



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**UNIVERSITE ABBES LAGHROUR – KHENCHELA –**



**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

*Département d'écologie et environnement*

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER ACADEMIQUE**

FILIERE: Écologie Et Environnement

OPTION : Protection des écosystèmes

*Thème :*

***Impact de la Réutilisation des eaux  
usées épurées en irrigation***

***Présenté Par : Bouaoun Khawla Et A'nsar Oumaima***

Mémoire de Master académique soutenu devant le jury composé de :

**Président :** KADI KANZA (Grade) Université Abbes Laghrou – Khenchela-

**Examinatrice :** LARBAA RABEH (Grade) Université Abbes Laghrou – Khenchela-

**Encadreur :** DR.DIB DOUNI (Grade) Université Abbes Laghrou – Khenchela-

Promotion : 2023-2024





# Remerciement

*"Ne s'est-il pas écoulé un laps de temps (important) avant que l'homme n'ait été quelque chose dont on fasse mention". Coran (16,1)*

*Nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné l'opportunité de faire ce Travail.*

*C'est avec enthousiasme que nous avons mis en œuvre ce mémorandum pour Remercier tous ceux qui nous ont aidé à y parvenir.*

*Nous remercions tous ceux qui nous ont aidé directement ou indirectement À atteindre cet objectif.*

*Nous remercions ceux qui ont accepté de lire et de commenter le contenu de ce Mémorandum et qui ont exprimé de nombreux avis et commentaires.*

*Nous sommes heureux d'entendre mes sincères remerciements à mon encadrant*

*Le Dr DIB D, pour sa confiance, ses commentaires, ses conseils, sa disponibilité Et sa gentillesse.*

*Enfin nous tenons à remercier toutes personnes ayant contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## **Dédicace**

*Merci mon Dieu de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire : « El hamdou lillah ».*

*Je dédie cet humble travail à mes parents*

- *A mon cher père Abdul Hamid, dont les conseils ont toujours guidé mes pas vers la Réussite, compréhension, encouragement, soutien moral et matériel À qui je suis redevable aujourd'hui et demain.*
- *À ma chère mère, bennadji Naziha, la plus belle femme du monde qui m'a rempli d'elle Sa gentillesse, sa générosité et son affection tout au long de mon parcours.*

*Je ferai toujours de mon mieux pour vous rester fidèle et fière, j'implore Allah de vous protéger et de vous garder en vie pour voire d'autres succès.*

- *À mes sœurs Hanan, Basma et Maryam et leurs fils Abdul Rahman et Muhammad*
- *À mes frères : Jalal et Ayman*
- *À ma grand-mère et mon grand-père*
- *À mes prochesyousra et Shahd*
- *À tous mes amis, Amira et Rayyan, à mon ami décédé khawla*
- *À la meilleure, la plus gentille, la plus belle, la compatissante et l'âme sœur Aisha hoggas*

*À toutes les personnes qui ont une pensée pour moi, à vous tous, Je dédie ce modeste travail avec Amour et Honneur.*

**A'nser oumaima**



## *Dédicace*

*Je rends hommage à mes grands parents « abd el hafid » et « jamaa »*

*À mes chers parents : « slimane » et « mesouaada »,*

*Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse Leur soutien et  
leurs prières tout au long de mes études.*

*Leurs encouragements permanents, et leur soutien*

*Moral.*

*À mes chers frères « nour el din ; merouan ; nedjm el din » pour leur  
appui et leur*

*Encouragement.*

*Sans oublier mes milleures amis et soeurs d'amour boutheina ; amel  
et mes amis*

*Hadjer ; hasna.*

*À ma chère binôme oumaïma anser*

*Et à tous qui ont contribué de près ou de loin pour que*

*Ce projet soit possible, je vous dis MERCI.*

***Bouaoun khawla.***

## Liste des abréviations

---

- MES : Matières en suspension.
- MO : Matière organique.
- Na : Sodium
- K : potassium
- Ca : calcium
- Mg : magnésium
- CO<sub>3</sub> : trioxyde decarbone
- SO<sub>4</sub> : sulfate
- Cl : chlorure
- X% : pourcentage
- L : litre
- PH : potentiel hydrogène
- PH : potentiel hydrique
- STEP : Station d'épuration des eaux usées
- DBO : Demande biochimique en oxygène
- DCO : Demande chimique en oxygène
- CE : Conductivité électrique
- ml : millilitre
- g : gramme

## Liste des tableaux

---

### Liste des figures

<b>Figure N°1</b>	<b>Carte administrative d'Ain Beida (Source : STEP AIN EL BIEDA)</b>	<b>21</b>
<b>Figure N°2</b>	<b>Situation géographique de la station. (Source : STEP AIN EL BIEDA)</b>	<b>23</b>
<b>Figure N°3</b>	<b>Schéma représentant le fonctionnement de la STEP de l'Ain Beida. (Source : STEP AIN EL BIEDA)</b>	<b>25</b>
<b>Figure N°4</b>	<b>Image représentant la méthode de mesure l'humidité</b>	<b>26</b>
<b>Figure N°5</b>	<b>La granulométrie (Tamisage et sedimentométrie)</b>	<b>26</b>
<b>Figure N°6</b>	<b>Mesure de conductivité du sol</b>	<b>27</b>
<b>Figure N°7</b>	<b>Calcimètre de brand</b>	<b>28</b>
<b>Figure N8</b>	<b>Mesure de pH de sol</b>	<b>29</b>
<b>Figure N9</b>	<b>Image représentative la méthode détermination la MO</b>	<b>30</b>
<b>Figure N10</b>	<b>Mesure de phosphore</b>	<b>31</b>
<b>Figure N11</b>	<b>Variations du pH, Conductivité et ions dissous</b>	<b>38</b>
<b>Figure N12</b>	<b>Variations de la matière organique du sol (R1, R2 et R3 représentent des répétitions)</b>	<b>39</b>
<b>Figure N13</b>	<b>Variations de L'humidité du sol (R1, R2 et R3 représentent des répétitions)</b>	<b>40</b>

## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux

<b>N</b>	<b>TABLEAU</b>	<b>PAGE</b>
<b>1</b>	<b>Extrait des normes internationales relatives à la réutilisation agricole d'effluents urbains</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Résultats de l'analyse des eaux usées (STEP Ain Beida, 2023)</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>Résultats de l'analyse granulométrique</b>	<b>36</b>



## Table des matières

### الملخص

الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. ولهذا، تم إجراء تحليل للتربة في موقعين (مسقية وغير مسقية) في مختبرين مختلفين.

تُظهر نتائج تحليل المياه تقيلاً كبيراً في المواد العالقة، وفي الطلب الكيميائي على الأكسجين (من 603.40 إلى 47.62 .. ملغ/لتر)، وفي تراكيز الأمونيوم (من 49.67 إلى 2.75 ملغ/لتر) بعد المعالجة. ومع ذلك، لا تزال هناك بقايا من النترات والفسفور في المياه المنقاة، مما يتطلب متابعة مستمرة لتجنب التأثيرات البيئية. فيما يتعلق بالتربة، يُحسن الري بمياه الصرف المنقاة التربة بالمواد العضوية (34.8%)، مما يعزز خصوبتها، ولكن تقلبات في محتوى الجير بين الترب المروية وغير المروية تثير أسئلة حول توافر المغذيات وثبات درجة الحموضة (الرقم الهيدروجيني). بإيجاز، يوفر الري بمياه الصرف المنقاة فوائد محتملة لخصوبة التربة، ولكنه يتطلب إدارة متأنية لتجنب المشاكل مثل الملوحة وعدم التوازن الغذائي. فهم هذه التأثيرات أمر بالغ الأهمية لتحسين استخدام موارد المياه وتعزيز استدامة الممارسات الزراعية

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، مسقي، التربة، المواد العضوية، درجة الحموضة

# Table des matières

---

## Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact de la réutilisation des eaux usées en Irrigation sur quelques propriétés physico-chimiques du sol.

Pour cela, une analyse du sol de deux sites (irrigués et non irrigués) a été réalisée au Niveau de deux laboratoires.

Les résultats des analyses de l'eau montrent une réduction significative des matières En suspension, de la demande chimique en oxygène (de 603,40 à 47,62 mg/L) et des Concentrations d'ammonium (de 49,67 à 2.75mg/l) après traitement. Cependant, des Résidus de nitrates et de phosphore persistent dans les eaux épurées, nécessitant une Surveillance continue pour éviter les impacts environnementaux. Concernant le sol, L'irrigation avec des eaux usées épurées enrichit le sol en matière organique (34.8%), Améliorant sa fertilité, mais des variations dans la teneur en calcaire entre les sols Irrigués et non irrigués posent des questions sur la disponibilité des nutriments et la Stabilité du pH. En résumé, l'irrigation avec des eaux usées épurées offre des Avantages potentiels pour la fertilité du sol, mais nécessite une gestion prudente pour Éviter les problèmes tels que la salinisation et le déséquilibre nutritionnel. Comprendre ces impacts est crucial pour optimiser l'utilisation des ressources en eau Et améliorer la durabilité des pratiques agricoles.

**Mots clés** : Eau usée, Irrigué, Sol, Matière organique, pH

# Table des matières

---

## Abstract

The objective of this study is to investigate the impact of wastewater reuse in irrigation on some physicochemical properties of the soil.

For this purpose, soil analysis from two sites (irrigated and non-irrigated) was conducted at two laboratories.

The results of water analyses show a significant reduction in suspended solids, chemical oxygen demand (from 603.40 to 47.62 mg/L), and ammonium concentrations (from 49.67 to 2.75 mg/L) after treatment. However, residues of nitrates and phosphorus persist in the treated waters, requiring continuous monitoring to avoid environmental impacts. Regarding soil, irrigation with treated wastewater enriches the soil with organic matter (34.8%), improving its fertility. However, variations in limestone content between irrigated and non-irrigated soils raise questions about nutrient availability and pH stability. In summary, irrigation with treated wastewater offers potential benefits for soil fertility but requires careful management to avoid issues such as salinization and nutrient imbalance.

