

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

Université Echahid HAMMA LAKHDAR d'El-Oued

Faculté de Technologie

Département D'hydraulique Et De Génie Civil



MEMOIRE DE FIN ETUDE

En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Hydraulique

OPTION : Conception et Diagnostic des Systèmes d'A.E.P et d'Assainissement

La Réutilisation Des Eaux Usées En Agriculture à Partir De La Station D'épuration (STEP 03) De La Wilaya d'El-Oued

Réalisée par:

- NANI Houari Boumediene.
- TOUIL Abdelmadjid.
- NANI Moussa.

Encadrée par

- Mme / BOUCHEMAL Fattoum.
- Mr / OUAOUAK AbdelKader.

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciement

A l'issue de cette étude, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de notre travail.

Note promotrice **Mm/ Bouchemal Fattom** et **Mr/ Ouakouak AbdelKader** professeur en hydrauliques pour sa contribution à l'encadrement de ce mémoire.

Nous sommes également reconnaissant aux membres de Jury qui ont bien voulu examiner et discuter notre travail , nous les en Remercier vivement nos sincères remerciements.

Nous remercions **Mr / Salim Khachanna** pour leur aide.

Nous remercions l'ensemble des enseignants qui nous 'ont suivi durant notre cycle d'étude (**Mr / Ali Ghomri , Mr / Zaiz Issam , Mr / Zine Brahim Mr / Righet Farhat , Mr / Baboukha Yacine**).

Enfin, nous voudrions souligner les contributions efficaces de tous nos Proches et Amis qui nous ont aidé et soutenu moralement , tout au long de la préparation de ce mémoire. Nous les remercions encore une fois.

- NANI Houari Boumedien.
- TOUIL Abdelmadjid.
- NANI Moussa.

SOMMAIRE

Introduction générale..... 1 et 2

Chapitre I : Généralités Sur Les Eaux Usées

I.1 Introduction..... 3

I.2 Définition des eaux usée..... 3

I.3. Origines des eaux usées..... 3

I.3.1. Les eaux usées domestiques..... 3

I.3.2. Les eaux usées pluviales..... 4

I.3.3. Les eaux usées agricoles..... 4

I.3.4. Les eaux usées industrielles..... 4

I.3.5. Les eaux de drainage..... 4

I.4. Pollution des eaux..... 5

I.4.1. Définition de la pollution..... 5

I.4.2. Principaux types de pollutions..... 5

I.4.2.1. Pollution minérale..... 5

I.4.2.2. Pollution microbiologique..... 5

I.4.2.3. Pollution organique..... 5

I.4.3. Les principaux paramètres de la pollution..... 5

I.4.3.1. Paramètres organoleptiques..... 5

1. Odeur 6

2. Couleur 6

I.4.3.2. Paramètres physiques..... 6

1. Température 6

2. Matières en suspension (MES) 6

3. La turbidité 6

4. Le potentiel hydrogène (pH)..... 6

5. La conductivité électrique 7

I.4.3.3. les paramètres chimiques 7

1. La demande biologique en oxygène (DBO5) 7

2. La demande chimique en oxygène (DCO)..... 7

3. L'oxygène dissous 7

4. Autres éléments	8
a. Azote	8
b. Phosphore	8
5. Métaux lourds.....	8
I.4.3.4. Paramètres bactériologique (Indices de contamination fécale).....	8
I.4.3.4.1. Les germes totaux.....	9
I.4.3.4.2. Coliformes totaux.....	9
I.4.3.4.3. Coliformes fécaux.....	9
I.4.3.4.4. Streptocoques fécaux.....	9
I.5. Epuration des eaux usées.....	9
I.5.1. Définition de l'épuration.....	9
I.5.2. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux Usées.	9
I.5.3. Rôle des stations d'épuration.....	10
I.5.4. Procédés d'épurations des eaux usées.....	10
I.5.4.1. Prétraitement.....	10
I.5.4.1.1. Dégrillage	10
I.5.4.1.2. Dessablage	10
I.5.4.1.3. Déshuilage dégraissage.....	11
I.5.4.2. Traitement primaire (traitement physico-chimique).....	11
I.5.4.2.1. Décantation	11
I.5.4.2.2. Coagulation-floculation.....	11
I.5.4.2.3. Filtration.....	11
I.5.4.3. Traitement secondaire (épuration biologique).....	11
I.5.4.3.1. Procédés biologiques intensifs	11
I.5.4.3.2. Procédés biologiques extensifs	12
I.5.4.4. Traitements tertiaire.....	12
I.6. Conclusion.....	13

