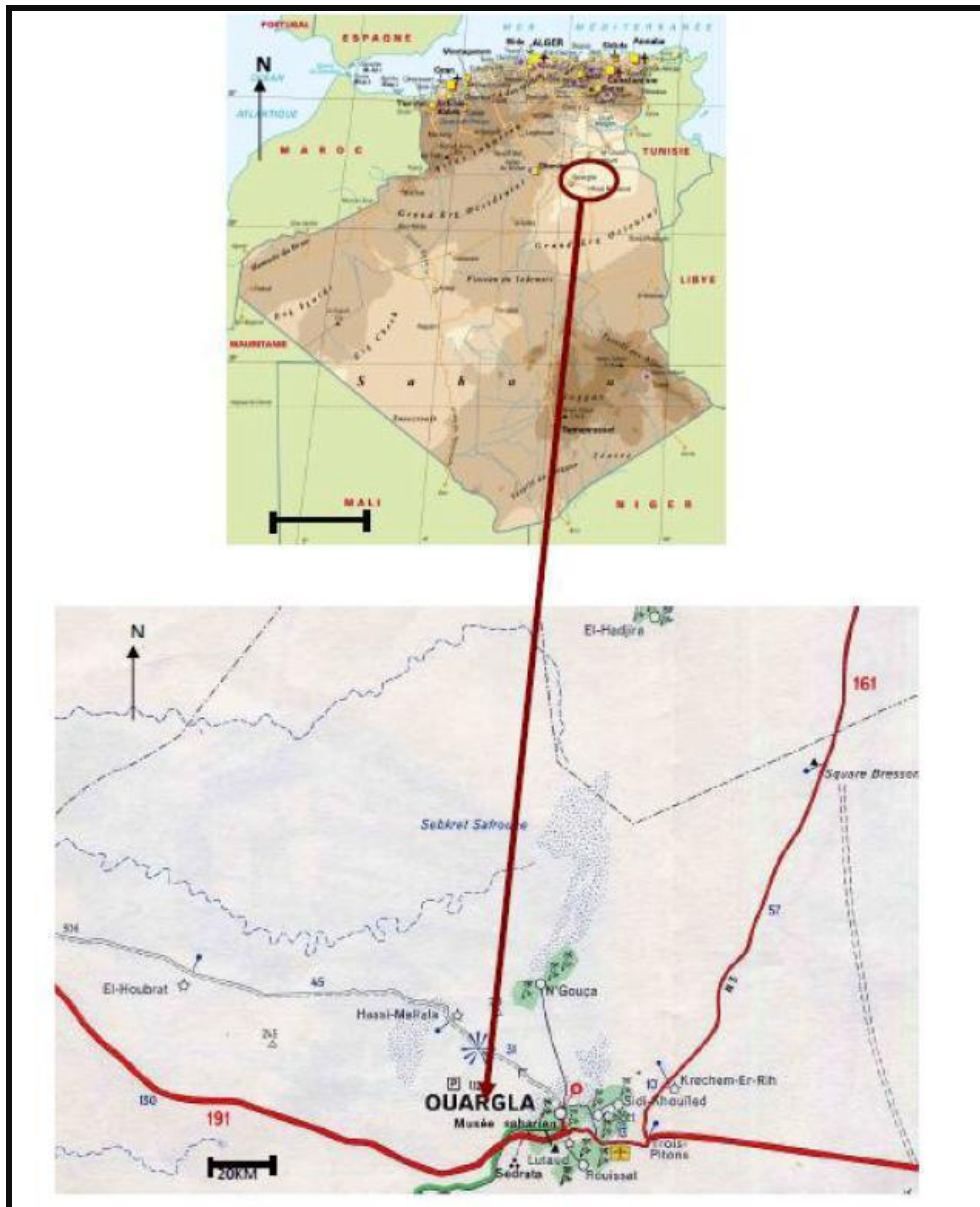
#### 1.1. La situation géographique

La wilaya de Ouargla se situe au sud-est de l'Algérie, couvrant une superficie de 163.230 Km<sup>2</sup> et demeure l'une des collectivités administratives les plus étendues du pays (DPAT, 2005). La commune de Ouargla est le chef-lieu de la wilaya.

Elle se situe au fond d'une cuvette de la basse vallée de l'Oued Mya. Cette vallée fossile est bordée au Nord par le seuil de Bour El Haïcha. Au Sud, elle est limitée par des palmiers éparpillés qui sont les témoins d'anciennes plantations. Les dunes de l'erg Touil s'étendent à l'Est. A l'Ouest, la région d'études est bordée par la falaise terminale du plateau de Guantara (KADDOURI et LAIB ,2016).

La ville de Ouargla, Rouissat et Aïn el Beïda forment une unité urbaine, appelée l'agglomération de Ouargla, qui avec ses palmeraies constituent l'une des plus grandes oasis du Sahara algérien. L'agglomération de Ouargla est située dans une dépression appelée « Cuvette de Ouargla ». Cette cuvette dont notre étude s'est déroulée est sise dans le Bas-Sahara algérien ; elle correspond à la basse vallée fossile de l'Oued M'ya qui draine le versant Nord du plateau de Tadmait, et se termine à Sebkhath Safioune (HAMDI-AISSA et GIRARD, 2000). La cuvette de Ouargla est limitée par :

- ✓ la Sebkhath Safioune au Nord ;
- ✓ les ergs Touil et Arifdji à l'Est ;
- ✓ les dunes de Sedrata au Sud ;
- ✓ le versant Est de la dorsale du Mzab à l'Ouest (BONNARD et GARDAL. 2004).



**Figure 3.** Position géographique de la région de Ouargla (DAHOU et BREK ,2013)

## 1.2. Climat

Ouargla est caractérisée par un climat contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

### 1.2.1. Etude des paramètres climatiques

Pour caractériser le climat de Ouargla, les données des différents paramètres météorologiques sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau 2.** Données climatiques de la région d'Ouargla (1978-2016) **O.N.M Ouargla**  
(2017)

Paramètres	Température (°C)			P (mm)	H (%)	E (mm)	I (h)	V (m/s)
	Min	max	Moy					
Janvier	4.96	18.70	12.06	3.27	55.25	19.95	208.06	8.40
Février	6.34	20.88	13.58	1.75	50.73	143.79	216.77	9.61
Mars	10.34	25.73	18.70	3.11	45.87	198.70	237.68	10.89
Avril	14.73	29.13	22.73	3.86	36.97	256.92	245.63	12.15
Mai	19.53	36.60	27.18	1.21	26.30	318.96	257.73	12.90
Juin	24.94	40.18	31.97	0.32	23.48	373.12	207.24	12.9
Juillet	27.19	43.25	35.45	0.01	21.45	419.01	263.71	10.32
Août	26.83	41.91	34.00	1.20	24.95	96.84	272.83	10.62
Septembre	23.75	37.24	30.82	1.46	31.92	280.68	231.39	2.50
Octobre	18.36	31.66	26.25	2.52	37.78	225.72	231.15	8.91
Novembre	10.34	23.90	16.64	6.01	51.07	134.90	197.25	7.00
Décembre	5.62	18.84	11.59	14.69	58.39	117.71	189.53	7.35
Moyen/cummul	16.08	30.67	23.41	39.46*	38.68	2559.35*	2759.02	9.41

**T max** : Température maximale du mois le plus chaud en °C

**T min**: Température minimale du mois le plus froid en °C,

**T moy** : température moyenne annuelle en °C.

**P**: Pluviosité en mm,

**H**: Humidité relative en %,

**E**: Evaporation en mm,

**I** : Insolation en heures,

**V** : Vitesse du vent en m/s,

\* : cumul.

### 1.2.2. Synthèse climatique

**A. Diagramme ombro-thermique de Gausse**, pour déterminer la période sèche, on utilise le diagramme pluvio-thermique, suivant un principe d'échelle  $P=2T$ . Avec :

**P** : Précipitation. **T** : Température moyenne annuelles.

Selon la définition de Gausse, une période sèche est une période pendant laquelle les précipitations totales du mois sont inférieurs ou égales au double de la température du même mois. Ce diagramme montre que pour un climat saharien, il n'y a pas de période humide, et que toute l'année est sèche (déficitaire).

En effet, le diagramme ombro-thermique de la région d'Ouargla durant une dizaine d'année (1978-2016) montre l'existence d'une seule période sèche qui la caractérise.

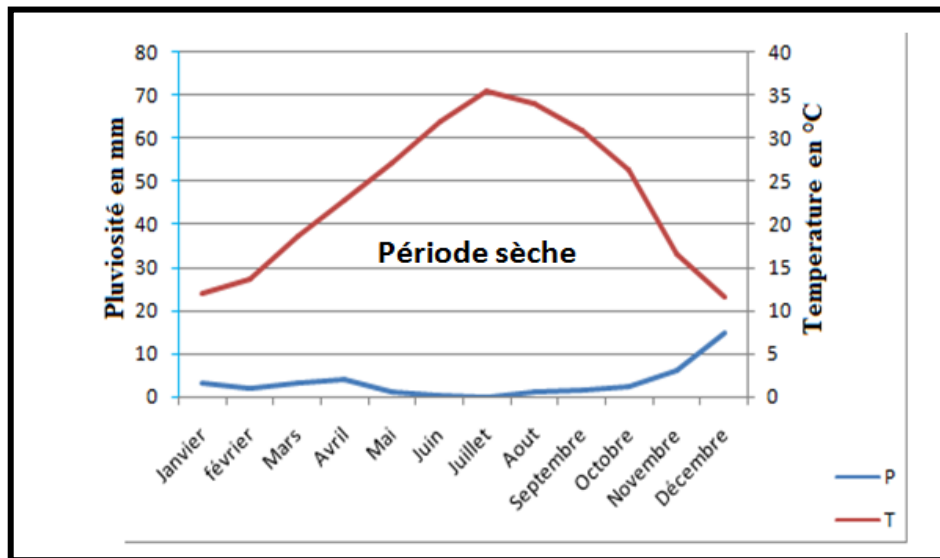


Figure 4. Diagramme ombro thermique de Bagnouls et Gausson relatif à la région d'Ouargla (1978-2016)

### B. Diagramme D'EMBERGER

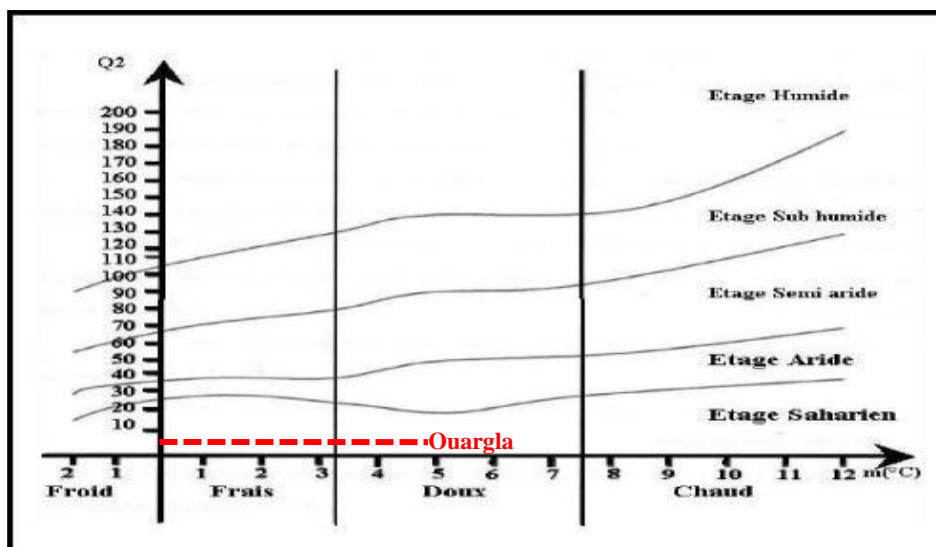


Figure 5. Diagramme D'EMBERGER de la région de Ouargla

- $Q3=3.42 P/M-m$
- **Q3**: quotient pluvio-thermique de Stewart ;
- **P** : pluviosité moyenne annuelle en mm;
- **M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C;
- **m** : moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

D'après les données étudiées ci-dessus, la région de Ouargla, est située dans l'étage climatique hyper-aride caractérisé par un bioclimat saharien à hiver doux, et avec période sèche s'étale sur toute l'année.

### 1. 3. Topographie

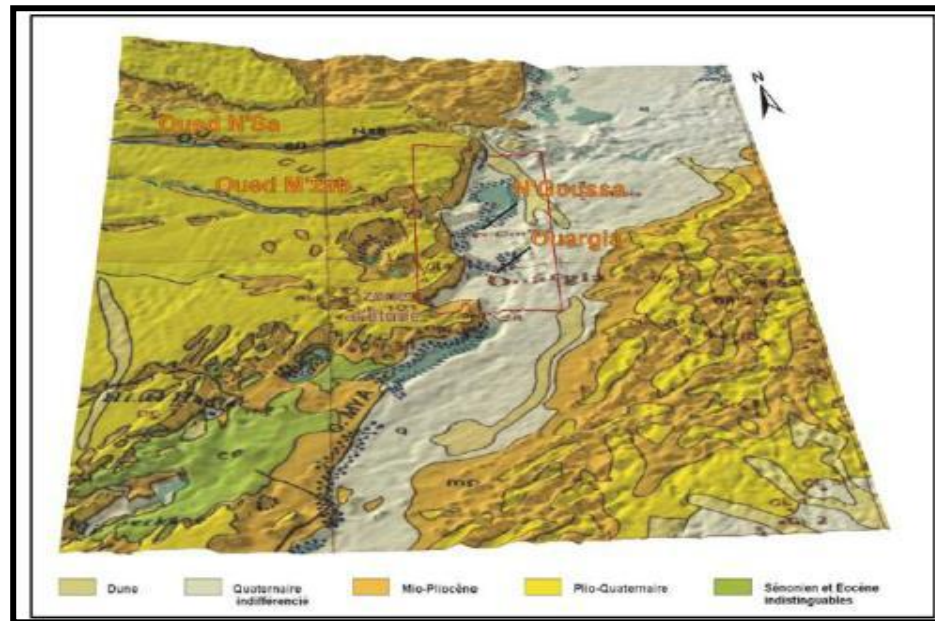
Selon **KADDOURI et LAIB (2016)**, le relief de Ouargla est caractérisé par la prédominance des dunes. Il n'y a pas de plissement à l'ère tertiaire, si bien que le relief revêt fréquemment un aspect tabulaire aux strates parallèles (**BRIGOL, 1975**). Et selon On distingue trois paliers de pentes :

- ✓ les pentes de 2 ‰, se localisent des pieds du Djebel Abbad à la rive de la Sebkhia de Ouargla ;
- ✓ les pentes de 1,8 ‰, sont situées au nord de la Sebkhia de Ouargla, jusqu'à la palmeraie de N'goussa ;
- ✓ la topographie devient pratiquement plane de N'goussa jusqu'aux rives de Sebkhia Safioune, à une pente de 0,6 ‰ (**ANRH, 2005**).

### 1. 4. Géomorphologie

La région de Ouargla correspond à la basse vallée fossile (quaternaire) de l'oued Mya qui descend en pente douce (1%) du plateau de Tademaït et se termine à 20 km au Nord de Ouargla. La vallée atteint alors près de 30 km de large (**KADDOURI et LAIB, 2016**). Elle se distingue en quatre ensembles géomorphologiques d'Ouest à l'Est :

- ✓ Le plateau de la Hamada pliocène, à l'Ouest de Ouargla, s'abaisse légèrement d'Ouest en Est. Il est à 220 m au-dessus de la vallée fossile (quaternaire)
- ✓ Les glacis, sur le versant Ouest de la cuvette, s'étagent du plus ancien au plus récent, d'Ouest en Est sur quatre niveaux de 140 m à 200 m. Les glacis de 160 m et de 180 m, sont très visibles.
- ✓ Le chott et la sebkhia constituent le niveau le plus bas. Le chott correspond à la bordure de la sebkhia. Le bas-fond se caractérise par la présence d'une nappe phréatique permanente, très peu profonde (1 à 5 m) dans le chott, qui affleure en surface au centre de la sebkhia (**LEGER, 2003**).
- ✓ Les dayas : Ce sont des petites dépressions circulaires, résultant de la dissolution locale des dalles calcaires ou siliceuses qui constituent les Hamadas (**OZENDA, 1991 in KADDOURI et LAIB, 2016**).