Understanding these impacts is crucial for optimizing water resource utilization and improving agricultural sustainability.

**Key words:** Wastewater, Irrigated, Soil, Organic matter, pH

# Table des matières

## Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
<b>Introduction Générale</b>	
<b>Partie bibliographique</b>	<b>5</b>
<b>Généralités sur les eaux usées</b>	<b>5</b>
Définition d'une eau usées	5
Composition des eaux usées	5
Les virus	5
Les protozoaires	6
Les bactéries	6
Les helminthes	6
Caractéristiques des eaux usées	7
Les paramètres physiques	7
Conductivité électrique	7
Matières en suspension (MES)	7
La Température	7
La turbidité	7
Paramètres chimiques	8
1.3.2.1 Oxygène dissous :	8
Demande chimique en oxygène (DCO) :	8
Carbone organique total (COT)	8
L'azote	8
Les nitrates	9
Demande biologique en oxygène DBO <sub>5</sub>	9
Eléments traces	9
Eléments organiques toxiques	10
Origine et types des eaux usées :	10
Eaux usées Domestiques	10
Eaux usées industrielles	10
Eaux usées agricoles	11
Eaux pluviales	11
Réutilisations eaux usées épurées dans l'agriculture en Algérie	11
Normes de la réutilisation des eaux usées épurées	12
<b>Conclusion</b>	<b>13</b>
<b>Partie II Etude d'impact sur le sol</b>	<b>13</b>
<b>Chapitre I : Etude d'impact sur le sol</b>	<b>16</b>
<b>Etude d'impact sur le sol</b>	<b>16</b>
Les indicateurs de l'évaluation de la qualité du sol	16
Les indicateurs chimiques	16
Les indicateurs physiques	16
Les indicateurs biologiques	16

## Table des matières

---

Les types de la qualité du sol	17
La qualité physique	17
La qualité chimique	17
La qualité biologique	17
Chapitre II expérimental	17
Partie 1 Matériels et Méthodes	18
Présentation de la station d'épuration d'Ain Beida	21
Présentation de la commune d'Ain el BEIDA	21
Situation administrative	21
Situation géographique de la ville d'Ain Beida	21
Présentation de la station d'épuration de la ville d'Ain el Beida	22
Fonctionnement de la STEP Ain El BEIDA	23
Matériel et méthodes d'analyses	24
Les analyses physico-chimiques du sol	24
La granulométrie	24
Déterminer les proportions sable - Limon –Argile	25
Détermination de la matière organique	28
Dosage des cations et anions	29
a. Dosage du calcium et magnésium	29
b. Dosage des chlorures	29
c. Dosage des sulfates	30
D-Dosage du phosphore	30
Partie 2 Résultats et discussion	32
Troisième partie : Résultats et discussion	33
Résultats des analyses de l'eau	33
Etude des caractéristiques du sol	36
Caractéristiques physico-chimiques	38
La matière organique	38
L'humidité du sol	39
Le calcaire total	40
Conclusion Générale	42
Références Bibliographiques	44



# **Introduction Générale**

*Si vous n'échouez jamais ... vous  
échoué aussi longtemps que vous  
essayez de vous relever.*

# Introduction générale

---

## Introduction générale

L'eau est vitale pour les organismes vivants, les plantes, les animaux et les êtres humains, car elle participe à de nombreuses fonctions biologiques, telles que le transport des nutriments, la régulation de la température corporelle et l'élimination des déchets . Ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution .Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies (AOUISSIA et al., 2014).

La croissance démographique et le développement économique exercent une pression du 21<sup>ème</sup> siècle . Cette augmentation du niveau de vie et du degré de confort a conduit à une augmentation de la consommation mondiale d'eau de 700 km<sup>3</sup> en 1950 à plus de 5 000 km<sup>3</sup> en 2000. (M.A.T.E., 2012).

La réutilisation des eaux usées (REU) consiste en l'utilisation des eaux usées traitées dans un objectif de valorisation (usage bénéfique). Les projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Participer à la gestion intégrée des ressources en eau et à la protection de l'environnement. Ils sont particulièrement stratégiques dans les pays arides et semi-arides de la région méditerranéenne, où la pression sur les ressources en eau est forte et connaît une situation de concurrence entre les différents usages de l'eau (CONDOM., et al 2012).

La situation en Algérie est caractérisée par une demande croissante en eau, les ressources en eau étant devenues rares à des fins agricoles. D'autre part, la production d'eaux usées augmente et leur réutilisation se présente donc comme une première réponse à cette situation de pénurie d'eau pour l'irrigation (ZELLA, 1991).

Parmi les domaines où les eaux usées traitées peuvent être réutilisées, l'irrigation constitue le secteur le plus intéressant. En effet, l'agriculture consomme plus de 70 % des ressources en eau, notamment dans les pays en développement comme les pays arabes (HAMOUDA., 2004).

L'irrigation présente une détérioration et un impact sur la qualité des sols et une menace sérieuse pour la durabilité de ce système d'utilisation des terres. On sait que le développement agricole sous irrigation entraîne souvent une détérioration de la qualité des sols (BELAID., 2010).

Durant notre expérimentation nous nous sommes intéressée à étudier Impact de la Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation

Nous avons ainsi opté pour le plan de travail qui se structure comme suit :

# Introduction générale

---

synthèse bibliographique composées de

Chapitre I

Partie I : Généralités sur Les eaux usées

Partie II : Etude d'impact sur le sol

Chapitre II

Partie Expérimental

Partie I: Matériels et Méthodes.

Partie II: Résultats et discussions.

Enfin nous terminons par une conclusion générale .





*Partie bibliographique*



**Chapitre I :**  
**Généralités sur les eaux**  
**usées**

## 1. Généralités sur les eaux usées

### .1. Définition d'une eau usée

Les eaux usées sont des eaux variables chargées de déchets, solubles ou insolubles, provenant de l'activité humaine rejetées par des complexes résidentiels, commerciaux, industriels et agricoles. (El Aloui et al, 2013)

Les eaux usées comprennent également l'eau de pluie et la charge polluante qu'elle génère. Dans le milieu récepteur, on retrouve toutes sortes de pollutions et de perturbations. (Dugniolle, 1980)

### .2. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées varie fortement selon leur source (agricole, domicile, etc.). Il contient de nombreux matériaux. Ces matières sont classées en quatre groupes : micro-organismes, matières en suspension, Substances et nutriments minéraux ou organiques (Harz Allah., 2011).

#### .2.1. Les virus

Les virus sont de très petits organismes (10 à 350 nanomètres). Ils ne peuvent se reproduire qu'à l'intérieur de la cellule hôte. Il existe des virus qui s'adaptent à tout type d'hôte (animaux, humains, plantes, champignons, algues et bactéries). Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles. Dans tous les cas, l'infection d'un individu par le virus d'origine hydrique se produit par ingestion. Sauf pour le virus Corona, qui se produit également par inhalation.

Les entérovirus sont ceux qui se reproduisent dans l'intestin et ne sont normalement pas présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries (Aulicino et al., 1996). Parmi les entérovirus humains les plus nombreux figurent les entérovirus (ex : polio). Les chercheurs ont découvert que lors du processus de traitement des eaux usées, il est plus difficile d'éliminer les virus que les bactéries.

### .2.2. Les protozoaires

Les protozoaires sont des eucaryotes unicellulaires, plus grands et plus complexes que les bactéries. Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées (Gennacaro et al., 2003).

La plupart des protozoaires pathogènes sont des parasites et évoluent aux dépens de leurs hôtes. Ils vivent souvent dans l'eau et s'attaquent à la matière organique et aux bactéries. Au cours de leur cycle de vie, qui adopte plusieurs protistes, une forme de résistance appelée kyste apparaît.

### .2.3. Les bactéries

Les bactéries sont des procaryotes dont la taille varie de 0,1 à 10 micromètres. Ils ont tout Matériaux cellulaires nécessaires à la reproduction. Certaines d'entre elles peuvent être rencontrées parmi les maladies les plus découvertes : la salmonelle Sous forme de spores : le phénomène de reproduction se produit en réponse à l'environnement Pas très favorable. La force pathogène des bactéries est soit spécifique (générer maladies spécifiques) ou opportunistes (exprimées uniquement chez les individus vulnérables). L'ingestion est la principale voie de contamination (Miquel, 2003).

### .2.4. Les helminthes

Les helminthes sont des vers plats multicellulaires (ténias) et des vers ronds (nématodes), souvent présents dans l'eau. Beaucoup de ces parasites ont des cycles de vie complexes. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent survivre pendant des semaines, voire des mois, dans le sol ou les plantes cultivées. Lors du traitement et de la réutilisation des eaux usées, les risques associés à leur présence doivent être pris en compte. Les concentrations d'œufs d'helminthes dans les eaux usées varient de 10 à 103 œufs/L (Fabé, 1997). Les helminthes pathogènes présents dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermcularis*, *Trichuris trichuria* et *Taenia saginata*.

### **.2.5. Caractéristiques des eaux usées**

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité Physico-chimique et biologique,

Ce potentiel de pollution généralement exprimé en mg/l, est quantifié et apprécié par une série

D'analyses. (Mekhalif,2009).

### **.3. Les paramètres physiques**

#### **.3.1. Conductivité électrique**

La conductivité électrique est une propriété que possède l'eau pour favoriser le passage du courant électrique. Fournit une indication précise de la teneur en sel dissous (salinité l'eau). La conductivité est exprimée en microsiemens par centimètre et est l'inverse de la Résistance, exprimée en ohms par centimètre. (Mekhalif,2009).