Chapitre II : La Réutilisation Des Eaux Epurées

II.1. Introduction :.....	14
II.2. Situation mondiale :.....	14
II.3. Domaine de la réutilisation des eaux épurées :.....	15
II.3.1. La réutilisation des eaux usées épurées en agriculture :.....	16
II.3.2. La réutilisation des eaux usées épurées en industrie :.....	17

II.3.3. La réutilisation des eaux usées épurées en zone urbaine.....	17
II.3.4. La production d'eau potable.....	17
II.3.5. La recharge de nappe.....	18
II.4. Filières de réutilisation des eaux épurées.....	19
II.5. Valorisation directe des eaux usées épurées.....	19
II.6. Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.....	19
II.7. la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie :	20
II.7.1. Situation de l'assainissement en Algérie :	20
II.7.2. Potentiel actuelle de la réutilisation des eaux épurées en Algérie :	20
II.8. les avantages et contraintes de la réutilisation des eaux épurées.....	22 et 23
II.9. Notion de risque :	24
II.9.1. Définition du risque :	24
II.9.2. Risque microbiologique :	24
II.9.3. Risque chimique :	25
II.9.4. Risque environnemental :	26
II.10. Paramètres d'intérêt en réutilisation des eaux épurées.....	26
II.10.1. paramètres microbiologiques :	26
1. Virus :	26
2. Bactéries :	28
3. Protozoaires :	29
4. Helminthes :	30
5. Facteurs de la pathogénicité chez les microorganismes :	31
6. Physiologie du microorganisme.....	32
7. Physiologie de l'hôte infecté : notion de Dose Minimale Infectieuse (DMI) :	32
II.10.2. Eléments traces :	32
1. micropolluants inorganique (minérale) :	33
2. micropolluants organique :	33
II.10.3. Salinité :	34
II.10.3.1. Salinisation :	34
II.10.3.2. Sodisation	35
II.10.3.3. Effet de Salinité.....	35
II.10.4. Autres paramètres :	35
II.10.4.1. Substances nutritives :	35

II.10.4.2. Matières en suspension et matière organique :.....	36
II.11. Les différentes réglementations dans le monde.....	36
II.11.1. Les références : les recommandations de l’OMS et de l’USEPA.....	36
II.11.1.1 Le point de vue de l’OMS.....	36
II.11.1.2. Le point de vue de l’USEPA.....	37
II.11.2. La législation Algérienne.....	37
II.11.2.1. Le contexte réglementaire.....	37
II.11.2.2. Norme de la qualité de l’eau.....	39
II.12. Conclusion.....	43

Chapitre III : Présentation Du Site D’étude

III.1 Introduction:.....	44
III.2 Présentation de la région d’étude:.....	44
III.2.1 Situation géographique la wilaya d’El-oued :.....	44
III.2.2 Situation Géographique de la ville de SIDI AOUNE	45
III.2.3 Facteurs climatiques:.....	46
III.2.3.1 Températures:.....	46
III.2.3.2 Humidité:.....	47
III.2.3.3 Pluie:.....	48
III.2.3.4 les Précipitations:.....	49
III.2.3.5 Vent:.....	50
III.2.4 Situation géographique de la station d'épuration:.....	51
III.3 Site de l'étude:.....	52
III.3.1 Présentation de la station d'épuration STEP 03:.....	53
III.3.2 Description de la STEP 03:.....	53
III.4 Procédés d’épurations des eaux usées dans la station:.....	54
III.4.1. Prétraitement:.....	54
III.4.1.1.Dégrillage automatique:.....	54
III.4.1.2. Dessablage statique:.....	55
III.4.1.3.Ouvrage de répartition:.....	56
III.4.2. Traitement secondaire des eaux usées:.....	57
III.4.2.1.Lagunes d’aération (première étape):	57
III.4.2.2.Lagunes d’aération (deuxième étape):	57
III.4.3. Traitement complémentaire (lagune de finition):.....	58

III.4.4. Décharge des boues:	59
III.5. Les échantillonnages	60
III.5.1. Echantillonnage des eaux.....	60
III.5.2. Méthodes d'analyses.....	61
III.5.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	61
III.5.2.2. Température.....	61
III.5.2.3. Conductivité.....	62
III.5.2.4. Matières en suspension (MES).....	62
III.5.2.5. Oxygène dissous (O2).....	64
III.5.2.6. Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	64
III.5.2.7. Demande Biologique en Oxygène (DBO5).....	65
III.5.2.8. Orthophosphates (PO4-3).....	67
III.5.2.9. Matières azotées.....	67
III.6 Conclusion:.....	68