**Figure 6.** Relief géologique de la région de Ouargla Superposition de la carte géologique (NADER ,2014)

### 1.5. Hydrographie

Pour les ressources hydrographiques dans la région de Ouargla, on trouve l'oued Mya. Son lit est d'une largeur très variable, à 11 km au sud de l'agglomération, cette largeur d'environ 4 kms pour atteindre ensuite 12 kms, au niveau de l'oasis, et à 7 kms au nord, elle se rétrécit et varie entre 6 et 7 kms L'oued Mya dont la source se situe au sud dans les massifs montagneux de Tadmaït, traversant, autrefois Ouargla, avant de recevoir au niveau de la sebkhet safioune, les apports de l'oued M'Zab et de l'oued N'ssa. Plus au Nord, aux environs de Touggourt, la vallée de l'oued Mya converge avec celle de l'oued Igharghar pour constituer la vallée de l'oued Righ qui aboutit au chott Melrire (KADDOURI et LAIB, 2016).

### 1.6. Géologie

Le territoire de la ville de Ouargla est situé dans l'immense bassin saharien, caractérisé par la prédominance de dépôts plio-quaternaires. Des effleurements éocènes et crétacés se rencontrent néanmoins à l'Est. Il est situé dans une région très peu accidentée et stable tectoniquement. Trois régions distinctes peuvent être distinguées :



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

Du point de vue lithologique et pétrographique on rencontre dans les affleurements à travers le territoire de la région de alluvions actuels, des sebkhas et croûtes gypso salins, des calcaires lacustres, des conglomérats, des calcaires marneux à rognon siliceux, des marnes et en fin des calcaires dolomitiques (in **KADDOURI et LAIB, 2016**).

### 1.7. Hydrogéologie

La cuvette de Ouargla appartient au Bas-Sahara algérien. Il s'agit d'un immense bassin sédimentaire, en forme de synclinal dissymétrique, particulièrement bien doté en couches perméables, favorables à la circulation souterraine des eaux. Certaines recouvertes de terrains imperméables, assurent l'existence de nappes captives, alors que d'autres, situées au sommet des dépôts et sans couverture étanche, permettent la formation de nappes phréatiques (**BONNARD et GARDAL, 2004**). Deux grands ensembles d'aquifères existent : l'inférieur est appelé le Continental Intercalaire (CI) et le supérieur est appelé le Complexe Terminal (CT). Une nappe phréatique d'importance plus modeste s'ajoute aux deux ensembles précédents. (**NADER, 2014**)

#### 1.7.1. Nappe du Continental Intercalaire

C'est un système aquifère multicouche dont la profondeur atteint localement 2000 m et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. A Ouargla, il est exploité entre 1150 m et 1350 m de profondeur, Les eaux de cette nappe sont moins minéralisées comparées à celles des autres nappes (**BONNARD et GARDAL, 2004**).

#### 1.7.2. Nappes du Complexe terminal

L'ensemble aquifère du Complexe Terminal (CT), comprend trois aquifères différents, qui de haut en bas sont : le Mio-pliocène, le Sénonien et le Turonien (**BONNARD et GARDAL, 2004**).

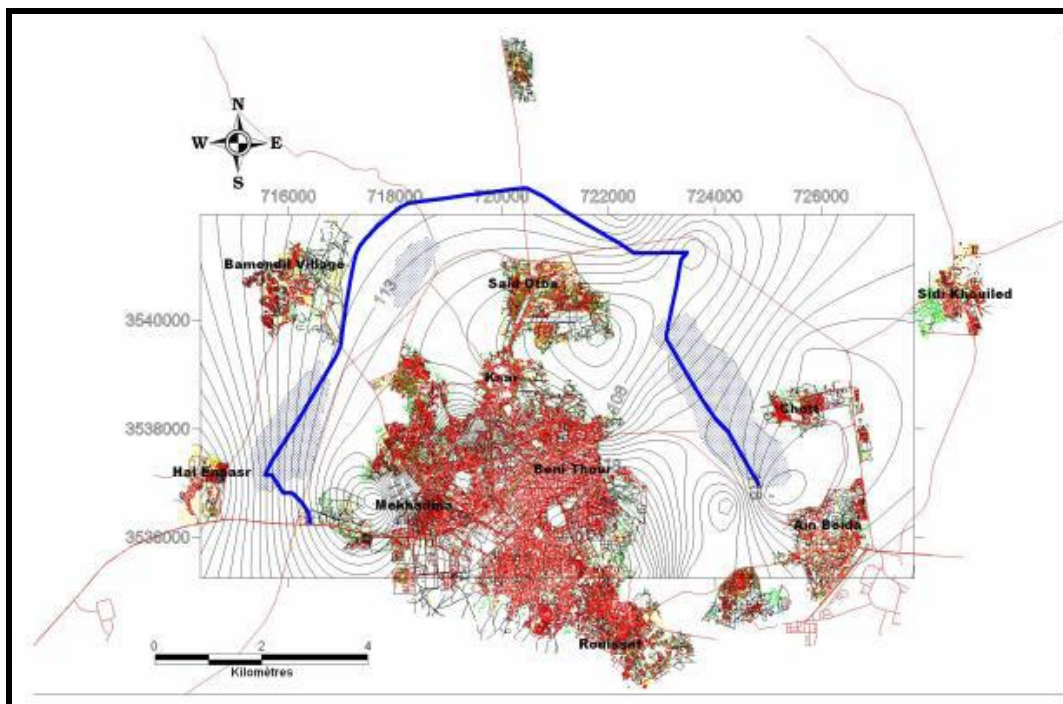
- **Nappe du Mio-Pliocène (nappe des sables) :** Nappe contenue dans les sables grossiers atteinte vers 30 à 60 m de profondeur (**BONNARD et GARDAL, 2004**). Elle s'écoule du sud-sud-ouest vers le nord-nord-est en direction du Chott Melghir. Sa salinité est très variable, variant de 2 à 7 g/l (voir annexe 12). Elle est utilisée surtout pour l'irrigation (**AMMOUR et TOUIL, 2007**).

- **Nappe du Sénonien (nappe des calcaires) :** La nappe artésienne du Sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur. Le résidu sec varie entre 1,8 et 3,6 g/l (BONNARD et GARDAL, 2003).

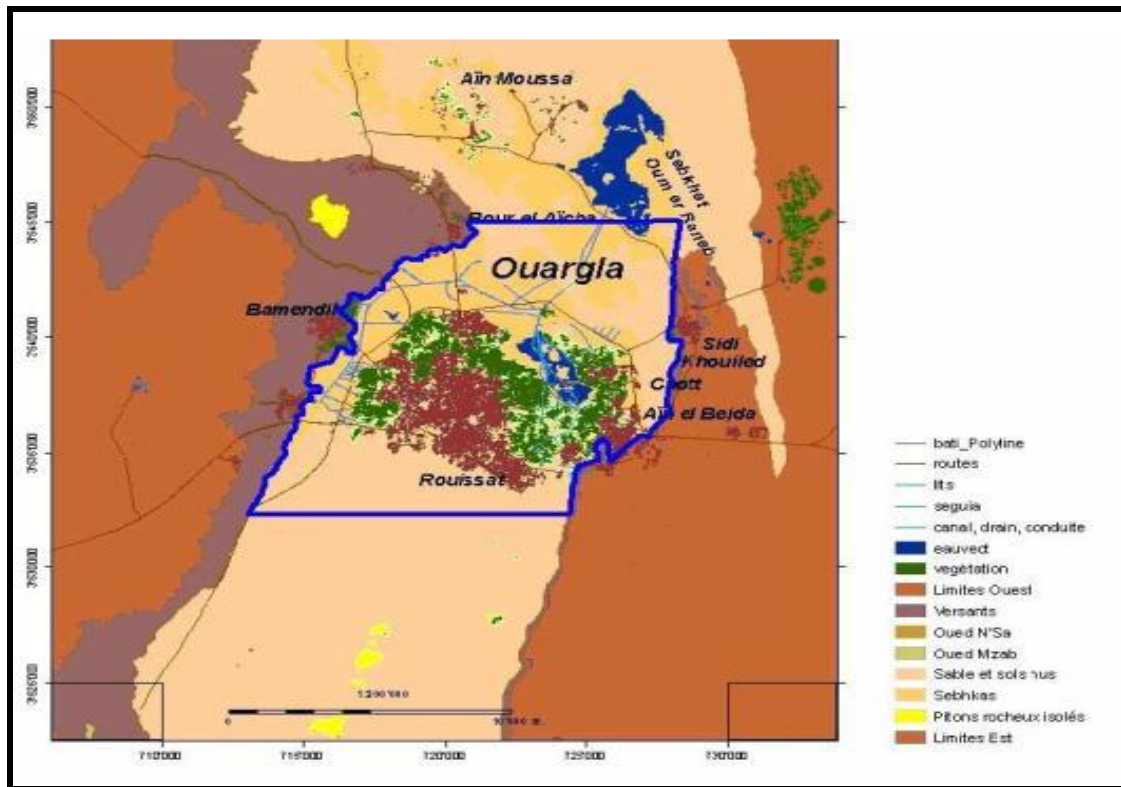
### 1.7.3. Nappe phréatique

La nappe phréatique repose sur un épais niveau imperméable, étanche, qui occupe tout le fond de la vallée de Ouargla (Fig 7 et 8) et l'isole des nappes artésiennes sous-jacentes (BONNARD et GARDAL, 2004). Sa frange capillaire surgit souvent à la surface du sol sous forme de chotts. Elle est relativement profonde au niveau des hautes altitudes (Ergs), et moins profonde à proximité des palmeraies irriguées. Le sens d'écoulement des eaux est en général d'orientation sud-nord. (BONNARD et GARDAL., 2004). Avec une profondeur qui varie de 1 à 8 m en fonction du lieu et de la saison (ROUVILLOIS-BRIGOL., 1975). Ces eaux s'écoulent vers la Sebkhate Safioune qui est le principal exutoire des eaux de cette nappe.

La qualité des eaux de la nappe phréatique est très dégradée. La conductivité électrique est très forte, elle augmente en allant du sud vers le nord. A Sebkhate Safioune, la conductivité varie de 199 à 214 ms/cm à 25°C. Au niveau de N'goussa, la teneur en sels est d'environ 30 g/l (voir annexe 08). (BONNARD et GARDAL, 2004)



**Figure 7.** Carte substratum de la nappe phréatique dans la région de Ouargla. (BONNARD et GARDAL, 2004)



**Figure 8.** Limites géologiques de la nappe phréatique dans la région de Ouargla.

(BELKHIRA *et al.*, 2011)

La nappe phréatique dans la région de la cuvette de Ouargla se distingue par une pollution d'origine domestique et forte salinité. En effet, et contrairement à l'ensemble des régions Sahariennes, cette formation n'est pas utilisée ni pour l'alimentation en eau potable (AEP) ni pour l'irrigation. Son inutilisation est justifiée par la teneur élevée de sa salinité qui est généralement de 10 à 15 g de résidu sec sur l'ensemble de la région et peut dépasser les 25 g à la périphérie des chotts. Cette formation qui est alimentée principalement par les nappes sous-jacentes (CI et CT), son niveau d'eau est proche de la surface du sol et il est devenu gênant pour les cultures et les habitations (PAWT, 2012 in KADDOURI et LAIB, 2016)

### 1.8. Pédologie

Selon HALILAT (1993), les sols de Ouargla sont légers à prédominance sableux et à structure particulière, Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une faible activité biologique, une forte salinité et une bonne aération, On distingue dans la région trois types de sol : Sol sal sodique, Sol hydro morphe, Sol minéral brut

Le sol est un support pour les cultures et un réservoir pour les eaux et les éléments nutritifs, il assure le stockage des éléments nécessaire à la vie des végétaux et leur réapprovisionnement (DUBOST, 2002).

## 2. Choix de la zone d'étude

Notre étude expérimentale a été réalisée dans la cuvette d'Ouargla, dans un périmètre de mise en valeur situé au nord de la station d'épuration, où une nouvelle tentative de valorisation agricole des eaux traitées évacués vers sebkhet sefioune, a débuté ces dernières années. Cet intervalle constitue notre zone d'étude pour des différents raisons à savoir : -Existence de la pratique de réutilisation agricole des eaux usées épurées ; -Existence des piézomètres déjà installés dans la zone d'étude, suivant nos objectifs d'étude.

### 2.1. Présentation de la station d'épuration

La station d'épuration des eaux usées par le lagunage aéré de Ouargla et le périmètre agricole sont localisés dans la zone de Saïd Otba (BOUHANNA, 2014) (Fig 9). La station est mise en service en 2009, a été réalisée par la société allemande Dwydag pour le compte de l'ONA. A une capacité de 400.000 équivalent /habitant, elle est dimensionnée pour un débit moyen de 57000 l/ jour et traite actuellement un débit de 15 000 l/s. Elle se situe au Nord-est de Ouargla entre les deux branches du canal de drainage dans la région de Saïd Otba au nord de la Route nationale N°49.



Figure 9. Situation géographique de la station d'épuration de Saïd Otba (GOOGLE in MENSOUS, 2011)

La station d'épuration des eaux usées de Ouargla, se constitue de 08 bassins divisés en 03 niveaux avec 11 lits de séchage (**Fig 10**). Elle fonctionne selon le principe du lagunage aéré. A une capacité de 400.000 équivalent /habitant, elle est dimensionnée pour un débit moyen de 57000 l/ jour et traite actuellement un débit de 15 000 l/s (**BOUHANNA, 2014**).



**Figure 10.** Composantes de la station d'épuration de Ouargla (**GOOGLE Earth in NADER, 2014**)

D'après **NADER (2014)**, les principaux objectifs fixés initialement de la station sont:

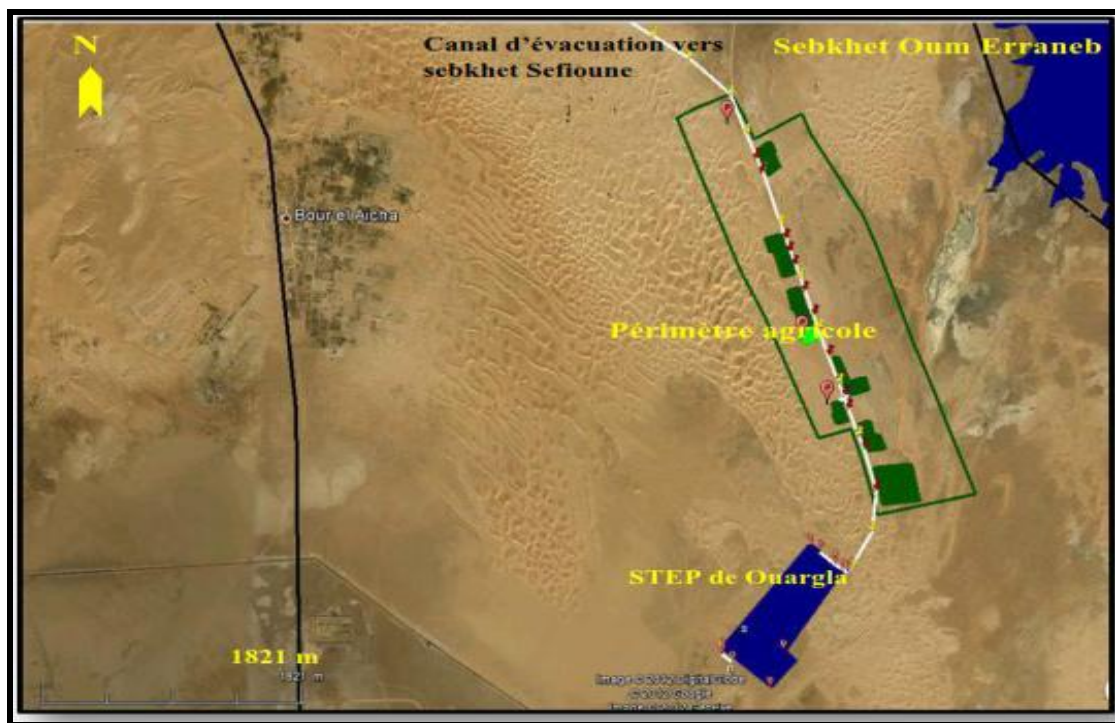
- Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées.
- Protéger le milieu récepteur.
- Supprimer les risques de remontée des eaux en diminuant le niveau de la nappe phréatique.
- Se garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés.