#### **.3.2. Matières en suspension (MES)**

Ce sont des matières solides dans les eaux usées et ces matières sont souvent sujettes à des transformations (Principalement par des micro-organismes). Cela donne à l'eau un aspect gris et une odeur désagréable. Cependant, il peut convenir à l'irrigation des cultures agricoles. (Fabé et Brisaud, 1997)

#### **.3.3. La Température**

La température est un facteur environnemental important et il est important de connaître la température exacte de l'eau, elle joue donc un rôle Dans la dissolution des sels, notamment des gaz, dans la dissolution des sels dissous et donc sur la Conductivité électrique, pour déterminer le pH, pour connaître L'origine de l'eau et Mélanges possibles. Il agit comme un facteur physiologique dans le métabolisme et la croissance des micro-organismes vivant dans l'eau. (Lemlikchi,2012)

#### **.3.4. La turbidité**

La turbidité représente l'opacité d'un environnement trouble et est une diminution de la transparence du liquide due à la présence de substances non dissoutes. Elle est causée dans l'eau par la présence de fines matières en suspension (MES), telles que l'argile, les grains de silice et les micro- organismes.

Une petite partie de la turbidité peut être due à la présence de substances colloïdales d'origine organique ou minérale. (Rejsek., 2005)

## **.4. Paramètres chimiques**

### **.4.1. Oxygène dissous**

La concentration en oxygène dissous est le paramètre nécessaire de l'abaissement de Matière organique et photosynthèse. L'eau très aérée est généralement sursaturée. Entre l'eau chargée en oxygène, les matières organiques dégradables microbiennes. Il n'est pas saturé d'oxygène (Boulifa et Belatter).

### **.4.2. Demande chimique en oxygène (DCO)**

La MORUE convertit la quantité d'oxygène nécessaire pour s'oxyder chimiquement.

Des matières organiques telles que le bicarbonate de potassium ( $\text{Cr}_2\text{O}_4\text{K}_2$ ) dans le milieu 2 heures chaudes avec de l'acide (Abdelmadjid., 2007).

### **.4.3. PH**

L'organisme est très sensible aux changements de pH, et le développement correct de la faune et de la flore aquatiques n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

L'impact du PH se fait également sentir par le rôle qu'il exerce sur d'autres éléments tels que les ions métalliques, où les solutions biodisponibles et donc la mobilité toxique peuvent être réduites ou augmentées.

Le pH joue un rôle important dans la purification des effluents et le développement bactérien (Housani Fethia., 2018).

### **.4.4. Carbone organique total (COT)**

Le carbone organique est un vaste groupe de composés organiques présentant plusieurs états d'oxydation. Il se trouve dans un état d'oxydation et peut être oxydé par des processus chimiques ou biologiques. Ces compartiments sont caractérisés par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO). Certaines matières organiques peuvent échapper à ces mesures (Tarmoul.,2007).

### **.4.5. L'azote**

L'azote présent dans les eaux usées domestiques existe sous forme organique et sous forme d'ammonia (Gaujous.,1995).

L'azote présent dans l'eau peut être organique ou minéral. La matière organique se compose principalement de protéines et d'autres composés. L'azote ammoniacal existe en solution sous deux formes, l'ammoniac  $\text{NH}_3$  et l'ammonium  $\text{NH}_4^+$ , dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température (Tarmoul., 2007).

### **.4.6. Les nitrates**

Les nitrates sont présents naturellement dans l'eau en grande partie à cause de l'action de l'écoulement de l'eau sur le sol qui forme les bassins versants. Ses concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/L dans les eaux de surface et quelques mg/L dans les eaux souterraines.

Par conséquent, la nature des zones de drainage joue un rôle fondamental dans leur existence et l'activité humaine périodique réalise le processus d'enrichissement de l'eau en nitrates (Rodier., 2009).

### **.4.7. Demande biologique en oxygène DBO5**

C'est une mesure utilisée pour évaluer la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes lors de la décomposition des matières organiques dans l'eau. Ceci est important pour évaluer la qualité de l'eau et la possibilité de sa contamination. Elle est mesurée par la consommation d'oxygène à une température de 20 degrés Celsius dans l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement inoculé, temps pendant lequel assure l'oxydation biologique de la matière carbonée organiques (Xanthoulis., 1993).

### **.4.8. Eléments traces**

Les oligo-éléments se caractérisent par des concentrations dans les eaux naturelles inférieures à 1 mg L<sup>-1</sup>. Cela signifie que les oligo-éléments ne sont pas pris en compte dans le calcul du "total des solides dissous" dans les rivières, les lacs et les eaux souterraines. En effet, leur masse totale est constituée de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Par conséquent, la plupart des éléments, à l'exception d'une douzaine d'entre eux, sont présents à l'état de traces dans l'eau naturelle. La présence d'oligo-éléments dans l'eau naturelle ne signifie pas nécessairement qu'ils sont reconnus comme oligo-éléments dans les roches. Par exemple, l'aluminium, le fer et le titane sont les principaux éléments présents dans les roches (Gaillardet, J, 2003).

### **.4.8.1. Eléments organiques toxiques**

La pollution de l'eau devient un problème critique partout dans le monde, et les métaux lourds, les composés organiques et inorganiques et les bio-organismes contribuent à une pollution majeure de l'eau (Lu, Fet Didier A,2018). Sa gravité est estimée. Ils proviennent des usages domestiques, des rejets industriels et des terres agricoles Les stations d'épuration et autres usines sont des sources potentielles de ces produits toxiques. Ainsi, en raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouve dans les boues concentrées et non Dans les eaux usées (Belaid, 2010).

### **.5. Origine et types des eaux usées**

On peut classer les eaux usées comme eaux d'origine urbaine constituées de l'eau domestique et des eaux de salle de bain et de toilette (fèces et urines) ; Des eaux d'origine industrielle et agricole peuvent être ajoutées selon les situations (Rodier, et al ,2005).

\_on distingue quatre catégories d'eaux usées

#### **.5.1. Eaux usées Domestiques**

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau potable dans la majorité des cas pour satisfaire tous les usages ménagers (Baumont et al., 2009). Il s'agit d'un mélange complexe contenant principalement de l'eau (environ 99%) anisi que des contaminants organiques et inorganiques. Constituants ou contaminants ces comprenaient des matières en suspension, colloïdales et dissoutes (Ng, Jem,2006).

#### **.5.2. Eaux usées industrielles**

Les eaux usées industrielles sont les eaux usées qui proviennent des activités industriellesElles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques Cette eau en contient un large

Gamme et peut être toxique pour lesr les l'homme et les animaux. Les eaux usées sont celles qui sont utilisées dans les appareils de refroidissement et sont directement liées au type d'industrie en question. (Baumont et al,2004).

\_Ceux-ci sont entièrement prétraités et diffusés dans les réseaux domestiques et dans la nature.



### **.5.3. Eaux usées agricoles**

L'agriculture est une source importante de pollution de l'eau en raison de la présence d'engrais et de pesticides. L'agriculteur est Elle conduit à l'utilisation de divers produits d'origine industrielle ou agricole, ce qui constitue la cause fondamentale d'une pollution généralisée. Eaux agricoles provenant des terres cultivées chargées en engrais nitrates et phosphatés, sous forme ionique ou en

Quantités telles que le sol ne les retient pas et ne sont pas acceptées par les plantes, entraînées par le ruissellement de surface pour enrichir les substances azotées ou phosphatées dans la plupart des nappes phréatiques, des eaux de surface et les voies navigables (Mohammed Said, 2012).

### **.5.4. Eaux pluviales**

Il s'agit de l'eau courante (eau de pluie, eau d'irrigation des voies publiques, etc.). Il génère toutes sortes de déchets minéraux et organiques et de micropolluants (Desjardins, 1997). Parfois, elles sont collectées en même temps que les eaux usées sont rejetées dans les égouts et transportées vers la station d'épuration, et parfois elles sont rejetées directement dans les rivières, provoquant une grave pollution du milieu aquatique (Mohammed Said, 2012).

### **1. Réutilisations eaux usées épurées dans l'agriculture en Algérie**

L'Algérie est confrontée à la rareté des ressources en eau traditionnelles et se puits ne suffisent pas à répondre aux besoins de la population. Les ressources en eaux souterraines sont rares, voire inexistantes, dans les zones désertiques (ONA, 2010).

C'est pourquoi l'Algérie ambitionne de traiter un milliard de mètres cubes d'eaux usées et de les utiliser pour irriguer 100 000 hectares. Il s'agit de l'irrigation de 100 000 hectares. Actuellement, l'Algérie

Dispose de 560 000 mètres cubes d'eau traitée. Il y a 560 000 mètres cubes d'eau traitée, dont 65% sont utilisés pour l'irrigation du secteur agricole (MRE, 2012).

Le potentiel de réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles augmentera considérablement, passant d'environ 17 millions de m<sup>3</sup> en 2011 à environ 200 millions de m<sup>3</sup> en 2014.

## 1. Normes de la réutilisation des eaux usées épurées

Les recommandations de l'OMS sont destinées à un usage international et comprennent

Il est adapté aux pays en développement comme l'Algérie.

Recommandations de l'OMS sur la réutilisation des eaux usées l'agriculture distingue 03 catégories d'eau en fonction des normes microbiologiques.

**Tableau N°01 : Extrait des normes internationales relatives à la réutilisation agricole d'effluents urbains**

Catégorie	A	B	C
Types de cultures	Irrigation de légumes crues ou terrains de sport, golfs	Irrigation céréales où Cultures industrielles	Prairies pâturées, Arrosage parcs
Normes de L'OMS	CF<1000. (100ml) -1 OH<1. (L-1)	OH<1. (L-1)	OH<1. (L-1)

(DEGREMONT, 2005)

CF : Coliformes fécaux.

OH : Œufs d'helminthes.

### **Conclusion**

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de Traitements au préalable.

Nous avons présenté dans ce chapitre d'une part, les Origines des eaux usées.



*Partie II*

*Etude d'impact sur le sol*



## **1. Etude d'impact sur le sol**

Le sol est un problème mondial majeur et une ressource naturelle qui doit être protégée et utilisée de manière durable (Montaigne et al., 2018).