Chapitre IV: Objectifs Et Méthodologie

IV.1. Introduction.....	69
IV.2. La plante étudiée.....	69
IV.3. Généralité sur Portulaca oleracea L.....	69
IV.4. Caractéristiques morphologiques de Portulaca oleracea L.....	69
IV.5. Habitat et répartition géographique.....	70
IV.6. Classification de Portulaca oleracea L.....	71
IV.7. Utilisation Portulaca oleracea L.....	72
IV.8. Culture et récolte de Portulaca oleracea.....	72
IV.9. Protocole expérimentale.....	73
IV.9.1 Matériel expérimental utilisé.....	73
IV .10 . Conclusion	80

Chapitre V: Objectifs Et Méthodologie

V.1. Introduction.....	81
V .1 .Résultats.....	81
V.1.1. Dans un dix jours :.....	81
V.1.2. Dans un vingt jours :.....	81

V.1.3. Dans un trente jours . :	82
V .2 . Développement.....	83
V-3- Les analyse microbiologique fait par laboratoire de FATILAB.....	87
V .4 . Conclusion :	89
Conclusion générale.....	90

LISTES DES TABLEAUX

Listes	N° de Page
Tableau II-1 : Les avantages de la réutilisation des eaux épurées	22
Tableau II-2 : Les contraintes de la réutilisation des eaux épurées	23
Tableau II-3 : Principaux virus présents dans les eaux usées	27
Tableau II-4 : Principales bactéries pathogènes présentes dans les eaux usées	29
Tableau II-5 : Principaux protozoaires présents dans les eaux usées	30
Tableau II-6 : Principaux helminthes présents dans les eaux usées	31
Tableau II-7 : DMI moyennes des agents pathogènes présents dans les eaux usées	32
Tableau II-8 : les plus dangereux métaux lourd	33
Tableau II-9: Classes de qualité de salure de l'eau d'irrigation	34
Tableau II-10: Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture	39
Tableau II-11 : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture	41
Tableau II-12 : Recommandations microbiologiques de l'OMS 1989	42
Tableau III.13 : Volumes de la prise d'échantillon et de l'inhibiteur de dénitrification en fonction de la DBO5.	66
Tableau IV.14. Classification de Portulaca oleracea L	71
Tableau IV.15 : les analyses physico-chimique et organique et miteux lourd pour l'eau épurée filtrée	74
Tableau IV.16 : les analyses physico-chimique et organique et miteux lourd pour l'eau épurée filtrée	78
Tableau IV.17 : les analyses physico-chimique et organique et métaux lourds pour l'eau forage	79
Tableau V.18: Mesures morphologiques des plantes irriguées par l'eau épurées	83
Tableau V.19: Mesures morphologiques des plantes irriguées par l'eau épurées et filtré	83
Tableau V.20: Mesures morphologiques des plantes irriguées l'eau de forage + matière organique	83
Tableau V.21: paramètre Escherichia coli pour plante fraiche irrigué par l'eau traité	87
Tableau V.22: paramètre Escherichia coli pour Plante fraiche irrigué par l'eau traité et filtré	87
Tableau V.23: paramètre Escherichia coli pour Plante fraiche irrigué par l'eau de forage	88