La Mode de fonctionnement de Cette station d'épuration est de type lagunage aéré. La filière de traitement retenue est constituée : De prétraitement, D'un premier étage de traitement par lagunage aéré, D'un second étage de traitement par lagunage aéré, D'un

troisième étage de traitement par lagunage de finition et De lits de séchage des boues (voir Annexe 9).

## 2.2. Périmètre agricole

Le périmètre agricole choisi dans notre étude est situé au nord de la station d'épuration d'Ouargla (**Fig 11**), périmètre s'étalant sur une superficie de quelques dizaines hectares. Cette nouvelle zone de mise en valeur où les agriculteurs prennent la charge de tester les possibilités de réutilisation des eaux usées épurées en agriculture est considérée comme un intervalle d'expérimentation, surtout pour la Phénicie culture irriguée par les EUE, ce qui est conseillé par l'Office National d'assainissement. Dans la zone précitée, une section des exploitations agricoles irrigués les eaux usées épurées, pompées du canal de transfert des effluents de la STEP de Ouargla vers sebkhet Sefioune. De plus, il existe certains agriculteurs qui préfèrent utiliser les eaux conventionnelles des puits et des forages pour l'irrigation de leurs cultures (**BOUHANNA, 2014**).



**Figure 11.** Localisation du périmètre agricole (GOOGLE Earth in BOUHANNA ,2014)

Le travail réalisé dans le périmètre agricole a concerné une section de celui-ci, composée de trois stations irriguées par les eaux usées épurées, trois stations irriguées par les eaux conventionnelles et aussi trois stations non irriguées. Cette section va faire l'objet de notre étude sur le terrain.

# *Chapitre III*

## *Méthodologie d'étude*

### Chapitre III. Méthodologie d'étude

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute et de l'eau traitée afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution au niveau de chaque phase de traitement ainsi que le rendement d'abattement des polluants à fin d'apprécier les performances épuratoires des systèmes d'épurations. Parmi les paramètres utilisées on cite les paramètres bactériologiques ; coliformes fécaux et totaux, les streptocoques fécaux et totaux.

Nous avons alloué cette partie du travail à la présentation de l'approche méthodologique ainsi que les méthodes d'analyses adoptés pour la réalisation de cette recherche.

#### 1. Approche Méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à étudier la qualité microbiologique des eaux de la nappe phréatique dans la zone de Said Otba, dans un périmètre de mis en valeur situé au nord de la station d'épuration des eaux usées de Ouargla, où il aurait la pratique de réutilisation agricole des eaux épurées. Cette étude a été réalisée en plusieurs étapes à savoir :

- **Choix de la zone d'étude** : le périmètre agricole de mis en valeur situé au nord de la station d'épuration des eaux usées de Ouargla, cette zone a été choisi pour nombreux raisons, qui sont expliqués ci-dessus ;

- **Choix des sites d'étude** : neufs stations sont choisi comme sites d'études avec deux témoins (eaux d'irrigation);

- **Prélèvement des eaux de la nappe phréatique** : ce prélèvement s'est fait à partir des différents stations [stations irrigué par les eaux conventionnelles, des stations irrigué par les eaux usées épurées et les stations non irrigué (non cultivé)]. Ce prélèvement a été suivi par : Analyses bactériologiques des eaux d'irrigation et de nappe phréatique ;

- Interprétations des résultats obtenus à travers cette étude, ainsi que la confirmation si y a-t-il un impact de réutilisation agricole des eaux épurées sur la qualité microbiologique des eaux de la nappe phréatique dans la cuvette de Ouargla.



## 1.1. Méthode de prélèvement

### 1.1.1. Précaution

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé (**RODIER et al, 2009**). Pour ceci on a veillé à prélever en respectant les conditions de stérilité où des flacons de prélèvement en verre ont été nettoyés, stérilisés à l'étuve à 180°C pendant 2 heures ; ils n'étaient ouverts qu'au moment du prélèvement. Après prélèvement, les flacons ont été étiquetés, mis dans une glacière et conservés à une température avoisinant 4°C puis transportés directement au laboratoire et conservés au réfrigérateur à 4°C jusqu'au moment des analyses (**CEAEQ, 2008**).

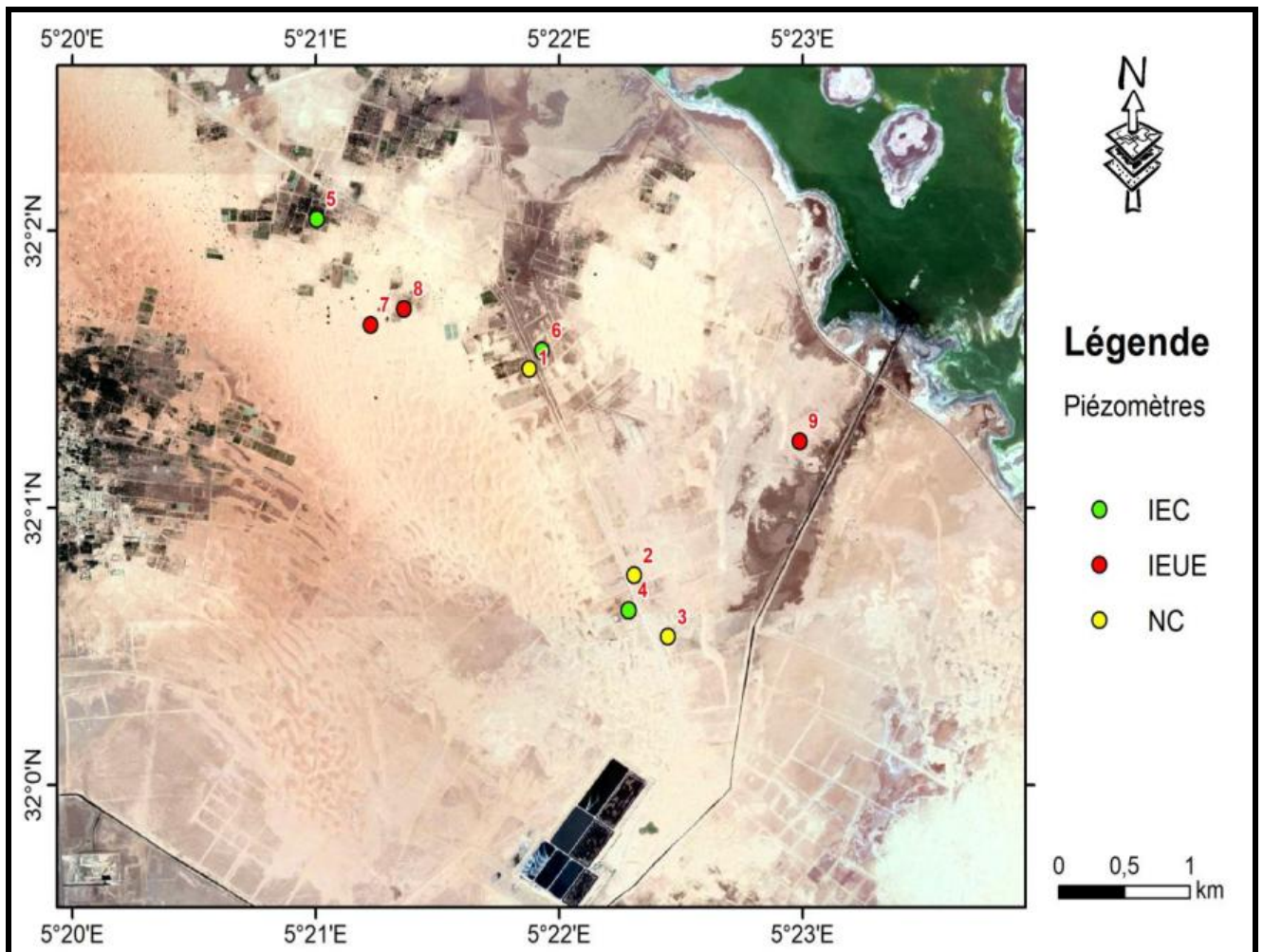
L'échantillon a été un prélèvement instantané, car selon le centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, seuls les échantillons instantanés peuvent être soumis aux analyses microbiologiques

Et aussi d'après **FRANK (2002)**, En fonction de la nature des eaux à analyser et de celle des microorganismes recherchées, les normes des conditions à respecter (volumes de l'échantillon, agent neutralisant, qualité de matériels d'échantillonnage...). L'objectif est d'obtenir un échantillon aussi représentatif que possible de l'eau à examiner, sans contaminer ni modifier l'échantillon. Des précautions doivent être prises à trois niveaux : le matériel de prélèvement, le mode de prélèvement, le transport et la conservation des échantillons.

### 1.1.2. Matériel et mode de prélèvement

L'étude de la qualité bactériologique des eaux de la nappe phréatique, les eaux conventionnelles et les eaux non conventionnelles a été basée sur la réalisation des analyses des principaux bactéries notamment les coliforme fécaux et totaux et les streptocoques). Deux prélèvements ont été effectués le 19-02-2018 et le 21-02-2018. Les échantillons ont été prélevés auprès de neufs stations, dont trois sont des stations non irrigués, trois sont des stations irrigués par les eaux conventionnelles et trois sont irrigués par les eaux épurées. Les échantillons sont prélevés à partir des piézomètres déjà installés dans les stations choisis (figure 12). Parallèlement, deux échantillons des eaux d'irrigation ont été prélevés dans la zone d'étude, le premier, c'est une eau non conventionnelle prélevés à partir de bassin de finition de la station d'épuration eau usées de Ouargla et

l'autre, est un échantillon des eaux conventionnelle prélevés à partir d'un puits creusé dans la nappe phréatique (Profondeur 40 m).

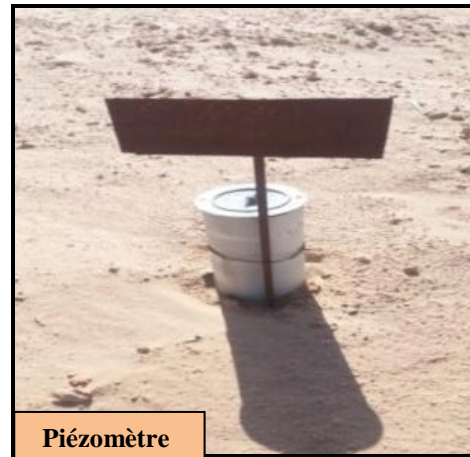


**Figure 12.** Carte échantillon de l'eau (Google Earth in Djidel, 2018).

Les prélèvements ont été effectués en utilisant un échantillonneur à eau stérilisé. Des flacons en verre de 100 ml stérilisés à l'étuve (stérilisation chaleur sèche) à 180 C° pendant 2 heures, ainsi qu'une glacière bien nettoyée ont été utilisés pour le transport des échantillons au laboratoire d'analyse au temps de 6 à 8 heures au maximum au laboratoire EPSP (Etablissement Public de la Santé Proximité Ouargla).



Échantillonneur à eau



Piézomètre



Echantillons

**Photo 1.** Echantillonnage des eaux phréatiques à partir d'un piézomètre.

## 2. Méthodes des analyses

L'analyse microbiologique des eaux s'inscrit dans un cadre général de protection de la santé humaine et de l'environnement.

D'après **BAOUIA et HABBAZ, (2006)**. L'analyse microbiologique des eaux usées est encore peu pratiquée et se limite le plus couramment à la recherche des micro-organismes pathogènes ou indicateurs d'un risque sanitaire. Pour la détermination de la qualité générale des eaux et donc des eaux usées l'analyse microbiologique est indispensables complémentaire d'analyse physico-chimique. Elle apport en effet une dimension supplémentaire par l'intégration des organismes pour la possibilité de réutilisation des eaux épurées dans le domaine agricole

## **2.1. Préparation des milieux des cultures**

### **A. Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL)**

#### **BCPL Simple concentration (S/C)**

- Les compositions : (Peptone, lactose, extrait de viande de bœuf, pourpre de bromocrésol)

- Préparation : On ajoute 13g de BCPL dans 1 litre d'eau distillé, mélange bien et dissoudre par chauffage avec une fréquente agitation. Bouillir pour 1 min au la complète de la dissolution et diffuser dans les tubes ; stérilisé dans l'autoclave 15 min à température 200C° et sous une pression de 2 bar.

#### **BCPL Double concentration (D/C)**

Le même protocole de BCPL Simple concentration (S/C) mais on double la quantité de la BCPL utilisé (26g /L)

### **B. Bouillon glucosée à l'acide de sodium (ROTH)**

#### **ROTH Simple concentration (S/C)**

- Les compositions (ryptone, glucose, chlorure de sodium, phosphate mono potassique, phosphate bi potassique, acide de sodium)

- Préparation : On ajoute 34.7g de ROTH dans 1 litre d'eau distillé, mélanger bien et dissoudre par chauffage avec une fréquente agitation. Bouillir pour 1 min au la complète de la dissolution et diffuser dans les tubes ; stérilisé dans l'autoclave 15 min a T° 200C° sous une pression de 2 bar.

#### **ROTH Double concentration (D/C)**

Le même protocole **ROTH Simple concentration (S/C)** mais on double la quantité de la ROTH utilisée (69.4 g /L).

### **C. Milieu indole-manitole (Schubert)**

- Les compositions (tryptone, acide glutamique, sulfite de magnésium, sulfite d'ammonium, citrate de sodium, chlorure de sodium, tryptoneoxid, mannitol, tampon phosphate)

- Préparation : On ajoute 31.5g de SCHUBERT dans 1 litre d'eau distillé, mélanger bien et dissoudre par chauffage avec une fréquente agitation. Bouillir pour 1 min au la

complète de la dissolution et diffuser dans les tubes ; stérilisé dans l'autoclave 15 min à T° 200C° sous une pression de 2 bar.

#### **D. Bouillon glucosé à l'éthyle violet de sodium (Eva litsky)**

- Les compositions (tryptone, glucose, chlorure de sodium, phosphate mono potassique, phosphate bi potassique, acide de sodium, ethyl-violet)

- Préparation : On ajoute 35.8g d'EVA dans 1 litre d'eau distillé, mélanger bien et dissoudre par chauffage avec une fréquente agitation. Bouillir pour 1 min au la complète de la dissolution et diffuser dans les tubes ; stérilisé dans l'autoclave 15 min à T° 200C° sous une pression de 2 bar.

### **2.2. Analyse bactériologique**

L'essentiel de l'analyse bactériologique des eaux consiste à rechercher et le dénombrement des germes tests de contamination fécale. Les germes tests les plus connus sont les Coliformes fécaux dont *Escherichia coli* est le plus représentant, et les Streptocoques fécaux (**BONTOUX, 1993**). Pour cette raison, nous sommes intéressés à la recherche et le dénombrement des Coliformes totaux, la recherche et le dénombrement des Coliformes fécaux et la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux.

Les analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'Etablissement Public de la Santé Proximité Ouargla(EPSP), les méthodes choisies sont celles qui sont préconisés par **RODIER et al. (2005)**.

**Le principe** de cette méthode est les prises d'essais de l'échantillon de l'eau et ses dilutions sont incorporées dans un **milieu de culture liquide** (Annexes 10, 11, 12) conçu pour permettre la croissance des bactéries, ce croissance sera traduit par **l'apparition d'un trouble du milieu** et, éventuellement, **une modification visible**.

Cette méthode est **une estimation statistique** du nombre des bactéries supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire. On y estimé de la densité bactérienne par application du principe de vraisemblance, à partir de réponses positives observées pour une ou plusieurs dilutions successives de la suspension bactérienne originelle dans des milieux de cultures liquides. Il s'agit d'**une méthode quantique** et non pas énumératif.