Entre 1990 et 2000, plusieurs définitions de la qualité des sols ont été élaborées (Arshad et Martin, 2000). La qualité des sols n'est liée à l'environnement qu'en tant que service d'approvisionnement - stockage et séquestration du carbone et régulation des rythmes hydrologiques (Vitousek, 1997). Du point de vue de l'agriculture, la qualité des sols est déterminée par leur capacité à remplir les fonctions de l'écosystème. Le concept de qualité des sols est plus étroitement lié à des caractéristiques telles que la fertilité, la productivité et la durabilité des ressources (Gros, 2002).

### **.1. Les indicateurs de l'évaluation de la qualité du sol**

Il existe trois grandes catégories d'indicateurs de sol : chimiques, physiques et biologiques (Schoenhotz et al., 2000).

#### **.1.1. Les indicateurs chimiques**

Les indicateurs chimiques peuvent fournir des informations sur l'équilibre entre la solution du sol (eau du sol et nutriments) et les sites d'échange (particules d'argile, matières organiques), la santé des plantes, les besoins en nutriments des communautés végétales et animales dans le sol, les niveaux de contaminants du sol et la disponibilité de l'absorption par les plantes et les animaux (Doran and Parkin, 1996).

La matière organique du sol (SOM) (ou carbone organique du sol (SOC)) est largement reconnue comme l'un des paramètres chimiques clés de la qualité du sol, mais l'évaluation quantitative de sa contribution à la qualité du sol fait souvent défaut (Schoenholtz et al., 2000).

#### **.1.2. Les indicateurs physiques**

Les indicateurs physiques fournissent des informations sur les propriétés hydrologiques du sol, telles que l'apport et la rétention d'eau, qui influent sur la disponibilité des plantes. Certains indicateurs sont liés à la disponibilité des nutriments en raison de leurs effets sur la capacité d'enracinement et

Les conditions d'aération. D'autres indicateurs fournissent des informations sur les conditions d'érosion (Doran and prakin, 1996)., 1996).6).

La capacité de rétention d'eau disponible et la conductivité hydraulique saturée sont les deux types d'ensembles de données d'indicateurs de sol les plus fréquemment utilisés. La capacité de rétention d'eau disponible mesure la disponibilité relative de l'eau dans le sol, tandis que la conductivité hydraulique saturée est un indicateur du taux de drainage du sol et peut être utilisée pour évaluer l'équilibre eau/air du sol (Schönholtz et al., 2000).

### **.1.3. Les indicateurs biologiques**

Un bioindicateur est défini comme un organisme (ou une partie d'un organisme ou d'une communauté d'organismes) qui fournit des informations sur l'état ou la fonction d'un écosystème (Bispo et al., 2009).

Selon Doran et Parkin (1996), les indicateurs biologiques peuvent renseigner sur les organismes qui forment la chaîne alimentaire du sol responsable de la décomposition de la matière organique et du cycle des nutriments. Les informations sur le nombre d'organismes, d'individus et d'espèces effectuant des tâches ou des niches similaires (lacunes) peuvent également indiquer la capacité du sol à fonctionner ou à se rétablir après une perturbation (résistance et résilience).

## **.2. Les types de la qualité du sol**

L'analyse objective montre qu'il n'y a pas une qualité, mais plusieurs qualités chimiques, physiques et biologiques, qui ne varient pas dans le même sens (Ruiz Camacho et al., 2009).

### **.2.1. La qualité physique**

La qualité physique des sols est étroitement liée à leur structure, c'est-à-dire à la manière dont les composants minéraux et organiques sont combinés les uns par rapport aux autres (Gros, 2002).

### **.2.2. La qualité chimique**

D'un point de vue chimique, le sol est avant tout une source d'ions essentiels pour les plantes (Gros, 2002). La majorité des éléments chimiques présents dans les sols sont soit libérés par les cultures, soit éliminés du sol par l'eau ou les activités humaines (Bruand et al., 1996).

### **.2.3. La qualité biologique**

Tout d'abord, les micro-organismes produisent des sécrétions (polysaccharides) qui améliorent la cohésion des particules du sol et des mycéliums qui lient les particules du sol entre elles (Wright et al., 2006). Deuxièmement, la faune du sol joue un rôle important dans la formation

de pores stables dans le sol par la migration (vers de terre) et la formation de matières fécales (Lavelle et al., 2006).

La qualité biologique du sol fait référence à l'abondance, à la diversité et à l'activité des organismes qui jouent un rôle dans le fonctionnement du sol (Chaussod, 1996).

# **Chapitre II**

# **Expérimental**



# **Partie 1**

## **Matériels et Méthodes**

## 1. Présentation de la station d'épuration d'Ain Beida

### .1. Présentation de la commune d'Ain el BEIDA

#### .1.1. Situation administrative

Elle se situe à 27 km au Sud- Est de la ville d'Oum el Bouaghi, et s'étend sur une superficie de 53 km<sup>2</sup>.

#### .1.2. Situation géographique de la ville d'Ain Beida

Elle est limitée par :

- La commune de Berriche au Nord-Ouest.
- La commune de F'kirina au Sud.
- La commune de Zorg à l'Est.
- La ville d'Oum El Bouaghi à l'Ouest.

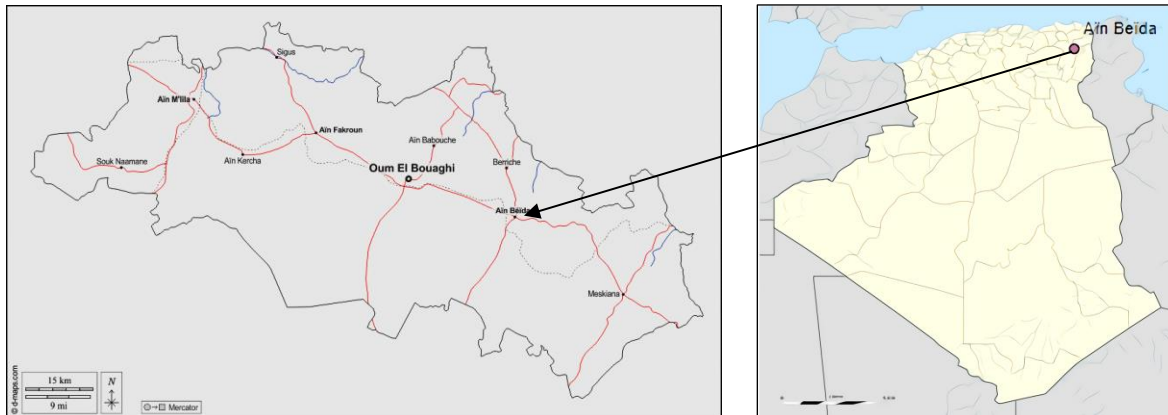


Figure N° 01 : Situation géographique de la ville d'Ain Beida

### .1.3. Présentation de la station d'épuration de la ville d'Ain el Beida

La station de traitement des eaux municipales de la ville est située à 3 km au Nord Ouest de la ville à la périphérie, les coordonnées de localisation GPS sont les suivantes :

35°47'22.24"N et 7°20'27"E et à une altitude de 930m. Elle occupe une superficie de 10 Hectares et le milieu récepteur est l'oued El-Azzabi. (Fig 02)

La ville de Ain Beida est localisée sur une dépression qui s'allonge vers l'Est, du point de vue stratigraphique les formations existantes vont de crétacés jusqu'au quaternaire. Les sols se composent essentiellement par une terre végétale. Recouvrant un substratum (la nature marneuse du substratum conduit à exclure toute présence de nappe phréatique). (Source : STEP AIN EL BIEDA)



Figure N° 02 : Situation géographique de la station d'épuration (Google Earth : 24/05/2024)

### .1.4. Fonctionnement de la STEP Ain El BEIDA

La station d'épuration des eaux usées de la ville d'Ain Beida rassemble une succession de dispositifs, chacun est conçu pour éliminer les différents polluants contenus dans les eaux usées.

L'épuration des eaux résiduaires par le procédé des boues activées est principalement basée Sur l'activité métabolique de cultures bactériennes maintenues le Bassin d'aération alimenté par l'eau à épurer.

L'objectif du projet est de construire une station d'épuration communale pour la ville d'Ain Beida d'une capacité de 140 000 EH, avec la possibilité d'une extension jusqu'à 210000 EH. (Fig.03)