LISTES DES FIGURES

Listes	N° de Page
Figure II.01 : Schémas de réutilisation d'eaux usées municipales, selon le type d'applications	14
Figure II.02 : Les usages de REUT	15
Figure II.03 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement	16
Figure II.04 : Schématisation d'un système de recharge artificielle d'un aquifère côtier protégeant ainsi les nappes de l'intrusion marine	18
Figure II.05: Recharge artificielle d'un aquifère	19
Figure II-06 : Entérovirus vus au microscope électronique	27
Figure II-07 : Escherichia coli vues au microscope électronique	28
Figure II-08 : Cryptosporidium parvum vu au microscope électronique	29
Figure II-09 : Helminthe vu au microscope électronique	31
Figure III. 10: situation de la wilaya d'El-oued	45
Figure III. 11: situation de la ville de SIDI AOUNE	46
Figure III. 12: La température maximal et minimale de Souf	47
Figure III. 13 : L'humidité relative de Souf	48
Figure III. 14 : La fréquence de précipitation de Souf	49
Figure III. 15 : la vitesse de vent dans la Souf	51
Figure III. 16: Situation géographique de la station d'épuration	52
Figure III. 17: Schéma de la station d'épuration n ° 03 à Sidi Aoune	53
Figure III. 18 : Dégrillage	55
Figure III. 19 : Dessablage.	55
Figure III. 20: Répartiteur vers les bassins d'aération	56
Figure III. 21: Lagune aéré	57
Figure III. 22: Aérateur	58
Figure III. 23: Lagune de finition	59
Figure III. 24: Lit de séchage des boues	59
Figure III. 25: type de traitement	60
Figure III. 26: Préleveur Automatique	60
Figure III. 27 : pH mètre	61
Figure III. 28: Conductimètre	62
Figure III. 29: Appareils de mesure des matières en suspension (MES)	63
Figure III. 30 : Oxymètre	64
Figure III. 31: Réactifs et appareils de mesure de la DCO	65
Figure III. 32: Appareillage de mesure de la DBO5	67
Figure IV.33: Différents organes de la plante de Portulaca oleracea L	70
Figure IV.34 : Des photos considérer les étapes de préparation du semis	73
Figure IV.35: montre la taille de 20 mm	76
Figure IV.36 : Illustrez la taille du glissement de 10 mm	76
Figure IV.37: Elle montre du sable jaune grossier	76
Figure IV.38: montre le bassin du filtre à sable rapide	77
Figure IV.39: filtration d'eau	77
Figure V. 40 : la croissance des plantes au bout de 10 jours après le semis	81
Figure V. 41 : la croissance des plantes au bout de 20 jours après le semis	82
Figure V. 42 : la croissance des plantes au bout de 30 jours après le semis	82
Figure V. 43 : Mesure d'une plante irriguée par l'eau épurées	84
Figure V.44 : Mesure d'une plante irriguée par l'eau épurées et filtré	84
Figure V.45 : Longueur de la racine	84
Figure V.46 : Longueur de la tige	85
Figure V.47 : Longueur de la feuille	85
Figure V.48 : Résultats des plantes	86

LISTE DES BRÉVIATIONS

ONA : Office National de l'Assainissement

CE : Conductivité Electrique

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

MES : Matière en suspension

MTH : Maladies à transmission hydrique

OMS : Organisation mondiale de la santé

SC : Simple concentration

DC : Double concentration

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

STEP : Station d'épuration

T : Température

pH : potentiel d'Hydrogène

Métaux:

-Cd: Cadmium.

-Cu: Cuivre.

-Cr: Chrome.

-Pb: Plomb.

-Hg: Mercure.

-Ni: Nickel.

-Zn: Zinc.

MO: Matière organique.

Azote.

NGL: Azote total.

NTK: Azote kjeldhal.

NH₄⁺: Azote ammoniacal.

NO₂⁻: Nitrite.

NO₃⁻: Nitrate.