### **2.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

#### **Définition**

Sous le terme de coliformes, sont regroupées, certaines espèces bactéries appartenant à la famille des Enterobacteriaceae.

" Bacille à Gram négatif, non sporogones, oxydase négatif, facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capable de fermenter le lactose (et le mannitol avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 C" (**FRANK, 2002**).

#### **Principe de la méthode**

La méthode utilisée pour cette recherche est la méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) par inoculation de tubes en milieux liquides (fermentation en tubes multiples).

Il s'agit d'un ensemencement de plusieurs dilutions de l'échantillon, chacune dans une série de tubes (série de 3) contenant un milieu de culture non véritablement sélectif mais permettant de mettre en évidence la fermentation du lactose avec production de gaz (voir annexe 13) (**RODIER ET AL, 2005**).

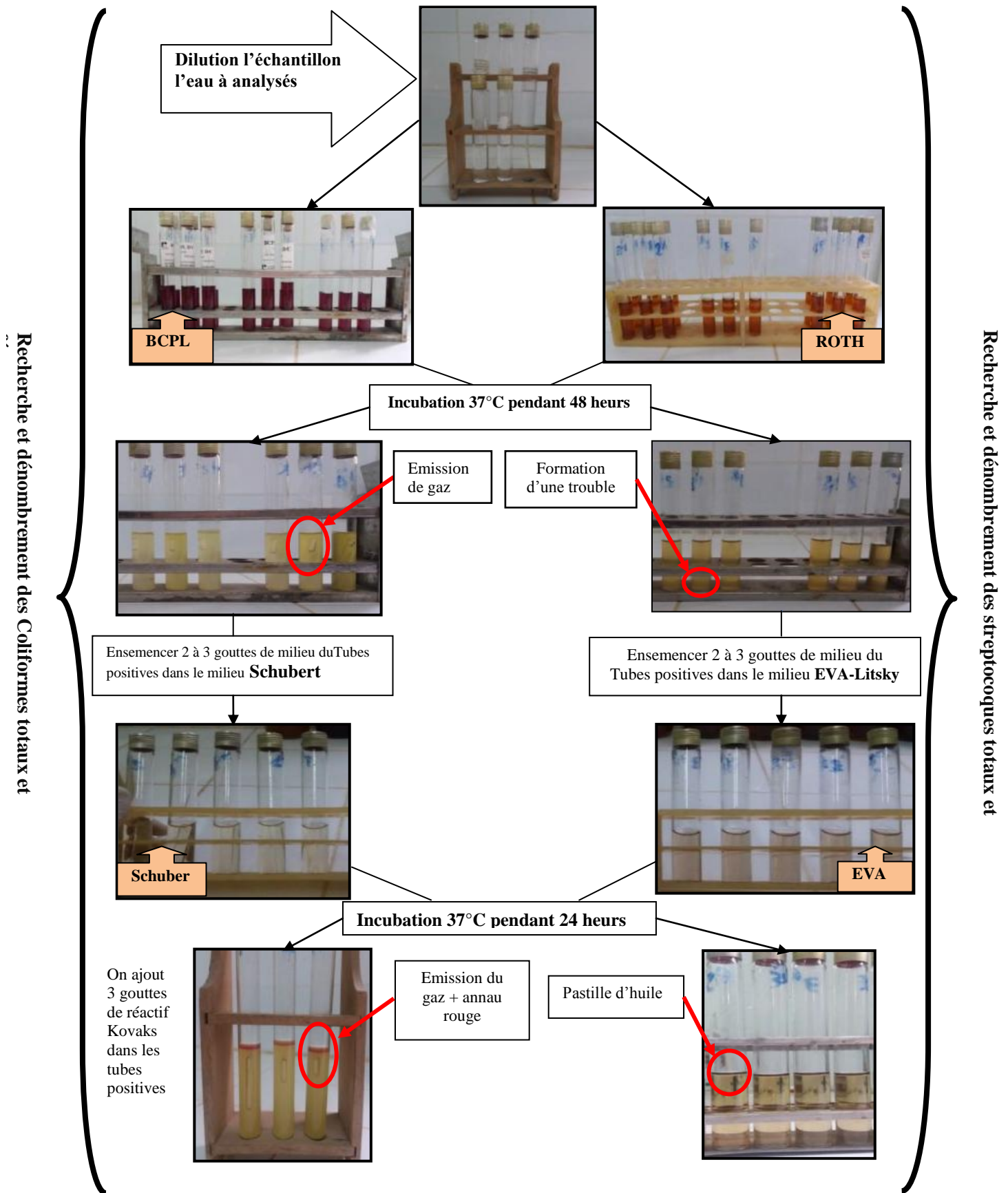
### **2.2.2. Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux**

#### **Définition**

Sont considérées comme streptocoques fécaux, toutes les bactéries Gram (+) de forme oblongue ou de cocci sphériques légèrement ovales, Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant, y compris dans les milieux salés. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (OMS, 1979).

#### **Principe**

Nous avons utilisé la même méthode que précédente avec des milieux spécifiques pour les streptocoques (annexe 14) (RODIER *et al.*, 2005).



**Figure 13.** Recherche et dénombrements des coliformes fécaux et totaux, Streptocoque fécaux et totaux



2.3. Observation des résultats

eule manière de savoir la présence ou l'absence d'une bactérie dans l'inoculum est la mise en évidence de l'un des caractères observés avec les techniques en milieu liquide à savoir des troubles en ROTH et production de gaz en BCPL.

\* Si l'un de ses caractères apparaît, le résultat sera positif.

\* L'absence de l'un de ses caractères, le résultat sera négatif.


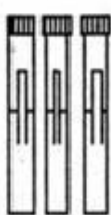



Dénombrement des Coliformes en BCPL + cloche à 44°C Tube + = tube présentant de la culture et du gaz						
	Dilutions	10 <sup>0</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>
	Groupement des résultats	+++	+++	++=	+--	---
	Nombre correspondant	3	3	2	1	0

Figure 14. Exemple d'un résultat pour une série de dilutions

2.4. Interprétation statistique : méthode du NPP (table de Mac Grady)

Dans la ligne "chiffre égal à la somme des tubes positifs", choisir le nombre à 3 chiffres le plus grand possible et inférieur à 330 (meilleure répartition dans les dilutions).

Se reporter à la table de Mac Grady pour 3 tubes de dilution afin de trouver le NPP correspondant au nombre 321 (fig 16) : Le NPP est 15 (voir annexe 15).

Cela signifie qu'il y a statistiquement quinze bactéries dans l'inoculum de la dilution 10 ml.

$$C \text{ bactéries} = \frac{n}{\text{Valeur de la dilution correspondant au premier chiffre}}$$

*Chapitre IV :*  
*Résultats et discussions*

### 1. Qualité microbiologique

Ce chapitre est consacré à la présentation de nos résultats concernant la qualité microbiologique des eaux phréatiques sous l'effet de la réutilisation agricole des eaux épurées dans un périmètre de mise en valeur située au nord de la station d'épuration de Ouargla. Les analyses effectuées durant cette étude sont les indicateurs de la pollution de l'eau notamment les coliformes et les streptocoques fécaux et totaux. Nos résultats d'analyses sont consignés dans les tableaux 3, 4 et 5

**Tableau 3.** Résultats de la densité des germes bactérienne des eaux d'irrigation.

L'eau d'irrigation	Colif.T (germes/100ml)	Colif.F (germes/100ml)	Strept.T (germes/100ml)	Strept.F (germes/100ml)
Eaux conventionnelles	940	640	230	30
Eaux usées épurées	4300	2700	1500	750

L'analyse des résultats présentés dans le tableau 3 indique que les eaux d'irrigation conventionnelles sont non polluées par comparaison avec les normes algérienne des eaux d'irrigation (1000 germes/ 100 ml d'eau **JOURNAL OFFICIEL ALGÉRIEN, 2012**). Contrairement, pour les eaux épurées ou la densité bactérienne dépasse les normes cités ci-dessus, alors ces derniers sont considérés comme des eaux polluées.

En revanche, la densité des germes coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques totaux et fécaux dans les eaux d'irrigation conventionnelles et non conventionnelles est largement supérieur par rapport la densité bactérienne dénombrer dans les eaux de la nappe phréatique au niveau dans tous les stations étudiées.

**Tableau 4.** Résultats moyens de la densité bactérienne des eaux de la nappe phréatiques

Types de station	Colif.T (germes/100ml)	Colif.F (germes/100ml)	Strept.T (germes/100ml)	Strept.F (germes/100ml)
Stations Non irriguée	927	223	590	92
Stations Irriguées par les eaux conventionnelles	1233	830	960	323
Stations Irriguées par eaux usées épurées	2433	1210	1146	460

Tableau 5. Résultats de la densité bactérienne dans eaux phréatiques par station.

Types de stations	Station	Colif.T (germes/100ml)	Colif.F (germes/100ml)	Strept.T (germes/100ml)	Strept.F (germes/100ml)
Stations Non irriguées	Station 1	11x10 <sup>2</sup>	2,7x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>	1,1x10 <sup>2</sup>
	Station 2	9,3x10 <sup>2</sup>	2,5x10 <sup>2</sup>	6,4x10 <sup>2</sup>	0,92x10 <sup>2</sup>
	Station 3	7,5x10 <sup>2</sup>	1,5x10 <sup>2</sup>	3,8x10 <sup>2</sup>	0,74x10 <sup>2</sup>
Stations Irriguées par les eaux conventionnelles	Station 4	11x10 <sup>2</sup>	6,4x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>2</sup>
	Station 5	12x10 <sup>2</sup>	7,5x10 <sup>2</sup>	9,3x10 <sup>2</sup>	3,4x10 <sup>2</sup>
	Station 6	14x10 <sup>2</sup>	11x10 <sup>2</sup>	12x10 <sup>2</sup>	4,3x10 <sup>2</sup>
Stations Irriguées par eaux usées épurées	Station 7	23x10 <sup>2</sup>	11x10 <sup>2</sup>	11x10 <sup>2</sup>	3,8x10 <sup>2</sup>
	Station 8	21x10 <sup>2</sup>	9,3x10 <sup>2</sup>	9,4x10 <sup>2</sup>	3,6x10 <sup>2</sup>
	Station 9	29x10 <sup>2</sup>	16x10 <sup>2</sup>	14x10 <sup>2</sup>	6,4x10 <sup>2</sup>

### 1.1. Coliformes totaux

Les résultats moyens des analyses de coliformes totaux dans les eaux phréatiques au niveau de notre zone d'étude sont présentés dans le tableau 4 et la figure 15. Ces derniers montrent que la densité bactérienne au niveau des eaux de la nappe varie entre **1233 germes /100 ml** dans les stations irriguées par les eaux conventionnelles à **2433 germes /100 ml** dans les stations irriguées par les eaux usées épurées. Pour les stations non irriguées, la densité des coliformes totaux est évaluée à **927 germes /100 ml**.

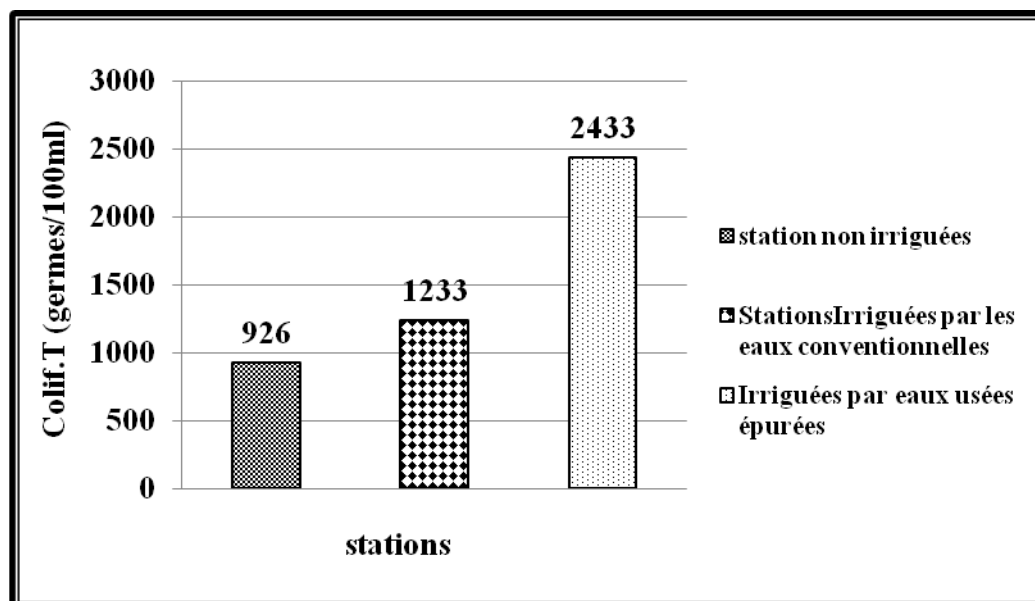


Figure 15. Variation moyenne des densités coliformes totaux dans les eaux phréatiques

D'autre part, nos résultats obtenus mentionnés dans la **figure 16** montrent que la densité du même germe au niveau des eaux témoins (l'eau d'irrigation) varie entre **940 germes /100 ml** dans les eaux conventionnelles à **4300 germes /100ml** dans les eaux usées épurées.

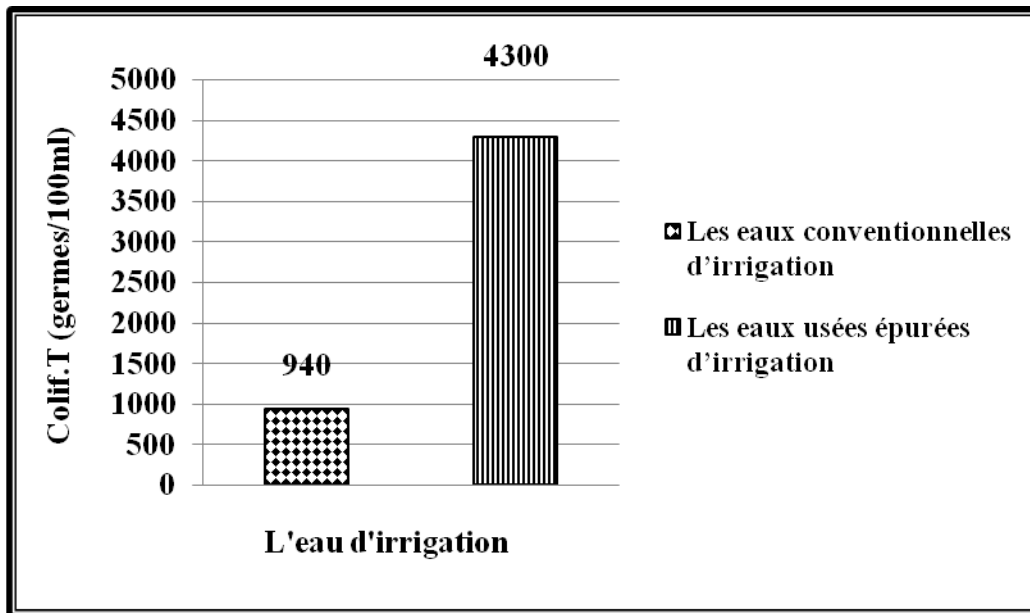


Figure 16. Les densités coliformes totaux dans les eaux d'irrigation

## 1.2. Coliformes fécaux

Nos résultats obtenus concernant l'analyse et le dénombrement des coliformes fécaux sont consignés dans le **tableau 4** et la **figure 17**. Des derniers illustrent la densité des coliformes fécaux par 100ml des eaux de la nappe phréatique. L'étude de ces résultats découvre que la densité des coliformes fécaux au niveau de nos échantillons oscille entre **830 germes/100ml** dans les stations irriguées par les eaux conventionnelles et **1210germes/100ml** dans les stations irriguées par les eaux usées épurées. Entre autre, dans les stations non irriguées la densité des coliformes fécaux est évaluée à **223 germes/100ml**.