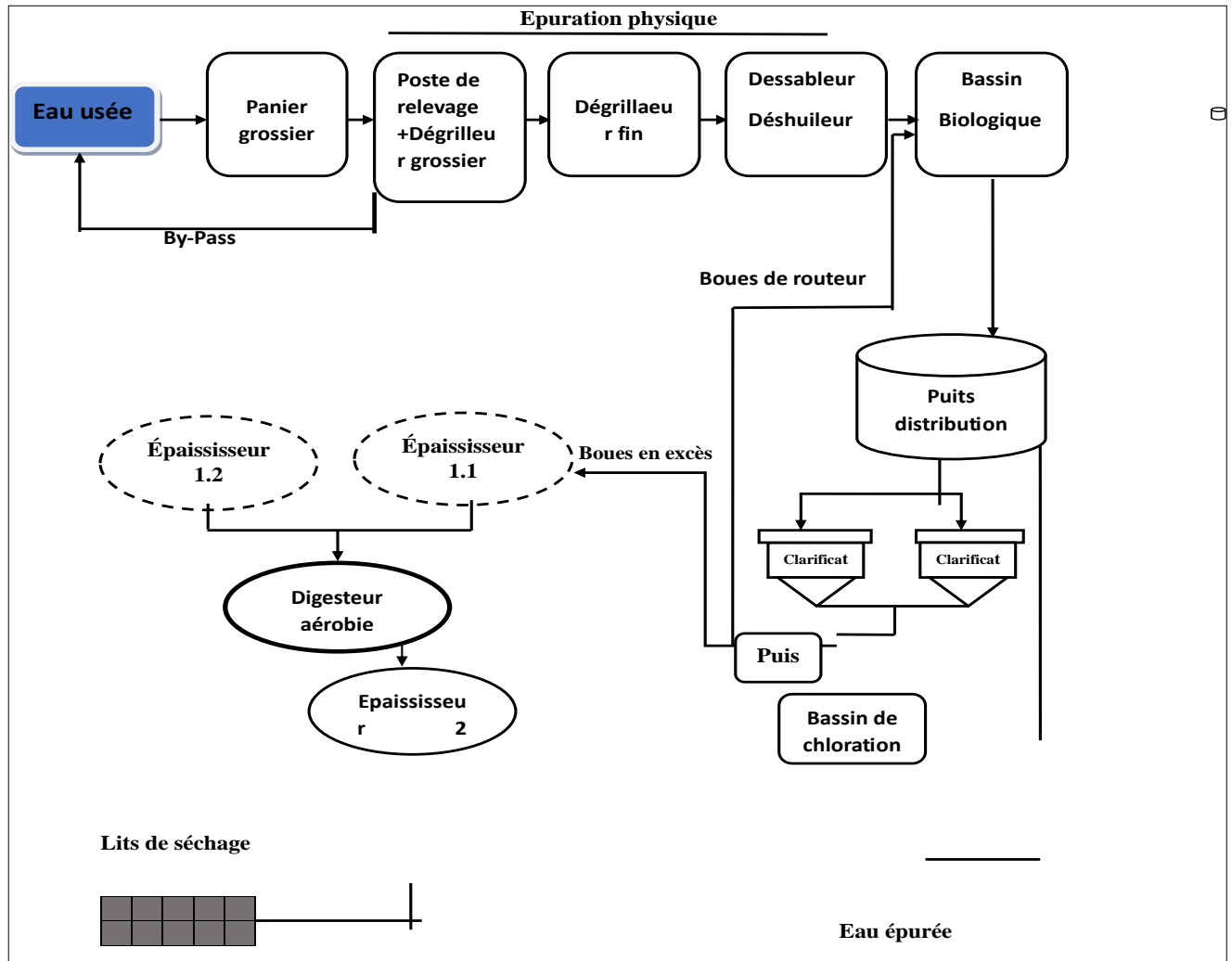


Figure N° 03 : Schéma représentant le fonctionnement de la STEP de l'Ain Beida. (Source : STEP AIN EL BIEDA)

**.2. Matériel et méthodes d'analyses**

Les données d'analyses physico-chimiques des eaux brutes et épurées de la station d'épuration de la ville d'Ain Beida sont collectées depuis le laboratoire d'analyse de la STEP tandis que les analyses du sol ont été effectuées au niveau des laboratoires pédagogiques de l'université de Khenchela et le laboratoire de recherche (RNAMS) de l'université d'Oum el Bouaghi durant les mois d'Avril et Mai 2024.

Les échantillons du sol ont été collectés depuis le site de la station l'une depuis un sol non irrigué à l'eau usée et l'autre depuis la partie irriguée.

**.2.1. Les analyses physico-chimiques du sol****.2.1.1. La granulométrie**

La granulométrie consiste à diviser des parties des particules de la Terre en catégories classées selon leur taille et en déterminant en poids les proportions relatives de ces catégories inférieures à 2 mm de diamètre. Les fractions de sable grossier et fin sont séparées par tamisage, tandis que les fractions de limon fin et d'argile sont séparées par mesure de densité.

$$\text{Proportion du sol} = \frac{\text{Épaisseur de couche en Cm} \times 100}{\text{Épaisseur échantillons en Cm}}$$

Le mode opératoire de ce dernier :

**Réalisation**

- Nous pesons au départ un échantillon de sol.
- Cet échantillon est tamisé à l'aide d'un tamis de 2 mm. Pour déterminer le rapport des éléments grossiers, le rejet est pesé.
- Du tamaisa (Terre fine) Prélever 150 g d'échantillon et le mettre dans un tube à essai.
- Les éprouvettes sont remplies jusqu'à la plongée complète
- L'échantillon est agité vigoureusement pendant 3 minutes.
- Nous le laissons reposer pendant 30 minutes
- Nous remuons pour la deuxième fois pendant 3 minutes
- Laissez pendant 24 heures afin que les particules d'argile les plus fines puissent reposer.

**Déterminer les proportions sable - Limon -Argile**

- Avec une règle plate, la hauteur totale du plancher de l'éprouvette est mesurée
- La hauteur du sable est mesurée, puis le limon est mesuré, puis l'argile. La seule difficulté de ce test est d'identifier autant que possible les changements dans les strates (sable / limon/ argile).
- On calcule le pourcentage de chaque strate



**Figure N° 04 : La granulométrie (Tamisage et sedimentométrie)**

**.2.1.2. Le pourcentage d'humidité**

Le pourcentage d'humidité est le poids exprimé en grammes. Cette méthode consiste à sécher (passer dans un four à 105 °C) un échantillon de sol et connaître ensuite par pesée finale (ramenée à la pesée initiale) le poids d'eau contenu par l'échantillon.

Pour mesurer l'humidité on applique la formule suivante :

$$H \% = \frac{\text{Poids de l'échantillon humide} - \text{Poids sec}}{\text{Poids sec}} \times 100$$



**Figure N°05 : Mesure de l'humidité du sol**

### **.2.1.3. Mesure de la conductivité (CE)**

La conductivité électrique est la capacité d'une solution aqueuse à conduire un courant électrique.

La conductivité électrique d'une suspension de 10 g de terre + 50 ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml, on agite sur un agitateur à l'aide d'un barreau aimanté pendant 20 minutes, puis on laisse reposer pendant plusieurs minutes. A l'aide d'un conductimètre on enregistre les valeurs de conductivité électrique en rinçant à chaque fois la sonde avec de l'eau distillée.



**Figure N° 06 : Mesure de la Conductivité du sol**

**.2.1.4. Dosage du calcaire total (Ca CO<sub>3</sub>)**

Le principe de détermination du calcaire total est basé sur la mesure du CO<sub>2</sub> libéré par le calcaire (CaCO<sub>3</sub>) se trouvé dans 0,3 g de terre fine neutralisée par l'acide chlorhydrique (HCl) (N=1/3) Le réacteur est appelé calcimètre de Bernard ou procédé gazométrique, qui composé, d'une burette pour mesurer le volume du CO<sub>2</sub> dégagé, d'un tube à essai pour HCl et d'un Erlenmeyer contenant

Le sol dosage du calcaire totale (CaCO<sub>3</sub>)

Le principe de détermination du calcaire total est basé sur la mesure du CO libéré par le calcaire (CaCO<sub>3</sub>) se trouvé dans 0,3 g de terre fine neutralisée par l'acide chlorhydrique (HCl) (N=3/2). Le réacteur est appelé calcimètre de Bernard ou procédé gazométrique, qui consiste en un buretto pour mesurer la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé, un tube à essai pour HCl et un Erlenmeyer contenant de la terre.



**Figure N°07 : Calcimètre de (brand)**



**.2.1.5. Mesurer l'acidité du sol PH :**

Le pH représente la concentration d'ions  $H^+$  libérés dans la solution du sol, qui est l'activité ou l'acidité réelle du sol (Aubert, 1976)

(Le pH est lu directement à partir du pH-mètre de la suspension formée dans un bécher de 10 g de terre + 25 ml d'eau distillée 50 ml, puis laissé agiter quelques minutes avec un agitateur (à l'aide d'un barreau magnétique) pendant 20 minutes, puis lu avec un pH-mètre



Figure N°08 : Mesure du pH de sol

**.2.1.6. Détermination de la matière organique :**

La "perte au feu" permet de mesurer directement la matière organique dans le sol. L'échantillon est placé dans un four à moufle à 375° C pendant (16)

La perte au feu est donc la perte de poids de l'échantillon après calcination, par rapport au poids initial. Cette mesure permet d'estimer classiquement la teneur en carbone organique.

Dans le cas de produits riches en carbonates, d'autres méthodes telles que l'oxydoréduction peuvent également être utilisées pour mesurer le carbone organique.

**La masse de MO** = M total – masse de cendre

**%de MO** = ( masse de MO / masse totale) × 100



**Figure N° 09 : Détermination de la Matière organique**

### **.2.1.7. Dosage des cations et anions**

#### **a. Dosage du calcium et magnésium**

L'analyse du calcium et du magnésium dans les sols par titrimétrie est une méthode courante et relativement simple qui permet de déterminer la concentration de ces ions. La méthode la plus utilisée pour ce type d'analyse est la titration complexométrique avec l'EDTA (éthylènediaminetétraacétique).

#### **b. Dosage des chlorures**

La méthode de Mohr est une titration directe utilisant une solution standard de nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ) pour précipiter les ions chlorure sous forme de chlorure d'argent ( $\text{AgCl}$ ). Un indicateur chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) est utilisé pour détecter le point final de la titration. Lorsque tous les ions chlorure ont réagi, l'excès de nitrate d'argent réagit avec l'indicateur pour former un précipité rouge-brun de chromate d'argent ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ).

**c. Dosage des sulfates**

Le dosage des sulfates dans le sol par spectrophotométrie est une méthode courante et précise. Elle implique la formation d'un complexe coloré avec les ions sulfate, dont l'intensité de la couleur est

Proportionnelle à la concentration des sulfates dans l'échantillon. La réaction est assurée en présence de chlorure de baryum ( $\text{BaCl}_2$ ). Le précipité ainsi formé est maintenu en suspension en ajoutant un volume de solution de Tween20.

**d. Dosage du phosphore**

Réalisé à l'aide de la méthode de l'ascorbate, qui implique la formation d'un complexe coloré mesurable.