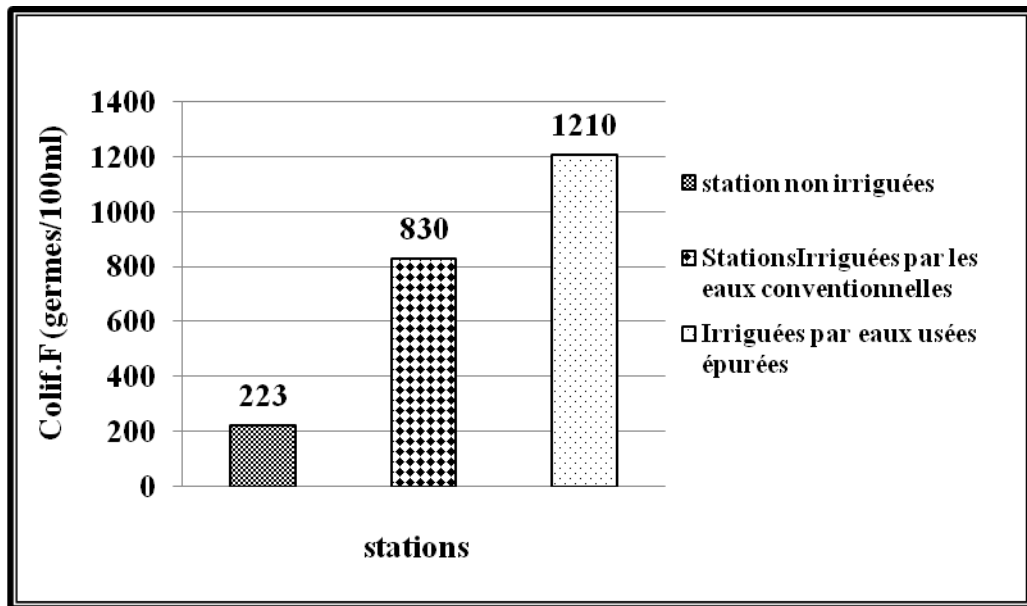


Figure 17. Variation moyenne des densités coliformes fécaux dans les eaux phréatiques

Par ailleurs, les résultats d'analyse de même germe dans les eaux d'irrigation présentés dans la **figure 18** permet d'observer sa variation, qui aller de **2700 germes/100ml** dans les eaux usées épurées à environ **640 germes/100ml** dans les eaux conventionnelles.

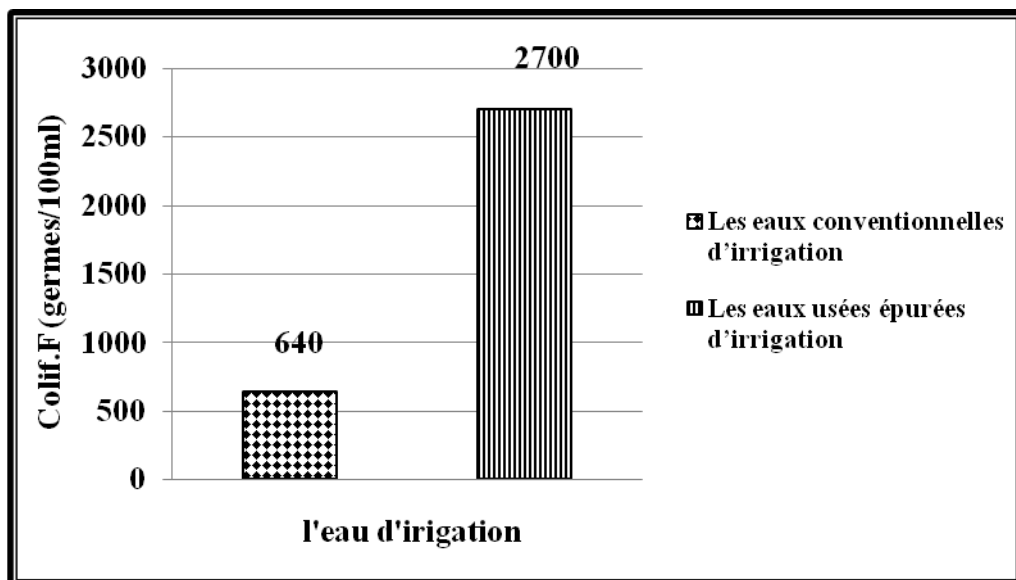
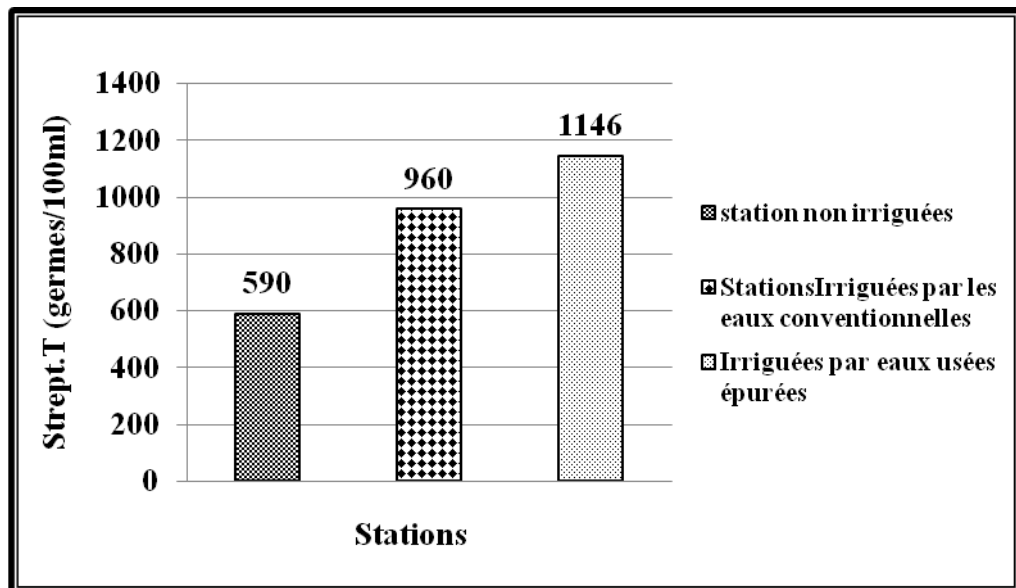


Figure 18. Les densités coliformes fécaux dans les eaux d'irrigation

### 1.3. Streptocoques totaux

Le tableau 4 ainsi que la **figure 19** présentent les moyens des analyses de streptocoques totaux dans les eaux phréatiques. La densité bactérienne de ce germe au niveau des eaux de la nappe varie entre **960germes/100ml** dans les stations irriguées par les eaux conventionnelles à **1146germes/100ml** dans les stations irriguées par les eaux usées épurées. Concernant, les stations non irriguées la densité des streptocoques totaux est estimé à **590germes/100ml**.



**Figure 19.** Variation moyenne de la densité streptocoque totaux dans les eaux phréatiques

En ce qui concerne la densité des streptocoques dans les eaux d'irrigation, les résultats sont présentés dans le la **figure 20**, le taux de cette germe varie entre **230germes/100ml** dans les eaux conventionnelles à **1500germes/100ml** dans les eaux usées épurées.

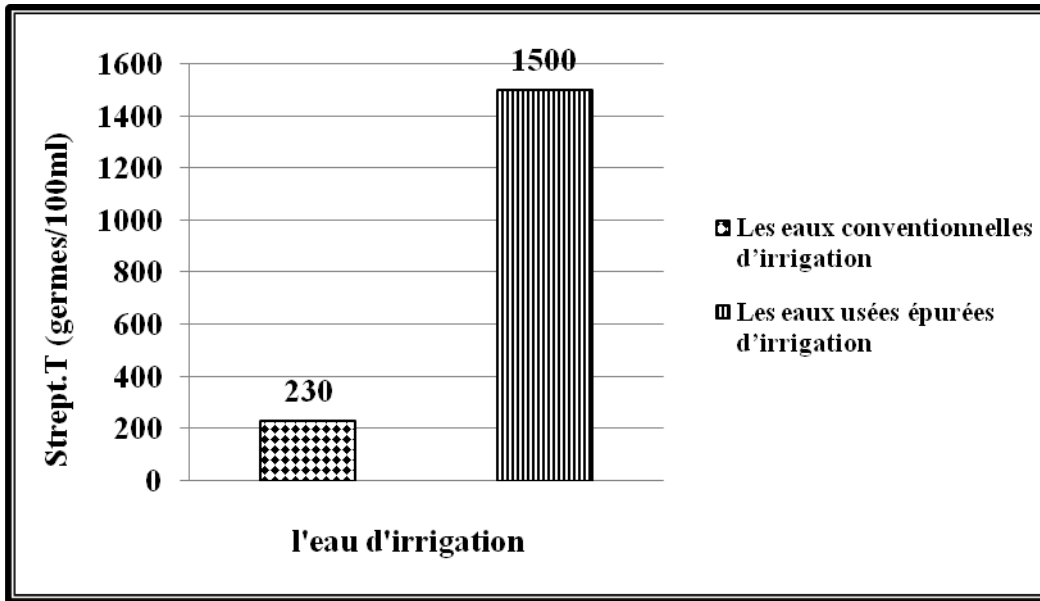


Figure 20. La densité streptocoque totaux dans les eaux d'irrigation

#### 1.4. Streptocoques fécaux

Les résultats présentés dans la **figure 21** et le tableau 4 découvrent que la densité des streptocoques fécaux est estimée à **460 germes/100ml** dans les eaux phréatiques au niveau des stations irriguées par les eaux usées épurées. Parallèlement, elle est évaluée à **323germes/100ml** dans les stations irriguées par les eaux conventionnelles. Dans les stations non irriguées, la densité des streptocoques fécaux est estimé à **92germes/100ml**.

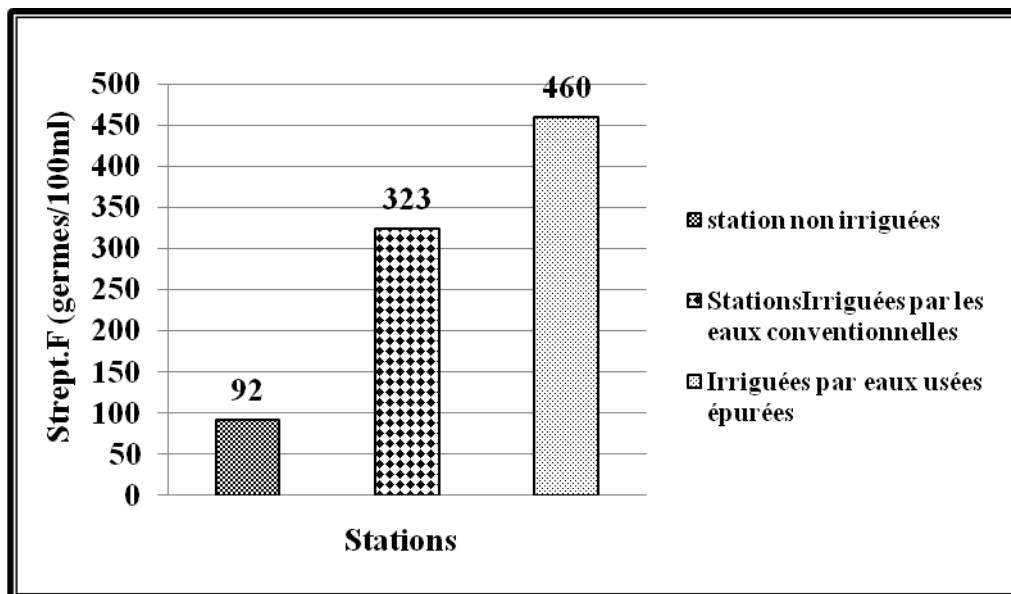


Figure 21. Variation moyenne des densités streptocoques fécaux dans les eaux phréatiques



D'un autre côté, les résultats moyens du même germe dans les eaux d'irrigation mentionnés dans la **figure 22** permet d'indiquer que la densité de celle-ci varie entre **750germes/100ml** dans les eaux usées épurées à **30germes/100ml** pour les eaux conventionnelles

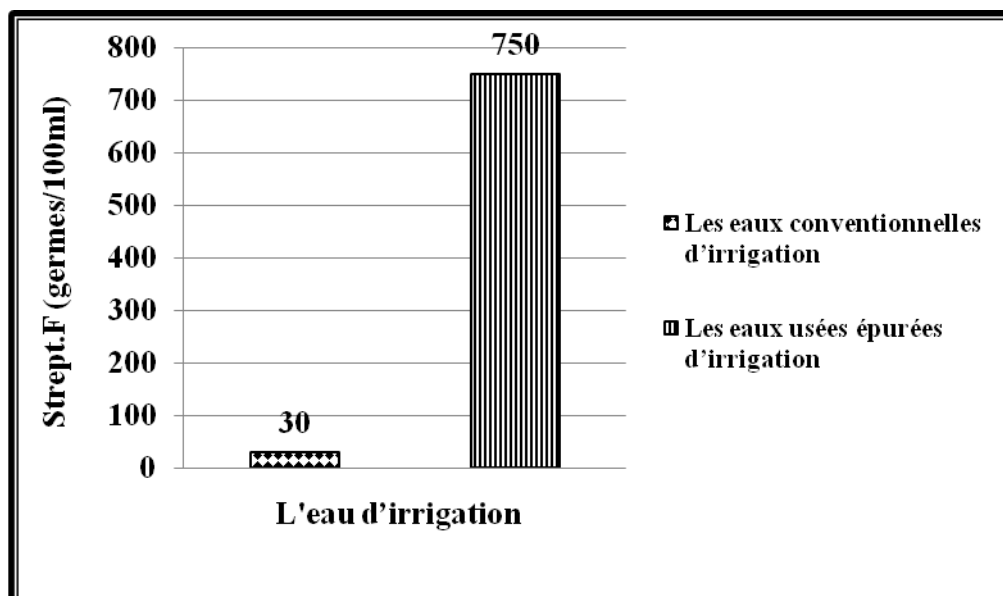


Figure 22. La densité streptocoque fécaux dans les eaux d'irrigation

## 2. Discussion générale

L'objectif de cette étude est l'évaluation de la qualité microbiologique des eaux de la nappe phréatique dans un périmètre de mise en valeur, sous la pratique de réutilisation agricole des eaux épurées. Nos résultats obtenus mentionnés ci-dessus ont montrés la présence des germes de coliformes fécaux et totaux ainsi que les streptocoques fécaux et totaux dans les eaux étudiées avec des densités différentes.

L'analyse de nos résultats (Tabl4) indique que les moyennes de la densité bactérienne sont au-dessous des normes (Annexe 4) dans les stations non cultivées, alors les eaux phréatiques dans ces stations sont considérées non polluées. L'absence de l'activité agricole dans ce genre des stations est la principale cause de leur situation.

Parallèlement, la densité spécifique par station des coliforme totaux dans les stations non irriguées P1, P2, P3 est estimé successivement à 1100, 930,750 (germes /100 ml), ces eaux phréatique sont classifiés comme des eaux non polluée, par rapport aux normes, sauf pour la station P1, où les concentrations enregistrés des coliformes totaux dépasse les normes nationales des eaux souterraines. Ceci peut être dû à sa position proche a une zone d'activité de réutilisation de EUE (Fig 12), avec la présence des sols sablonneux qui peuvent favorise le dynamique des eaux phréatiques.

Selon la carte piézométrique (Fig 23), le sens d'écoulement des eaux phréatique dans notre zone d'étude est de nord vers le sud, cela peuvent influencer la dynamique, par conséquent la contamination bactérienne des différentes stations étudiées.

En revanche, les densités des germes de coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et totaux dans les eaux de la nappe au niveau de ce genre des stations sont moins importante.

Concernant, les stations irriguées par les eaux conventionnelles, l'analyse des résultats bactériens présentés dans le tableau 4 montres que la moyenne dénombrée des germes ne dépasse pas les normes, sauf pour les coliformes totaux, où on note une moyenne plus ou moins élevé, ce qui résulte un degré de pollution des eaux phréatique dans cette section du périmètre agricole,

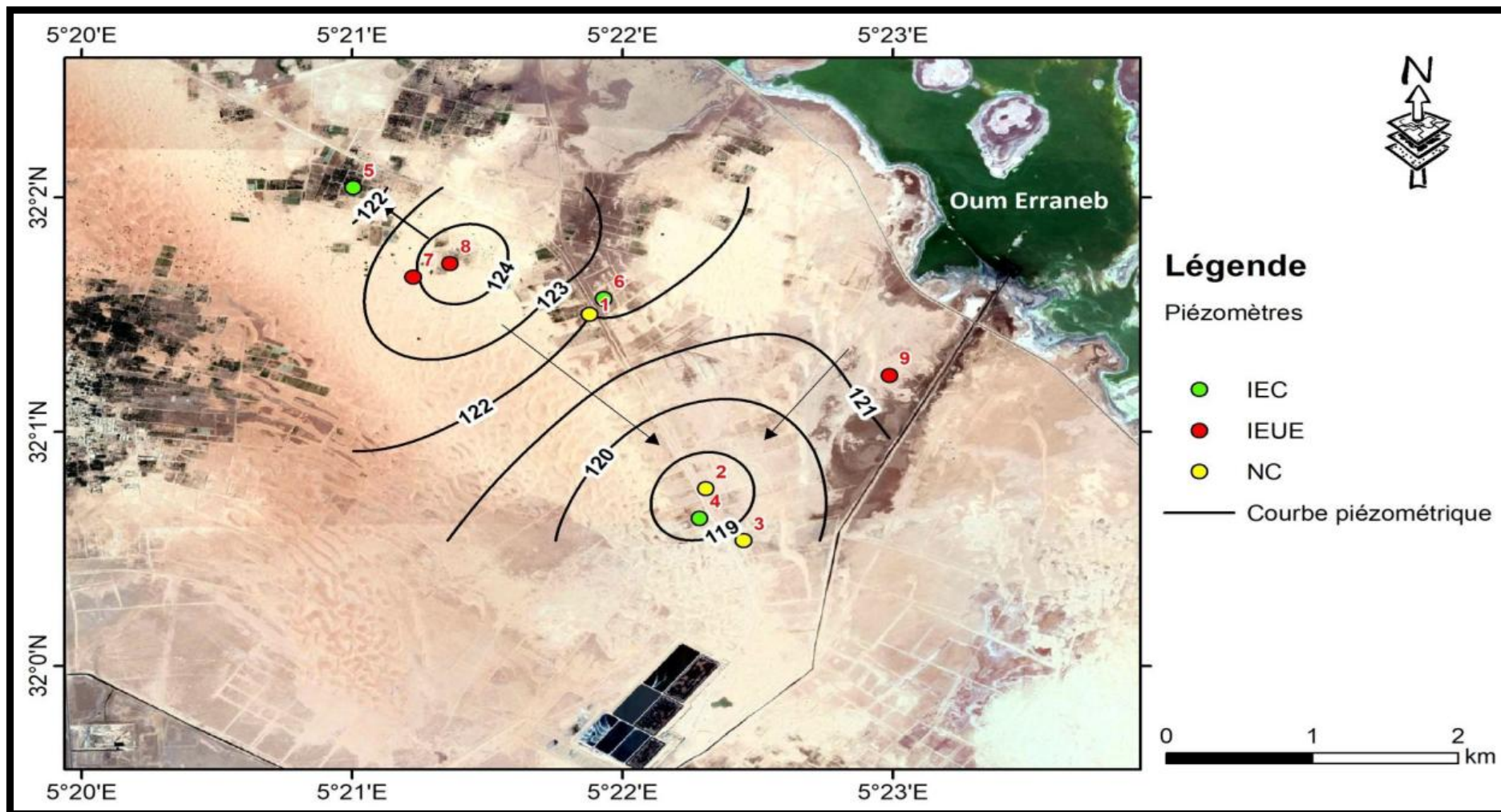


Figure 23. Carte piézométrique (Google Earth in Djidel, 2018).

Le dénombrement des coliformes totaux dans les stations P4, P5, P6 sont respectivement 1100, 1200, 1400 (germe/100ml), ces chiffres dépassent les normes, cela indique que les eaux phréatiques sont considérées comme des eaux polluées.

En outre, nos résultats indiquent que la station P6 présente un taux de contamination par les coliformes fécaux (1100 germe/100 ml) et streptocoques totaux (1200 germe/100ml)

Simultanément, ces derniers sont moins présentés dans les eaux phréatiques des stations P4 et P5 (concentrations dénombrées sous les normes).

Autrement, la concentration bactérienne dans les stations P5 et P6 est plus ou moins importante par rapport à la station P4, cela peut être justifié par le niveau piézométrique des stations ainsi que le sens d'écoulement des eaux polluées à partir des zones de réutilisations des EUE (Fig 23). En ce qui concerne la station P4, la pollution bactériologique des eaux phréatiques probablement dû aux fréquences, système et méthodes d'irrigation ou c'est une accumulation des germes préexistants dans les eaux d'irrigation conventionnelles.

Nos résultats obtenus (Tabl 4) montrent que les moyennes de tous les germes étudiés (coliformes totaux, fécaux streptocoques totaux) dépassent le seuil recommandé par l'OMS (annexe 4), concernant les streptocoques fécaux, leurs concentrations sont inférieures aux normes dans les stations irriguées par les eaux usées épurées. Cette forte contamination bactérienne des eaux phréatiques est observée dans tous les sites de réutilisation agricole des eaux épurées (Tabl 5) ; P7, P8, P9.

Le dénombrement de coliformes totaux au niveau de la nappe phréatique dans ces stations est de 2300 germes/100ml en P7, de 2100 germes/100ml en P8 et de 2900 germes/100ml en P9. En outre, on note la densité des coliformes fécaux est 1100 germes/100ml en P7, 930 germes/100ml en P8 et de 1600 germes/100ml en P9.

Le nombre de streptocoques totaux dans les mêmes eaux est égal à 1100 germes /100ml pour P7, 940 germes/100ml en P8 et de 1400 germes /100ml en P9.

Ces résultats signalent clairement l'évolution de la densité bactérienne dans la nappe phréatique au niveau des sites de réutilisation agricoles des EUE. Celui-ci est argumenté par l'irrigation avec des eaux chargées et polluées (une charge bactériologique dans 100 ml d'eau estimée par 4300 pour la coli.T, 2700 pour les Coli.F, 1500 pour les Strept.T et 750 pour Strept.F), sur des sols sablonneux perméables.

Selon **COULIBALY, 2005 ; DEGBEY et al., 2010 ; HASSANE, 2010 ; YAPO et al., 2010**, la contamination de la nappe phréatique dépend de la perméabilité du sol et de la profondeur de la nappe. Parallèlement, le **LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS SUD.2015**, la nappe phréatique de Ouargla est contenue dans les formations perméables sablo-gypseuses du Quaternaire.

De plus, l'effet de transmission par écoulement des eaux phréatique à partir d'autres zones proches, anciennement des exutoires des eaux usées de Ouargla (Sebkhat Oum-Er-Raneb) (Fig 23). **SAYAH LEMBAREK et BERREGUI.2014** ont déclaré que le Chott de Oum-Er-Raneb est alimenté par les eaux usées de la ville d'Ouargla et les eaux de drainage agricole depuis 1983.

Selon la carte piézométrique le sens de la contamination bactériologique est parallèle avec le sens de l'écoulement des eaux phréatique dans la zone d'étude, s'est liés à l'activité de réutilisation des eaux épurées pratiqués et le niveau statique très proches à la surface des sols (70 cm à 110 cm).

Selon **BOURGEOIS (1980), in SLIMANI (2006)**, le rapport Coliformes fécaux / Streptocoques fécaux peut nous donner une idée sur l'origine de la contamination (d'origine humaine ou animale), dont la prédominance des Coliformes fécaux par rapport aux Streptocoques fécaux c'est-à-dire que le rapport est supérieur à 1 peut traduire une contamination fécale d'origine humaine. Au niveau de la nappe phréatique le rapport est supérieur à 1, la contamination est par conséquent d'origine humaine.

Par comparaison entre la densité des germes coliformes (fécaux et totaux) et streptocoques (fécaux et totaux) dans les stations non irriguées, les stations irriguées par les eaux conventionnelles et les stations irriguées par les eaux usées épurées, les résultats d'analyse des eaux de la nappe phréatique montrant que la qualité microbiologique est variée dans les stations selon l'eau d'irrigation,

Nos résultats montrent que la contamination bactérienne est très forte au niveau des stations irriguées par les eaux usées épurées par rapport les stations irriguées par les eaux conventionnelles, mais dans les stations non irriguées elle est faible.

**SLIMANI (2006)**, a signalé que la charge bactériologique de la nappe phréatique dans la région de Ouargla varient entre 140 et 1100 coliformes totaux/100 ml, ces résultats

sont inférieure à nos résultats pour le même germe (927 et 2433 coliformes totaux/100 ml). Cependant, le même auteur a montré l'absence des coliformes fécaux dans les eaux phréatiques, d'autre part on y dénombés à cette recherche 223 et 1210 (germes/100 ml)

Aussi, **SLIMANI (2006)**, a dénombré 1100 streptocoques fécaux/100ml dans les eaux phréatiques à Ouargla. Cette résultats est largement supérieur à nos résultats obtenus (92 et 460streptocoques fécaux/100ml).

D'après **LARPENT et LARPENT-GOURGANT, (1985)**; **HASLAY et LECLERC, (1993)** ; **RODIER, (1996)**, les taux importants de ces indicateurs fécaux, expliquent que ces germes ont trouvés les conditions de milieu favorables pour se multiplier (richesse en matières organiques facilement biodégradables, ...).

# *Conclusion*

## **Conclusion**

A travers ce travail, nous avons tenté d'étudier l'impacts de la réutilisation agricole des eaux usées épurées sur la qualité microbiologique de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla. À travers l'analyse bactériologique des eaux d'irrigation (l'eau conventionnelle et l'eau usée épures) et les eaux de la nappe dans un périmètre mise en valeur ou il y a réutilisation agricole des eaux usées épurées par la recherche des indicateurs de la pollution microbiologique a savoirs les coliformes totaux et fécaux, streptocoques totaux et fécaux.

Au terme de notre étude, et selon les résultats obtenus, nous avons distingués l'existence d'une variations notable entre les taux de pollution des eaux traitées réutilisé en agriculture et celles des eaux de la nappe. Par comparaison entre la densité des germes dans les eaux épurées et les eaux de la nappe phréatique, nous avons enregistré 4300 germe/100ml pour les coliformes totaux et de 2700 germe/100ml pour les coliformes fécaux, 1500 germe/100ml pour les streptocoques totaux et 750 les streptocoques fécaux dans les EUE. Néanmoins, les concentrations moyen total d'abattement sont 2433 germe/100ml pour les coliformes totaux et de 1210 germe/100ml pour les coliformes fécaux, de 1146 germe/100ml pour les streptocoques totaux et de 460 germe/100 ml concernant les streptocoques fécaux. Ces taux des germes indiquent l'existence des risques de pollution des eaux souterraines en cas d'une réutilisation agricole.

Nos résultats obtenus indiquent que la qualité microbiologique des eaux épurées est mauvaise par rapport aux normes de réutilisation nationales en irrigation.

D'après nos enquêtes réalisées au niveau de la zone d'étude, la tentative de réutilisation des eaux usées épurées en agriculture dans la région de Ouargla nécessite des suivis et des études plus approfondies. Elle est anarchique et est effectuée sans précautions et sans règles de réutilisation conseillées par l'O.M.S. et la F.A.O, ainsi que la réglementation algérienne concernant ce sujet. Donc il nécessaire d'adopter des solutions durables et économiquement rentables afin d'assurer la protection des eaux et l'environnement.

A cet effet des recommandations sont conseillés :

- Effectué le traitement tertiaires au niveau de la STEP pour assurer l'élimination de la pollution microbiologique.



- Mise en place d'un réseau multisectoriel (agriculture, santé, hydraulique, environnement, intérieur, etc....) pour la prise en charge de la problématique de l'utilisation des eaux non conventionnelles pour l'irrigation et la création d'une banque de données capitalisant l'ensemble des expériences nationales et internationales en la matière.
- Application du code des eaux et de la loi relative au prétraitement des eaux industrielles avant leur déversement dans des stations d'épuration et les oueds.
- Assurer un suivi régulier et durable de la qualité des eaux usées épurées.
- Encourager le mouvement associatif en vue de la création d'associations d'agriculteurs utilisateurs des eaux usées épurées.
- Mise en place d'un système de suivi évaluation des impacts de l'utilisation des eaux usées épurées sur les ressources naturelles, sur l'environnement, sur les cultures, sur la santé humaine et animale, sur les rendements agricoles, sur les revenus des agriculteurs.

En matière de techniques agronomiques

- Utilisation de l'irrigation à la goutte à goutte afin de réduire les risques sur la santé humaine (éliminer le contact de l'eau avec le végétal) ;
- Doter les périmètres et aires d'irrigation, utilisant les eaux non conventionnelles, de réseaux de drainage adéquats.
- Développer des techniques de traitement des eaux usées les plus rentables sur le plan économique.
- Encourager la multiplication de STEP à proximité des aires agricoles à haut potentiel irrigable

L'eau est une ressource limitée, il faut agir pour conserver et préserver ce patrimoine commun irremplaçable.

*Références*  
*Bibliographiques*

## REFERENCÉS BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ABBOU S., 2010.** Réutilisation des eaux usées épurées. Centre de formation aux métiers d'assainissement. Office National d'Assainissement.
2. **ADLER E., 2005.** Éléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement. ENTPE.
3. **AMMOUR F et TOUIL Y., 2007.** Études des possibilités de la réutilisation des eaux de drainage dans la cuvette de Ouargla. Journées scientifiques de traitement et réutilisation des eaux. 3 avril 2007, MVRE/ENSH.
4. **ANRH., 2005.** Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ouargla. Ouargla.
5. **ATTAB S., 2011.** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration Haoud Berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local.
6. **BACHI, O.E.K, 2010.** Mémoire présenté en vue de L'obtention du diplôme de magister thème diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de station du vieux ksar Témacin. Ouargla, 105P.
7. **BARIKA A., SENOUSSE D., 2005.** Dimensionnement d'une station d'épuration de la ville de Hassi Messaoud. Mém. Ing. Hydrolique Saharienne. Univ de Ouargla. 36p
8. **BASSOMPIERRE C., 2007.** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse Doctorat Institut National Polytechnique De Grenoble, pp 25-42.
9. **BAUDOT B., PERERA P., 1991.** Guide procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités. 21p
10. **BAUMONT S., CAMARD J.P., LEFRANC A et FRANCONI A., 2004.** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS (Observatoire régional de santé d'Ile-de-France), France.
11. **BAZZA M., XANTHOULIS D., 2005.** Irrigation avec les eaux usées traitées : Présentation du manuel d'utilisation, réutilisation des eaux usées traitées et des sous-produits : Optimisation, Valorisation & Durabilité. Séminaire Inter. Tunis 24-25 septembre 2003. pp 9.

12. **BEKKOUCHE M., ZIDANE., 2004.** Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. De Ouargla.67p.
13. **BELAID N., 2010.** Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de Doctorat en chimie et microbiologie de l'eau. Université de Sfax. Tunisie.
14. **BELKHIRA CH., NETTARI K., KRIKER A.,2011.** Etablissement d'une carte relative au substratum de la nappe phréatique de la région de Ouargla.
15. **BENABDALLAH S et NEUBERT S., 2003.** La réutilisation des eaux usées traitées en
16. **BENHEDID H., HARROUZ., 2011.** Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla ).
17. **BLUMENTHAL U J., MARA DD., PEASEY A., RUIZ-PALACIOS G et STOTT R., 2000.** Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. Bulletin. World Health Organisation.
18. **BONNARD et GARDAL., 2004.** Études d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation : Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission II. Lausanne.
19. **BOUHANNA A., 2014.** Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne. Mém. Magister. Univ. KASDI MERBAH Ouargla.
20. **BOUKHATALA Y., IDDOU K., 2010.** Etude de rendement épuratoire de la nouvelle station d'épuration par lagunage de la ville d'Ouargla. Mém. Ing. Hydraulique. hydraulique urbaine. Univ de Ouargla. 27p.
21. **BOURGEOIS.M., 1980.** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Ed. Technique et documentation. Vol. III. Paris. 274p.
22. **BOUTELLI M., MENASIA S., 2008.** Conception d'une station d'épuration pour la ville de Ghardaïa, possibilités de réutilisation des eaux épurées. Mém. Ing. Hydraulique. Hydraulique urbaine. Univ. d'Ouargla. 132p.
23. **BRIGOL M., 1975.** Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Variation et organisation milieu. Ed. Khyam. 367p.