- Préparez le réactif colorimétrique en mélangeant du molybdate d'ammonium (ammonium molybdate), du tartrate de potassium et de sodium (sodium potassium tartrate), de l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) et de l'acide ascorbique.
- Prenez un volume précis de la solution d'échantillon filtrée (généralement 10 mL) et placez-le dans une fiole jaugée de 50 mL.
- Ajoutez 8 mL de réactif colorimétrique à la fiole jaugée.
- Complétez le volume à 50 mL avec de l'eau distillée.
- Laissez reposer la solution pendant 30 minutes pour permettre la formation du complexe phosphomolybdate-ascorbate de couleur bleue.
- Mesurez l'absorbance des solutions standards et des échantillons à la longueur d'onde appropriée (généralement 880 nm) en utilisant un spectrophotomètre



Figure N° 10 : Dosage du phosphore

# **Partie2**

## **Résultats et discussion**

## Troisième partie : Résultats et discussion

## 1. Résultats des analyses de l'eau

## 1.1. Comparaison des Paramètres Physico-Chimiques

Le tableau 01 représente les moyennes de résultats des analyses physico-chimiques des eaux brutes et épurées de la station d'Ain Beida de l'année 2023 (221 jours). Cette partie sera consacrée à la comparaison de différents paramètres afin d'étudier l'influence de ces caractéristiques sur le sol.

Tableau 01 : Résultats de l'analyse des eaux usées (STEP Ain Beida, 2023)

	Eaux usées brutes	Eaux usées épurées
Ph	8,12	8,13
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	2170,00	1870
T °C	16,62	13,56
MES	349,36	15,08
MVS	266,09	/
DCO	603,40	47,62
DBO5	235,17	4,31
NH4+	49,67	2,75
NO2-	0,26	0,10
Nt	78,30	38,30
Pt	9,03	4,34
NO3-	/	9,85

- Le pH

Les valeurs de pH sont similaires pour les eaux usées brutes (8,12) et épurées (8,13). Cela indique que le processus de traitement des eaux usées n'a pas significativement modifié l'acidité ou l'alcalinité de l'eau.

- **La Conductivité électrique**

La CE des eaux usées brutes et épurées est élevée (2170 et 1870  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivement), indiquant une forte concentration en ions dissous.

- **La Température**

La température des eaux usées épurées (13,56 °C) est légèrement plus basse que celle des eaux usées brutes (16,62 °C), probablement en raison des conditions environnementales ou des processus de traitement qui peuvent inclure des phases de refroidissement.

- **Les Matières en suspension et Matières volatils en suspension**

Les MES passent de 349,36 mg/L dans les eaux usées brutes à 15,08 mg/L dans les eaux usées épurées, indiquant une élimination efficace des particules solides. La valeur des MVS est donnée seulement pour les eaux usées brutes (266,09 mg/L). Les MVS représentent la fraction organique des MES, ce qui montre une haute teneur en matières organiques dans les eaux usées brutes.

- **La demande chimique et biologique en oxygène**

La DCO des eaux usées brutes est de 603,40 mg/L, réduite à 47,62 mg/L après traitement, indiquant une élimination efficace de la matière organique. La DBO est de 235,17 mg/L pour les eaux usées brutes et diminue à 4,31 mg/L après traitement, ce qui confirme une réduction significative de la charge organique biodégradable.

- **Ammonium, Nitrites, Nitrates et Azote total**

La concentration en ammonium passe de 49,67 mg/L dans les eaux usées brutes à 2,75 mg/L dans les eaux usées épurées, montrant une bonne nitrification lors du traitement.

Les nitrites diminuent de 0,26 mg/L à 0,10 mg/L, ce qui est typique dans un processus de nitrification-dénitrification.

- **Le phosphore total**

Le phosphore total diminue de 9,03 mg/L à 4,34 mg/L, ce qui indique une réduction substantielle mais pas totale du phosphore.

Les résultats montrent que le traitement des eaux usées est efficace pour la plupart des paramètres mesurés. La réduction des MES, de la DCO, de la DBO, et des concentrations d'ammonium est particulièrement notable. L'apparition de nitrates dans les eaux usées épurées indique un processus de nitrification efficace.

Bien que la réduction des niveaux de phosphore et d'azote total soit significative, il reste une certaine quantité de ces nutriments dans les eaux usées épurées, ce qui pourrait être préoccupant pour la prévention de l'eutrophisation des cours d'eau récepteurs.

La faible conductivité électrique des eaux usées épurées suggère une réduction significative des sels dissous, ce qui est favorable pour la réutilisation ou le rejet des eaux traitées. Cependant, les concentrations restantes de nutriments comme le nitrate et le phosphore devront être surveillées pour éviter des impacts environnementaux négatifs.

Les nitrates ne sont pas présents dans les eaux usées brutes, mais après traitement, ils apparaissent à 9,85 mg/L, ce qui est typique d'un processus de nitrification où l'ammonium est converti en nitrate.

La concentration en azote total passe de 78,30 mg/L à 38,30 mg/L après traitement, ce qui montre une réduction significative de l'azote total mais indique que l'élimination de l'azote n'est pas complète.



**2. Etude des caractéristiques du sol****2.1. Composition granulométrique**

La texture du sol est déterminée par les pourcentages de sable, de limon et d'argile présents dans l'échantillon. Les différentes textures influencent de manière significative les propriétés physiques et chimiques du sol, y compris la rétention d'eau, la perméabilité et la fertilité.

- **Pour le sol irrigué**

La texture est classée comme argile sableuse. Ce type de sol a une proportion significative d'argile, ce qui améliore sa capacité de rétention d'eau et de nutriments mais peut aussi conduire à un drainage plus lent.

- **Pour le sol non irrigué**

La texture est classée comme sable limoneux. Ce sol contient une proportion plus élevée de sable, ce qui améliore le drainage et l'aération, mais peut avoir une capacité de rétention d'eau et de nutriments plus faible.

**Tableau 02** : Résultats de l'analyse granulométrique

	<b>Sol irrigué</b>	<b>Sol non irrigué</b>
<b>Sable</b>	<b>52,27</b>	<b>75</b>
<b>Limon</b>	<b>9,09</b>	<b>18,7</b>
<b>Argile</b>	<b>38,63</b>	<b>6,25</b>
<b>Texture</b>	<b>argile sableuse</b>	<b>sable limoneux</b>

L'irrigation semble avoir un impact marqué sur la composition du sol. Les sols irrigués montrent une teneur en argile beaucoup plus élevée (38,63%) comparée aux sols non irrigués (6,25%). L'irrigation

Peut provoquer la migration des particules fines comme l'argile et le limon vers la zone racinaire, améliorant ainsi la rétention d'eau et la fertilité.

- **Augmentation de l'argile**

L'irrigation régulière peut entraîner l'accumulation de particules d'argile en raison du transport par l'eau d'irrigation, augmentant la fraction d'argile dans le sol.

- **Réduction de la fraction de sable**

Le sol irrigué présente une fraction de sable plus faible (52,27%) par rapport au sol non irrigué (75%), ce qui pourrait indiquer une lixiviation des particules de sable plus grossières en profondeur.

Les différences de texture entre les sols irrigués et non irrigués ont des implications agronomiques importantes :

Pour le sol irrigué : parmi les avantages, une meilleure rétention d'eau et de nutriments peut être observée, ce qui est favorable pour les cultures nécessitant des apports constants en eau et nutriments. Or, l'inconvénient majeur sera le risque de compactage et de mauvais drainage, ce qui peut entraver la croissance des racines et l'aération du sol.

Pour le sol non irrigué : un bon drainage et aération, réduisent les risques de pourriture des racines et d'accumulation excessive d'eau. En même temps, une faible capacité de rétention d'eau et de nutriments nécessite des arrosages plus fréquents et une gestion attentive des apports en engrais.

En général, L'analyse granulométrique des sols irrigués et non irrigués révèle des différences significatives dans la composition et la texture du sol, influençant directement leurs propriétés physiques et agronomiques. Comprendre ces différences permet d'adapter les pratiques agricoles pour optimiser la gestion des ressources en eau et des apports en nutriments, améliorant ainsi la productivité et la durabilité des cultures.

## 2.2. Caractéristiques physico-chimiques

### 2.2.1. PH, Conductivité et ions dissous

L'irrigation a un impact significatif sur les propriétés chimiques du sol. On observe une augmentation des sels solubles (CE, Cl, SO<sub>4</sub>) et une diminution de certains cations comme le calcium et le magnésium (Fig.). Le pH reste presque stable, tandis que le pourcentage de calcaire baisse légèrement. Ces changements peuvent avoir des implications sur la fertilité du sol et nécessitent une gestion attentive pour éviter des problèmes comme la salinisation ou le déséquilibre nutritionnel des plantes.

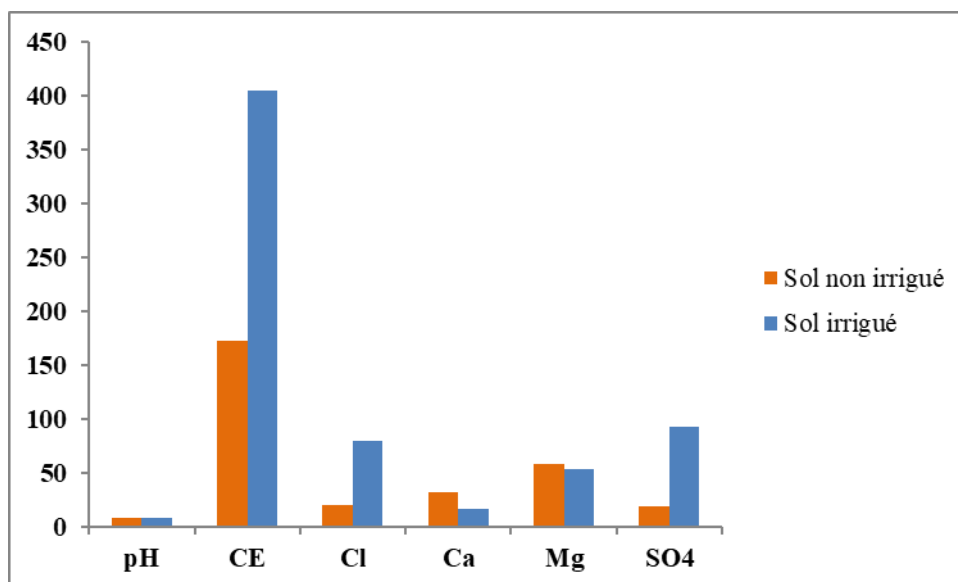


Figure 11 : Variations du pH, Conductivité et ions dissous

### 2.2.2. La matière organique

La figure .... Montre que la moyenne de la matière organique dans le sol irrigué (34,8 %) est significativement plus élevée que celle du sol non irrigué (23,7 %). Cela indique que l'irrigation avec les eaux usées épurées entraîne une accumulation de MO dans le sol, suite à leurs richesses en éléments fertilisants et en oligoéléments, et elles stimulent l'activité microbiologique du sol

(MAGESAN et al, 2000 ; RAMIREZ-FUENTES et al, 2002 in BELAID, 2010), favorisant ainsi la minéralisation du carbone organique du sol.