24. **BRL., 2011.** Réutilisation des eaux usées traitées -perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action. Rapport final. Agence Française de Développement.
25. **CHENINI F., AGODZO S K., HUIBERS FP., MALDONADO P., 2005.** Use of Treated Wastewater for Irrigated Agriculture: Proposals for a Comparative Study of Bolivia, Ghana and Tunisia. Sémi. Inter. Réutilisation des eaux usées traitées et des sous-produits : Optimisation, Valorisation & Durabilité. Tunisie 24-25 septembre 2003. p 26-31.
26. **DAHOU A., BREK A.,2013.** Lagunage Aere En Zone Aride Performance Epuratoires Cas De (Region D'ouargla).
27. **DALI H., ZOUAOUI K., 2007.** Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation. Mém. Ing. Génie des procédés. Génie de l'environnement. Univ de Ouargla.68p.
28. **DEGREMANT., 2005.** Mémento technique de l'eau. Tomel. 9 Eme 6d.
29. **DEGREMONT., 1989.** Mémento technique de l'eau : vol. 1, 9ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, pp 592.
30. **DEGREMONT., 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2ème édition Cinquantenaire, Paris, pp 109-599.
31. **DEGREMONT., 1978.** Mémento technique de l'eau : 8ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier.
32. **DEGREMONT., 2005.** Mémento technique de l'eau, 10 ème édition, Ed. Lavoisier, Paris.
33. **DEKKICH S., 2007.** Conception d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage commune de Zaouïa El Abedia-Touggourte. Mém. Ing. Hydraulique. Univ de Ouargla. 96p.
34. **DER HOK W V., 2007.** A Framework for a Global Assessment of the Extent of Wastewater Irrigation: The Need for a Common Wastewater Typology. Wastewater Use in Irrigated Agriculture coordinating the Livelihood and Environmental Realities. Eds. CAB Inter. Inter Water Management Institute, and Inter. Devel. Research Centre. pp 16-29.
35. **DJIDELMOHAMED.,2008.**Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional, Algérie)
36. **DMRE (Direction de la Mobilisation des Ressources en Eau /MRE)., 2013.** Bilan Semestriel 2013.

37. **DPAT (DIRECTION DE PLANIFICATION ET DE L'AMENAGEMENT DE TERRITOIRE),, 2005.** Bilan des productions agricoles (de1986/1987 à 2003/2004).
38. **DUBOST D., 2002.** Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Cent. De Rech. Scien. et Technique sur les régions arides, 423 p.
39. **F.A.O., 2003.** Irrigation avec les eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord. 73 p.
40. **FAO., 2003.**L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation.
41. **FRANCK.R.,2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp165-239.
42. **HALILAT M T., 1993.** Étude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dur (variété al dura) en zones sahariennes (région de Ouargla).Thèse magistère. Université Batna.
43. **HAMDI AISSA B et GIRARD M C., 2000.** Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédo paysages. Science ET changement splanétaires. Sécheresse. Volume 11. Numéro 03. Pp179-188.
44. **HASLAY C., et LECLERCH., 1993.**Microbiologie des eaux d'alimentation. Tec. & doc. Paris, 495.
45. **IDDER T., 1998.** La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérienne. Impacte des rejets d'origine agricole et urbaine et technique de remédiassions proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse de doctorat. Univ.Angers.pp157, 284.
46. **IFREMER., 2002.** La surveillance des rejets urbains en Méditerranée. Guide méthodologique.(
47. **JOURNAL OFFICIEL de la RADP., 2006.** Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427, correspondant au 19 avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Journal N°26 (23 avril, 2006).
48. **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE,, 2012.**
49. **KADDOURI et LAIB., 2016.** Etat actuel de l'environnement dans la région de Ouargla : les principales pollutions et leurs impacts.

50. **LABADI K., MOUKAR M., 2010.** Etude des performances de la station de traitement des eaux usées urbaines par lagunage de la ville de Ouargla. Mém. Ing. Eco et Env. Ecosystème steppique et saharienn. Univ de Ouargla. 29p.
51. **LADJEL F., 2006.** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumer des. 80p.
52. **LARPENT J.P., et LARPENT-GOURGANTM.,1985.** Manuel pratique de microbiologie. Hermann collection, 230p.
53. **LAVIGNE DELVILLE J C., 1994.** Dépolluer les eaux pluviales. Collection OTV.
54. **LAZAROVA V et BRISSAUD F., 2007.** Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.
55. **LEGER C., 2003.** Etudes d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation. mesure de la lutte contre la remontée de la nappe phréatique de la vallée de Ouargla : Mission III A - collecte et analyse des données, A.N.E.P.I.A (BG), 32 p.
56. **MENSOUS M., 2011.** Etude du système de gestion des eaux usées dans la cuvette de Ouargla. Mém. Magister. Univ. KASDI MERBAH Ouargla. 149p.
57. **NADER ABDELKADIR.,2014.**Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla Gestion et risques environnementaux.
58. **O.N.M OUARGLA.,2017.** Données climatiques de Ouargla.
59. **OMS., 1989.** L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation a visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
60. **OMS. 1979 :** Organisation Mondiale de Santé.
61. **ONA. 2014.** Investir dans le développement durable : la réutilisation des eaux usées épurées.
62. **OUALI M. S. 2011.** Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Office des Publications Universitaires, Alger, pp12-31.
63. **PATW., 2012.**Plan d'aménagement de la wilaya de Ouargla, 118p.
64. **RODIER J., 1998.** Analyse d'eau. 8e édition, Durand, Paris. p.475-1047.
65. **RODIER J.,2005.** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer.8ème Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.
66. **ROUVILLOIS-BRIGOL M., 1975.**Le pays d'Ouargla (Sahara algérien) : variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Publications du Département de géographie de l'Université de Paris-Sorbonne, 389 p.

- 67. SAYAH LEMBAREK L., BERREGUI H., 2014.** Synthèse piézométrique et hydro chimique de la nappe phréatique d'Ouargla entre les années 2003 et 2013.
- 68. SCOTT CA., FARUQUI NI., RASCHID-SALLY L., 2007.** Wastewater Use in irrigated agriculture: Management challenges in developing countries. Wastewater Use in Irrigated Agriculture Coordinating the livelihood and environmental realities. Ed. CAB International in association with the International Water Management Institute and International Development Research Centre. pp. 6-16.
- 69. SLIMANI R., 2003.** Contribution à l'étude hygiénique des caractères physico-chimique des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique. Mem. Ing. Eco et Env. Ecosystème steppique et saharien. Univ d'Ouargla. 85p.
- 70. STEP de Ouargla., 2013.** les donne de la STEP Ouargla.
- 71. STEP de Ouargla., 2014.** Composantes de la station d'épuration de Ouargla.
- 72. TARADATM.H., 1992.** Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, canada. 537p.
- 73. TECSULT., 2007.** Étude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur le territoire national. Synthèse globale. MRE- DAPE.
- 74. THOMAS O., 1955.** Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192 p.
- 75.** Tunisie. Institut Allemand de Développement Bonn. Allemagne.
- 76. UNITE D'APPUI AU PROGRAMME (UNION EUROPEENNE), 2010.** Appui au Secteur des Ressources en Eau en Algérie, EUROPEAID/122241/C/SER/DZ, ACTIVITÉ 202, Renforcement des capacités institutionnelles et légales du MRE, TDR 202/14, Élaboration de normes et de guides techniques pour l'utilisation des eaux usées épurées, Utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Rapport de mission 3, Projet de normes et guide technique.
- 77. VON SPERLING M., 2007.** Wastewater characteristics, treatment and disposal, IWA Ed. London.
- 78. GOUZILE V, HOUENOU P, MAMBO V, OHOU MJA, KOUAME KV, KONAN F, SEKA A, TIDOU AS, YAPO OB 2010.** Évaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire) : Koumassi, Marcory, Port-Bouet et Treichville Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(2) : 289-307.



# *Annexes*

**Annexe 1.** Quelques micro-organismes pathogènes rencontrés dans les eaux usées  
(**BOUTELLI, et MENASRIA, 2008**).

Organisme	Symptômes, maladie	Nombre par litre	Voies de contamination principales
<b>Virus</b>			
<b>Virus de l'hépatite A</b>	Hépatite A	-	Ingestion
<b>Virus de l'hépatite E</b>	Hépatite E	-	Ingestion
<b>Rotavirus</b>	Vomissement, diarrhée	400 à 85 000	Ingestion
<b>Bactéries</b>			
<b>Salmonella</b>	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	23 à 80 000	ingestion
<b>Shigella</b>	Dysenterie bacillaire	10 à 10 000	ingestion
<b>E. coli</b>	Gastro-entérite	-	ingestion
<b>Protozoaires</b>			
<b>Entamoeba histolytica</b>	Dysenterie amibienne	4	ingestion
<b>Giardia lamblia</b>		125 à 100 000	ingestion
<b>Toxoplasma gondi</b>	Toxoplasmose : Ganglion, faible fièvre	-	Inhalation/ingestion
<b>Helminthes</b>			
<b>Ascaris</b>	Ascariase : diarrhée, Troubles nerveux	5 à 111	ingestion
<b>Ancylostoma</b>	Anémie	6 à 188	Ingestion/cutanée
<b>Trichuis</b>	Diarrhée, douleur Abdominale	10 à 41	Ingestion

**Annexe 2. Valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels (Journal Officiel de la république Algérienne Démocratique et Populaire, 2006)**

VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS				
N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	*	30	40
5	Phosphore total	*	10	15
6	DCO	*	120	130
7	DBO5	*	35	40
8	Aluminium	*	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	*	0,005	0,01
10	Cyanures	*	0,1	0,15
11	Fluor et composés	*	15	20
12	Indice de phénols	*	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	*	10	15
14	Huiles et graisses	*	20	30
15	Cadmium	*	0,2	0,25
16	Cuivre total	*	0,5	1
17	Mercuré total	*	0,01	0,05
18	Plomb total	*	0,5	0,75
19	Chrome Total	*	0,5	0,75
20	Étain total	*	2	2,5
21	Manganèse	*	1	1,5
22	Nickel total	*	0,5	0,75
23	Zinc total	*	3	5
24	Fer	*	3	5
25	Composés organiques chlorés	*	5	7

**Annexe 3.** Normes françaises de rejet d'une station d'épuration : concentrations maximales autorisées en DBO5, DCO et MES (BAUMONT *et al*, 2004)

Paramètre	Concentration maximale autorisée
DBO <sub>5</sub>	25 mg/l
DCO	125 mg/l
MES	35 mg/l*

\* Pour les rejets dans le milieu naturel de bassins de lagunage, cette valeur est fixée à 150 mg/l

Source : [www.cieau.com](http://www.cieau.com)

	Paramètre	Charge brute de pollution organique reçue en kg par jour	Concentration maximale autorisée
Zone sensible à l'azote	NGL*	600 à 6000	15 mg/l
		> 6000	10 mg/l
Zone sensible au phosphore	PT	600 à 6000	2 mg/l
		> 6000	1 mg/l

\* Ces exigences se réfèrent à une température de l'eau du réacteur biologique aérobie de la station d'épuration d'au moins 12° C. Cette condition de température peut être remplacée par la fixation de périodes d'exigibilité déterminées en fonction des conditions climatiques régionales.

Source : [www.cieau.com](http://www.cieau.com)

#### Annexe 4. Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agricultural (BAUMONT et al., 2004)

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupes exposés	Techniques d'irrigation	Nématodes intestinaux <sup>b</sup>	Coliformes fécaux <sup>c</sup>	Traitements recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique
A	Irrigation sans restrictions A1 Pour les cultures maraichères consommées crues, les terrains de sports, les parcs publics <sup>d</sup>	Travailleurs, consommateurs, public	Toutes	$\leq 0,1^e$	$\leq 10^2$	Série de bassins de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement remplis séquentiellement, ou traitement équivalent (p. ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire, soit d'une filtration et d'une désinfection)
		B1 Travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), populations alentour	Par aspersion	$\leq 1$	$\leq 10^2$	Série de bassins de rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou un traitement équivalent (p. ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration)
B	Irrigation restreinte. Céréales, cultures industrielles, fourragères, pâturage et forêt <sup>f</sup>	B1 comme B1	Par rigole d'infiltration ou par gravité	$\leq 1$	$\leq 10^2$	Comme pour la catégorie A
		B3 Travailleurs dont les enfants < 15 ans, population alentour	Toutes	$\leq 0,1$	$\leq 10^2$	Comme pour la catégorie A
C	Irrigation localisée sur des cultures de la catégorie B s'il n'y a pas d'exposition des travailleurs ou du public	Aucun	Goutte-à-goutte, macro-jet, etc.	Pas de norme	Pas de norme	Pré-traitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire

(a) Dans certains cas particuliers, les facteurs épidémiologiques, socio-culturels et environnementaux devront être pris en compte, et les recommandations modifiées en conséquence.

(b) Moyenne arithmétique du nombre d'œufs/l. Les espèces considérées sont *Ascaris*, *Trichouris* et l'ankylostome ; la recommandation correspond aussi à une protection contre les protozoaires parasites.

(c) Moyenne géométrique<sup>g</sup> du nombre/100 ml. La moyenne géométrique (G) est définie comme étant la racine Nième du produit des N termes d'une série statistique.

(d) Une limite plus restrictive ( $\leq 200$  coliformes fécaux / 100 ml) est appropriée pour les pelouses publiques, comme les pelouses d'hôtels, avec lesquelles le public peut avoir un contact direct.

(e) Cette limite peut être augmentée à  $\leq 1$  œuf/l si (i) il fait chaud et sec et que l'irrigation de surface n'est pas pratiquée ou (ii) le traitement de l'eau comprend aussi des traitements chimiothérapeutiques anti-helminthes.

(f) Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la récolte, et aucun fruit ne doit être récolté au sol. L'irrigation par aspersion ne doit pas être utilisée.

**Annexe 5** : Recommandations de l'USEPA, 1992 et de la norme californienne destinées pour la réutilisation des eaux usées épurées (BAUMONT et al, 2004)

US EPA (1992)	< 1 ou 200 coliformes thermotolérants/100mL selon culture.
Title 22 (Californie)	2,2 ou 2,3 coliformes totaux/100mL selon cultures + filière de traitement agréée.

**Annexe 6.** Spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (Algérie) Paramètres microbiologiques (JORADP ,2012).

SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION		
I. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES		
GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

### Annexe 7. Directives de la FAO pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO.2003).

Problèmes Potentiels en Irrigation	Unités	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à modéré	Sévère
<b>Salinité</b>				
EC <sub>w</sub> <sup>1</sup>	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
ou TDS	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
<b>Infiltration</b>				
SAR <sup>2</sup> =0 - 3 et EC <sub>w</sub> =	dS/m	> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
=3 - 6 =		> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
=6 - 12 =		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
=12 - 20 =		> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
=20 - 40 =		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
<b>Toxicité Spécifique des ions</b>				
<b>Sodium (Na)</b>				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Irrigation par aspersion	méq/l	< 3	> 3	
<b>Chlorure(Cl)</b>				
Irrigation de surface	méq/l	< 4	4 - 10	> 10
Irrigation par aspersion	méq/l	< 3	> 3	
<b>Bore (B)</b>	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
<b>effets divers</b>				
Azote (NO <sub>3</sub> -N) <sup>3</sup>	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	méq/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
<b>pH</b>		Gamme normale 6.5 - 8.4		

<sup>1</sup> EC<sub>w</sub> signifie la conductivité électrique en deciSiemens par mètre à 25°C.  
<sup>2</sup> SAR signifie le taux d'adsorption de sodium (sodium adsorption ratio).  
<sup>3</sup> NO<sub>3</sub>-N signifie l'azote sous forme de nitrate rapporté en terme d'azote élémentaire. NH<sub>4</sub>-N et N-organique devraient être également examinés dans les eaux usées.

### Annexe 8. Caractéristiques physico-chimiques de quelques points de prélèvements d'eau au niveau des nappes de la cuvette de Ouargla

Paramètres	Nappe du continental intercalaire (Forage, agglomération de Ouargla)	Nappe Mio-pliocène (Puits, site de réutilisation)	Nappe phréatique (Sebkhat Safioune)
pH	7,68	7,54	7,32
CE 25°C ms/cm	2,40	3,84	164,40
Résidus secs mg/l	1882	3036	182600
Ca <sup>++</sup> méq/l	8,00	9,90	146,00
Mg <sup>++</sup> méq/l	7,36	14,51	671,25
Na <sup>+</sup> méq/l	11,25	14,80	4808,70
K <sup>+</sup> méq/l	1,46	7,44	50,00
Cl <sup>-</sup> méq/l	11,41	25,01	4288,17
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> méq/l	13,80	17,46	1638,35
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> méq/l	0,00	0,00	0,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> méq/l	3,00	3,10	8,35

## Annexe 9. Données de bases de la STEP (STEP .Ouargla.2013)

Premier niveau	
Nombre de bassins	04 bassins d'aération
Surface totale	9.6ha
Surface par unité de bassin	2.4ha
Profondeur des bassins	3.5m
Temps de séjour	07 jours
Nombre d'aérateurs	12 aérateurs
Deuxième niveau	
Nombre de bassins	02 bassins d'aération
Surface totale	8.2ha
Surface par unité de bassin	4.1ha
Profondeur des bassins	2.8m
Temps de séjour	05 jours
Nombre d'aérateurs	07 aérateurs
Troisième niveau	
Nombre de bassins	02 bassins de finition
Surface totale	9.8ha
Surface par unité de bassin	4.9ha
Profondeur des bassins	1.5m
Temps de séjour	02-04 jours
Nombre d'aérateurs	/



**Annexe 10.** Milieux des cultures



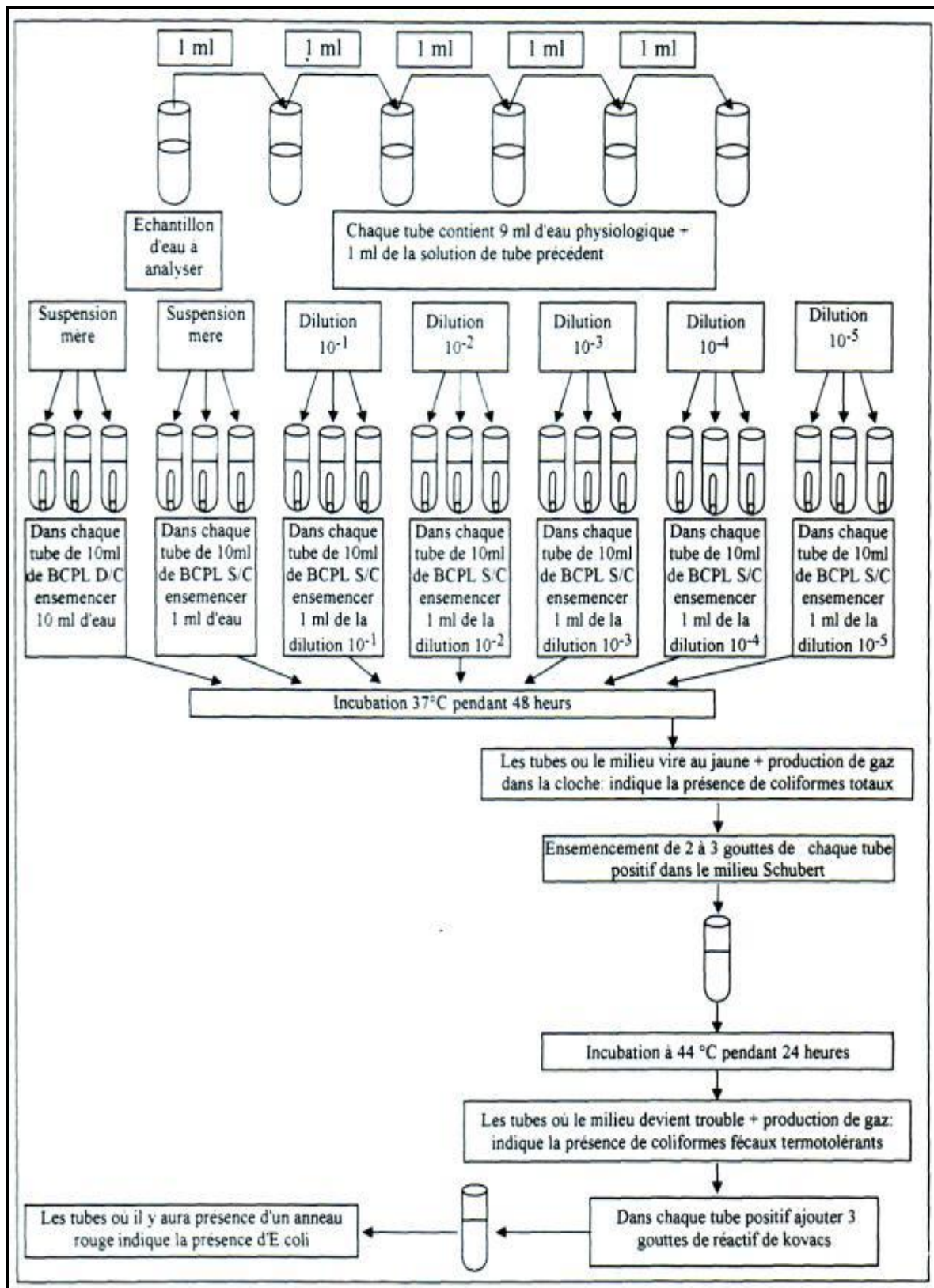
**Annexe 11.** Milieux de la conformation



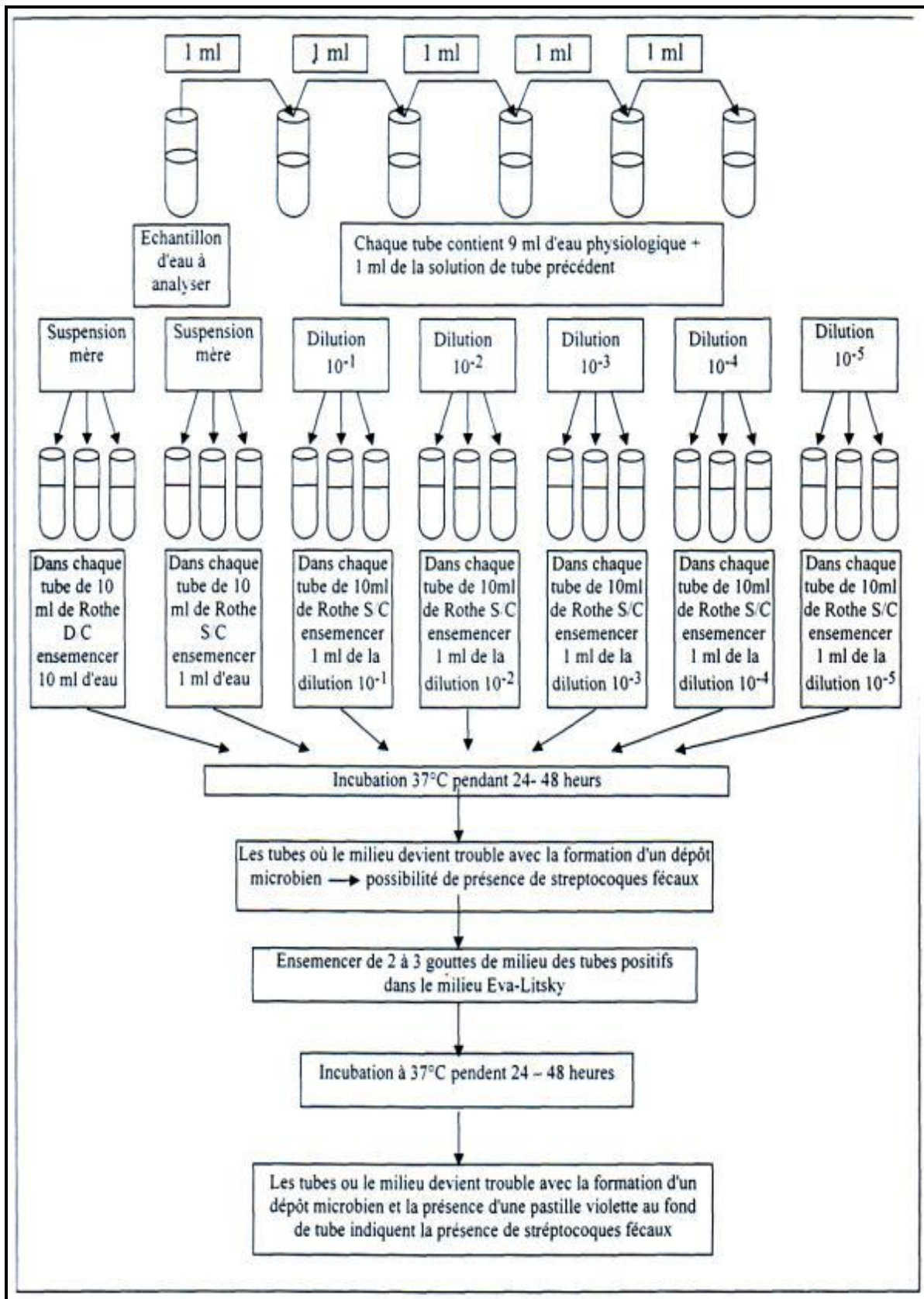
**Annexe 12.** Réactive de conformation



## Annexe 13. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux



## Annexe 14. Recherche et dénombrement des streptocoques totaux et fécaux



**Annexe 15.** Tableaux de MAC GRADY pour le calcul de l’NPP dans la dilution (3 tube/dilution) (ISO., 1996)

Tables NPP (d’après la norme ISO 7218 :1996(F))

**Tableau 1 - Table NPP pour 3 x 1 g (ml), 3 x 0,1 g (ml) et 3 x 0,01 g (ml).**

Nombre de résultats positifs			NPP	Catégorie lorsque le nombre d'essais de mesures est de 1 pour le lot considéré	Limites de confiance			
					>95%	>95%	>99%	>99%
0	0	0	<0,30		0,00	0,94	0,00	1,40
0	0	0	0,30	3	0,01	0,95	0,00	1,40
0	1	0	0,30	2	0,01	1,00	0,00	1,60
0	1	1	0,61	0	0,12	1,70	0,05	2,50
0	2	0	0,62	3	0,12	1,70	0,05	2,50
0	3	0	0,94	0	0,35	3,50	0,18	4,60
1	0	0	0,36	1	0,02	1,70	0,01	2,50
1	0	1	0,72	2	0,12	1,70	0,05	2,50
1	0	2	1,1	0	0,4	3,5	0,2	4,6
1	1	0	0,74	1	0,13	2,00	0,06	2,70
1	1	1	1,1	3	0,4	3,5	0,2	4,6
1	2	0	1,1	2	0,4	3,6	0,2	4,6
1	2	1	1,5	3	0,5	3,8	0,2	5,2
1	3	0	1,6	3	0,5	3,8	0,2	5,2
2	0	0	0,92	1	0,15	3,50	0,07	4,60
2	0	1	1,4	2	0,4	3,5	0,2	4,6
2	0	2	2	0	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	0	1,5	1	0,4	3,8	0,2	5,2
2	1	1	2,0	2	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	2	2,7	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	0	2,1	1	0,5	4,0	0,2	5,6
2	2	1	2,8	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	2	3,5	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	0	2,9	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	1	3,6	0	0,9	9,4	0,5	14,2
3	0	0	2,3	1	0,5	9,4	0,3	14,2
3	0	1	3,8	1	0,9	10,4	0,5	15,7
3	0	2	6,4	3	1,6	18,1	1,0	25,0
3	1	0	4,3	1	0,9	18,1	0,5	25,0
3	1	1	7,5	1	1,7	19,9	1,1	27,0
3	1	2	12	3	3	36	2	44
3	1	3	16	0	3	38	2	52
3	2	0	9,3	1	1,8	36,0	1,2	43,0
3	2	1	15	1	3	38	2	52
3	2	2	21	2	3	40	2	56
3	2	3	29	3	9	99	5	152
3	3	0	24	1	44	99	3	152
3	3	1	46	1	9	198	5	283
3	3	2	110	1	20	400	10	570
3	3	3	>110					
autres valeurs			non cité dans la table ISO 7218 : 1996 (F)					

## Résumé

### Impacts du réutilisation agricole des eaux usées épurées sur la qualité microbiologique des eaux phréatiques à Ouargla

A l'instar des autres grandes agglomérations algériennes, l'agglomération de Ouargla évacue quotidiennement des volumes considérables des eaux usées épurées (EUE), capables d'engendrer des impacts négatifs sur l'environnement.

L'objectif de notre étude est la recherche et la mise en évidence des impacts de la réutilisation agricole des eaux usées épurées sur la qualité microbiologique de la nappe phréatique à la cuvette de Ouargla. Pour cela, une étude comparative a été menée entre les densités bactériennes dans des parcelles irriguées par des eaux non conventionnelles épurées, irriguées conventionnellement et non irriguées.

Nos principaux résultats obtenus dans le cadre de cette recherche montrent que la qualité microbiologique des eaux épurées dépasse les normes de réutilisation recommandés par l'OMS, donc l'utilisation de ces eaux en irrigation nécessite des précautions et des traitements complémentaires. En revanche, l'irrigation avec les eaux usées épurées augmente les concentrations bactériennes dans la nappe phréatique.

**Mots clés:** Eaux usées épurées, Nappe phréatique, Réutilisation agricole, Qualité microbiologique, Ouargla

## ملخص

### أثار إعادة الاستعمال الزراعي لمياه المستعملة المصفاة على الجودة الميكروبيولوجية على المياه الجوفية في ورقلة

على غرار التجمعات السكانية الكبرى في الجزائر يجلي التجمع السكاني لورقلة يوميا كميات معتبرة من المياه المستعملة المصفاة الكفيلة بإحداث تأثيرات سلبية على البيئة و المحيط. الغرض من دراستنا هو تسليط الضوء على الآثار المترتبة من إعادة الاستعمال الزراعي للمياه المستعملة المصفاة على الجودة الميكروبيولوجية للمياه الجوفية لحوض ورقلة. وقد أجريت دراسة مقارنة الكثافة البكتيرية بين الأراضي المسقية بالمياه المعالجة و الأراضي المسقية بالمياه العادية و غير المسقية.

النتائج الرئيسية التي تم الحصول عليها في هذا البحث تبين أن الري بمياه الصرف الصحي المعالجة يؤدي إلى زيادة تركيز الكثافة البكتيرية في المياه الجوفية كما أنها لا تستجيب لتلك المواصفات التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية لإعادة استعمالها في السقي ، واستخدامها يستدعي الحذر و إتمام عمليات معالجتها بطرق تكميلية.

**الكلمات الدالة:** مياه الصرف المعالجة، إعادة الاستعمال الزراعي للمياه الجوفية، الجودة الميكروبيولوجية، ورقلة

## Summary

### Impacts of agricultural reuse of treated wastewater on the microbiological quality of groundwater in Ouargla

Like other major Algerian cities, the agglomeration of Ouargla removes large volumes of purified wastewater (PWW) able to generating negative impacts on the environment.

The objective of our study the research is to highlight the impacts of the agricultural reuse of treated wastewater on the microbiological quality of the water table of the basin of Ouargla. A comparative study was conducted between the bacterial densities in plots irrigated by untreated water, untreated, conventionally irrigated and irrigated water.

The main results obtained in this research show that irrigation with treated wastewater increases the bacterial concentrations in the groundwater and does not correspond to those recommended by the OMS, so the use of these water in irrigation is recommended.

**Key words:** treated wastewater, agricultural reuse, groundwater, microbiological quality, Ouargla