L'irrigation a un impact positif significatif sur la teneur en matière organique du sol. Ces résultats suggèrent que l'irrigation peut améliorer la qualité et la fertilité du sol en augmentant la matière organique, ce qui est bénéfique pour la croissance des plantes et la santé globale du sol.

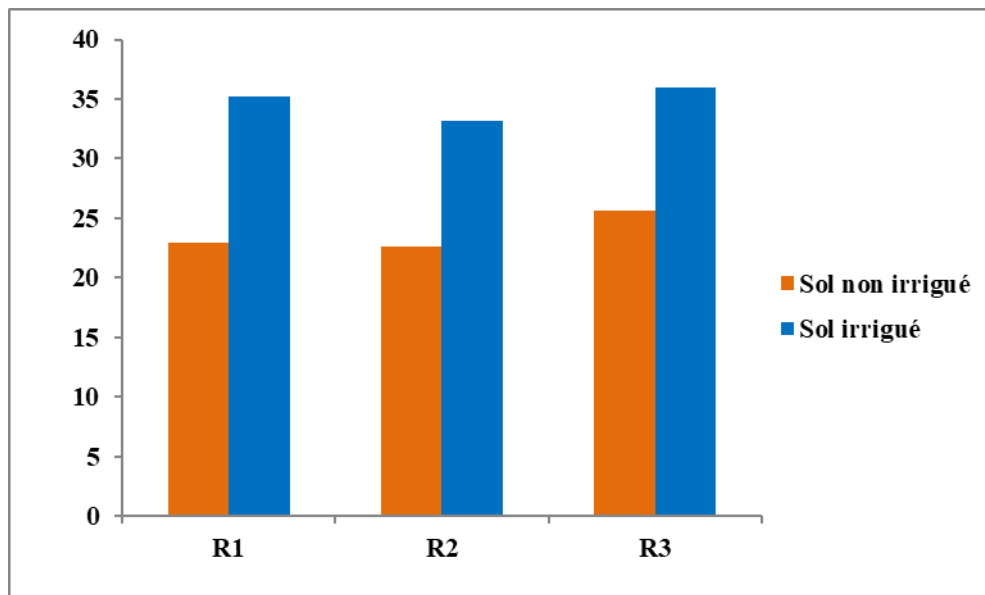


Figure12 : Variations de la matière organique du sol (R1, R2 et R3 représentent des répétitions)

### 2.2.3. L'humidité du sol

L'augmentation significative de l'humidité dans le sol irrigué est attendue puisque l'irrigation fournit de l'eau supplémentaire directement au sol. (Fig...)

La faible variabilité dans les mesures d'humidité du sol irrigué (faible écart-type) suggère que l'irrigation assure une distribution uniforme de l'eau, contrairement au sol non irrigué où l'humidité peut varier davantage en fonction des conditions environnementales.

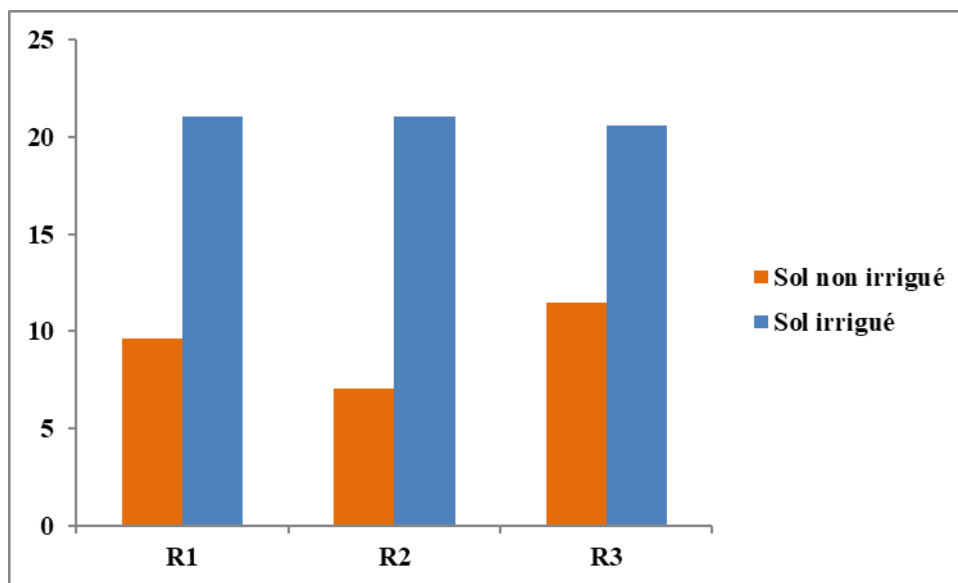


Figure13 : Variations de L'humidité du sol (R1, R2 et R3 représentent des répétitions)

#### 2.2.4. Le calcaire total

La teneur en calcaire dans le sol non irrigué est légèrement plus élevée (44 %) que dans le sol irrigué (41 %). Cette différence de 3 % peut sembler modeste, mais elle est notable et peut avoir des implications importantes sur les propriétés du sol et sa gestion.

L'irrigation peut influencer la teneur en calcaire de plusieurs façons. L'eau d'irrigation peut dissoudre le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), le composant principal du calcaire, et le transporter vers des couches plus profondes du sol ou même le lessiver complètement hors du système racinaire. Ce phénomène est souvent appelé lixiviation.

Des études montrent que l'irrigation peut effectivement réduire la teneur en calcaire à la surface du sol en favorisant le déplacement de  $\text{CaCO}_3$  dissous. Par exemple, une étude de Mardamootoo et collaborateur (2002) a observé une réduction de la teneur en calcaire dans des sols irrigués, attribuant cette diminution à la lixiviation causée par l'irrigation.

Le calcaire agit comme un agent tampon, stabilisant le pH du sol. Une réduction de la teneur en calcaire pourrait entraîner une variation plus grande du pH du sol irrigué par rapport au sol non

Irrigué. Cependant, dans le tableau présentant les valeurs de pH, le pH du sol irrigué est légèrement inférieur (8.7) par rapport au sol non irrigué (8.75), confirmant une légère diminution du pouvoir tampon.

Le calcaire influence la disponibilité des nutriments en affectant la solubilité des minéraux du sol. Par exemple, le calcium issu du calcaire est essentiel pour les plantes et pour la formation de la structure du sol. La diminution du calcaire pourrait entraîner une réduction de la disponibilité du calcium, comme observé dans les données (ça dans le sol irrigué : 16,03 mg/kg vs. 32 mg/kg dans le sol non irrigué).

Mardamootoo, T., & collaborateur (2002). "Effects of Irrigation on Soil Properties in a Sugarcane Plantation." *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 48(5), 691-700.



# Conclusion Générale

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

La réutilisation des eaux usées épurées est considérée comme un module important de Stratégies de lutte contre la pollution de l'eau, qu'elle soit souterraine ou de surface. elle est Cela fait partie de la stratégie nationale globale visant à augmenter la quantité d'eau nécessaire

À divers grands secteurs d'utilisateurs tels que l'agriculture, l'industrie et d'autres.

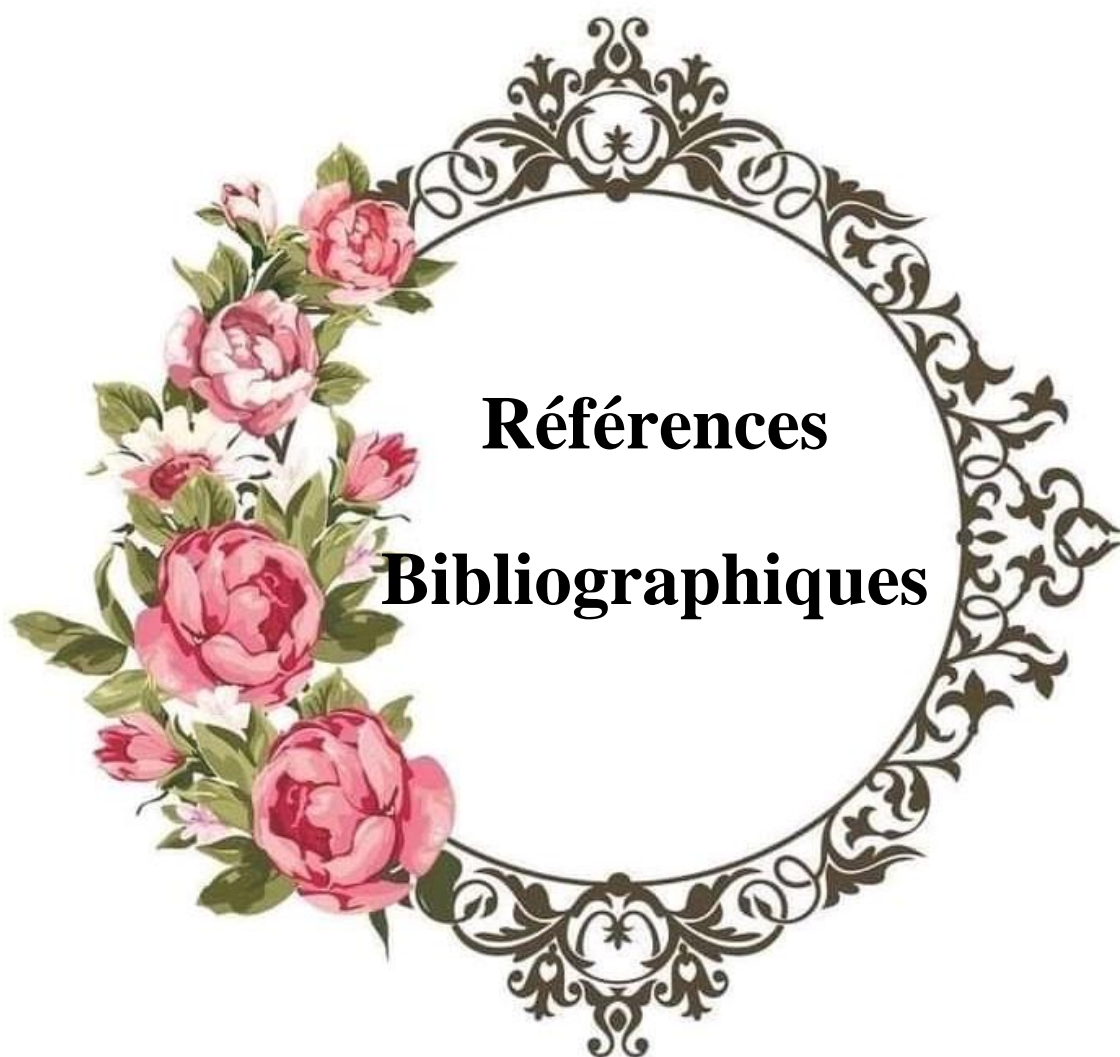
L'impact de la réutilisation des eaux usées en irrigation sur les propriétés physico-chimiques du sol. Pour comparer les différences causées par cette pratique, nous avons analysé des échantillons de sol provenant de deux sites irrigués avec des eaux usées traitées et de deux sites non irrigués.

Les résultats obtenus pour les analyses du sol nous permettent de mettre en valeur les points suivant :

Les études menées sur l'effet de la réutilisation des eaux usées en irrigation sur certaines propriétés physico-chimiques du sol ont révélé des résultats significatifs et divers. L'analyse montre une réduction significative des matières en suspension, de la demande chimique en oxygène et de la concentration en ammonium après traitement. Cependant, des résidus de nitrate et de phosphore restent dans l'eau de traitement, de sorte qu'une surveillance continue est nécessaire pour éviter les impacts environnementaux indésirables.

L'irrigation avec des eaux usées traitées enrichit le sol en matière organique et améliore la fertilité. Néanmoins, les changements observés dans la teneur en calcaire entre les sols irrigués et non irrigués soulèvent des questions sur la disponibilité des nutriments et la stabilité du pH. En bref, l'irrigation avec des eaux usées traitées présente des avantages potentiels pour la fertilité des sols, mais nécessite un contrôle strict pour éviter des problèmes tels que la salinisation et les déséquilibres nutritionnels.





## **A :**

Aulicino E. A., Mastrantonio A., Orsini E., Bellucci C., Muscillo M., Larosa G., 1996. Enteric viruses in a wastewater treatment plant in Rome. *Water, Air, and Soil Pollution*

Arshad M.A., and Martin S. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88 (2002) 153-160

Abdelmadjid, N. O. U. R. (2007). traitement biologique des eaux usées par les bactéries anaérobies butyriques (*Clostridium butyricum*) qui produisent de l'hydrogène.

AOUISSIA et al, (2014) : Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed- wilaya de Guelma, Nord-Est Algérien. Article scientifique.

## **B :**

Boulifa, I., & Belattar, M. Procédés de traitement et techniques d'analyses des eaux usées dans les stations d'épuration (Touggourt-Ouargla) (Doctoral dissertation).

Bispo A., Grand C. and Galsomies L., 2009. The ademe "Soil quality bioindicators" program: Towards the development and validation of biological indicators for soil protection. *Soil Study and Management*, Volume 16, 3/4, 2009:145-158.

Baumont S., Camard J.P, Lefranc A., Franconi A., 1998. Réutilisation des Eaux Usées Epurées : Risques Sanitaires et Faisabilité en Île-de-France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, école nationale supérieure Agronomique de Toulouse. P. 82.

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

Bruand A., Duval O., Gaillard H., Darthout R., Jamagne M., 1996. Variability of water retention properties of soils: importance of apparent density. *Soil Study and Management*, 40 pages

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.

## **C:**

Chaussod R., 1996. The biological quality of soils: evaluation and implication. *Soil Study and Management* 3:261-278

Condom N., Lefebvre M., Vandome L., 2012. La réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets. Plan Bleu, Valbonne. (Les Cahiers du Plan Bleu 11). Ed. Centre d'activités régionales du PNUE/PAM avec la Banque européenne d'investissement et l'Agence Française de développement. 67p.

## **D:**

Doran J. W. and T. B. Parkin, 1994. Defining and assessing soil quality. Madison, WI: SSSA Spec. Publ. No. 35, Soil Sci. Soc. Am., Inc. and Am. Soc. Agron., Inc.

Doran J.W. and Safley M., 1997. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In *Defining and assessing soil health and sustainable productivity*, eds. C. Pankhurst, B.M. Doube and V.V.S.R. Gupta, *Biological Indicators of Soil Health*, CAB International., Wallingford, Oxon, UK., 1-28.

Dugniolle H, « L'assainissement des eaux résiduaires domestiques », CSTC-revue n° 3-septembre, pp, 44-52, 1980

Desjardins R, (1997). *Le traitement des eaux*. 2ème édition. Ed. Ecole polytechnique Lausanne

DEGREMONT, (2005) : *Mémento technique de l'eau*. Tom I et II .Edition cinquantième .9ème édition Français, paris.

## **E:**

**El Alaoui R., Taoussi I., 2013.** L'impact du Chrome VI sur le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech.

## **F:**

Faby J.A., Brissaud F., 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau. 76 pages

## **G:**

Gros R., 2002 . *Fonctionnement et qualité des sols à des perturbations physiques et chimiques d'origine anthropique* . thèse. doctort . Université de savoie , 227 Pages

Gennaccaro A.L., Mc Laughlin M.R., Quintero-Betancourt W., Huffman D.E., Rose J.B., 2003. Infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts in final reclaimed effluent. *Appl. Environ. Microbiol.*

Gaillardet, J., J. Viers, and B. Dupré. "Trace elements in river waters." *Treatise on geochemistry* 5 (2003): 605.

Chaussod R., 1996. The biological quality of soils: evaluation and implication. *Soil Study and Management* 3:261-278

## **H:**

Harzallah.B., 2011. Etude de la biodégradation du 2,5-diméthylphénol par le micro-biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'IBN Ziad. Mém. Magister. Microbiologie Appliquée. Univ. Mentouri Constantine. 102p

Houasni Fethia, B. S. (2018). Evaluation de la performance épuratoire de la station de traitement des eaux usées de Ain Defla.

Hamouda M.F. (2004), Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries. *Desalination* 165, 31-41.

## **L:**

Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., and Rossi, J. P. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services, *Euro. J. Soil Biol.*, 42, Supplement 1,S3-S15, doi: 10.1016/j.ejsobi.2006.10.002

Lemlikhli Wahiba, « Élimination de la pollution des eaux industrielles par différentes procédés d'oxydation et de co-précipitation», thèse de doctorat, université Mouloud Mammeritizi-Ouzou, 2012.

Lu, Feng, and Didier Astruc. "Nanomaterials for removal of toxic elements from water." *Coordination Chemistry Reviews* 356 (2018): 147-164.

## **M:**

Montaigne W., DeBon H., Domenach A.-M., Roggy J.-C., 2018. Gestion durable de la fertilité des sols par l'utilisation de matières organiques : retours d'expérience en Guyane française. *Innovations Agronomiques* 64 (2018), 71-82

Mekhalif Faiza, « Reutilization des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement», mémoire de magistère, université du 20 Aout 1955-skikda, 2009

Miquel G., 2003. La qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Tome I, 198 p.

MRE ., 2012. Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2012

## **N:**

Ng,Wun Jem.industrial Wastewater Treatment.World Scientific2006.

## **O:**

ONA., 2019. Office Nationale de l'Assainissement, tableau de bord exploitation du mois de Janvier 2019, pp 2-3.

## **R:**

Ruiz Camacho N., Vélasquez E., Pando A., Decaúns T., Dubs F., Lavelle P., 2009. Une représentation de la qualité totale du sol. Recherche et gestion sur le terrain des sols, Association de recherche sur le terrain des sols, 2009, Bioemco-0056010816 (3/4), 323-338.

Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P. Chambon P., Champsaur, H. et Rodi, L. (2005) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed Dunod, Paris

## **S:**

Schoenholtz S. H., Van Miegroet H., Avocat Burger 2000. Examen des propriétés chimiques et physiques en tant qu'indicateurs de la qualité des sols forestiers: défis et opportunités *Écologie et gestion des forêts* 138, 335-356.

Schoenholtz S.H ., van Miegroet H.,Burger J.A. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality : challenges and opportunities *Forest Ecology and management* 138,335.356

Saïd. M., 2012. Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la Step Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, Université mouloud mammeri de Tizi-Ouzou, 172

## **V:**

Vitousek, P. M. Human domination of earth's ecosystems, *Science*, 277, 494-499, 1997.

## **W:**

wright S.F., Green V.S. and Cavigelli M.A ., 2006 . Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems , *soil Till. Res .*, 94 , 546-549 , doi : 10 . 1016/j . still. 2006 . Glomalin in

## **Z:**

Zella, L. (1991). La réutilisation des eaux usées épurées en micro-irrigation (Doctoral dissertation, Thèse).