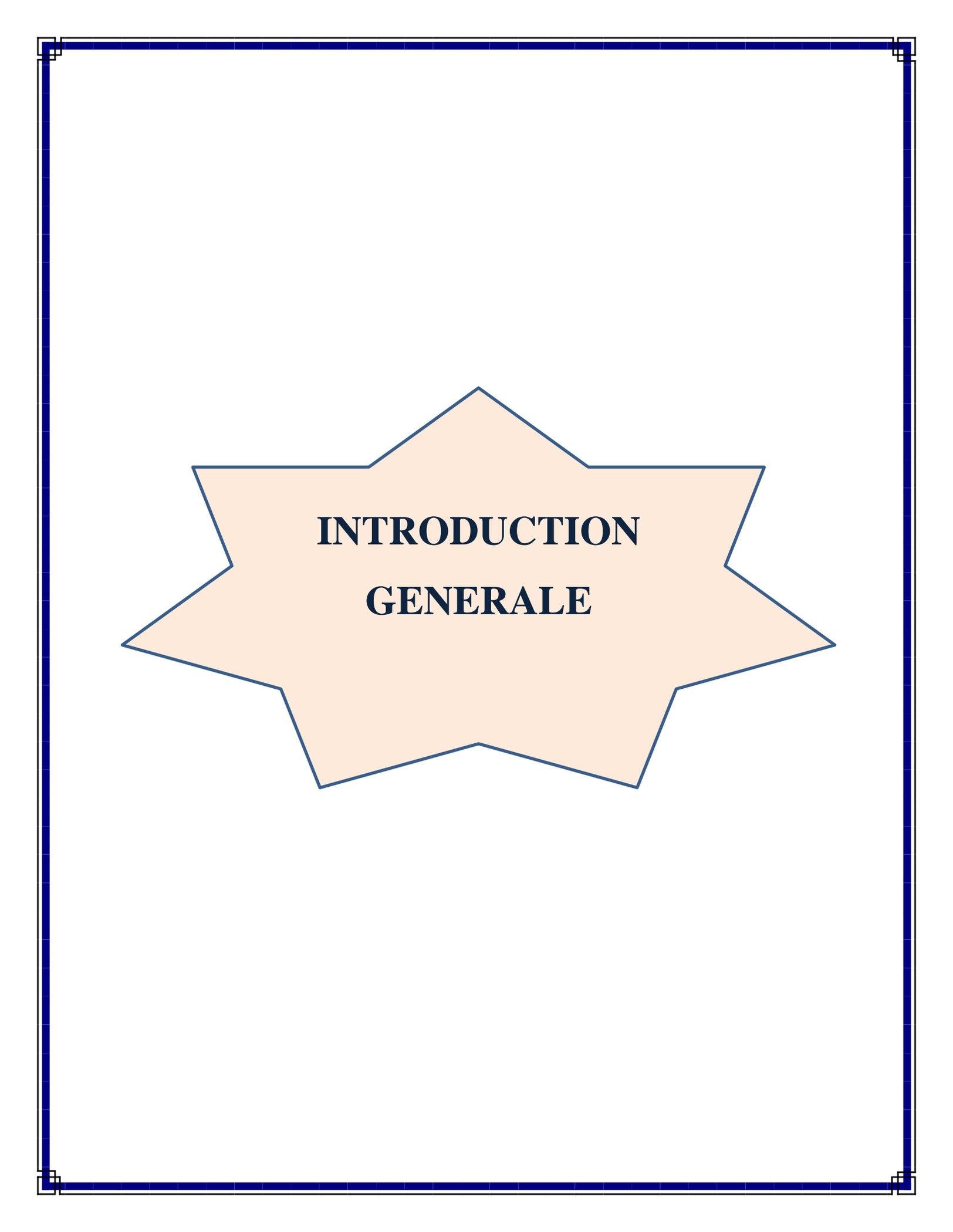
NTU: Nephelometric Turbidity Unit.

PT: Phosphore total.

REUE: Réutilisation des eaux usées épurées.

SAR: Taux d'adsorption de Sodium (Sodium dsorption Ratio).

USEPA: United States Environmental



**INTRODUCTION
GENERALE**

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les microorganismes, pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau. L'eau n'est donc pas uniquement espace vital, vecteur énergétique ou moyen de transport, mais également un élément essentiel pour tous genre de production.

Au cours de l'histoire, la disponibilité globale d'eau est restée plus ou moins constante . Il ya 2000 ans, 200 à 300 millions d'habitants sur terre utilisaient les ressources disponibles, Aujourd'hui, plus de 6,5 milliards d'êtres humains doivent se contenter de la même quantité d'eau. C'est pourquoi la matière première qu'est l'eau, pendant longtemps librement disponible dans de nombreuses parties de la terre, est aujourd'hui sérieusement menacée. De plus, les systèmes naturels de purification de notre planète sont considérablement sur chargés.

La nature et les êtres vivants subissent de plus en plus les conséquences de la pollution avec le développement industriel et la croissance démographique. La pollution de l'eau qui affecte les rivières, les mers, les nappes phréatiques et les lacs, est les résultats du rejet des eaux usées sans traitement ou un niveau de traitement insuffisant : Cela provoque une dégradation de l'écosystème. Le problème est encore plus grave dans le cas des effluents industriels présent un caractère toxique. L'effluent désigne les eaux (généralement altérées de pollution organique, chimique, thermique...) sortant de chez un usager ou un groupe d'usagers. Généralement, les effluents nécessitent un traitement, plus ou moins léger en fonction du degré d'altération des eaux, avant rejet dans le milieu naturel.

Le traitement des effluents peut prendre différentes formes : processus physiques, chimiques ou biologiques, compris le tri, qui modifient les caractéristiques des déchets de manière à en réduire le volume ou le caractère dangereux, à en faciliter la manipulation ou à en favoriser les valorisations. Le choix d'un procédé pour le traitement des rejets dépend d'un certain nombre de facteurs dont les plus signifiants : La composition de l'effluent, le type de la réutilisation, la qualité des besoins et la dimension de l'installation (**HRRLEKAS. F ; 2008**).

Les procédés d'épuration utilisés, dont l'objectif principal est d'éliminer la pollution organique sont : procédé à boues activées, le lagunage et les lits bactériens.

La phase de traitement biologique par boues activées représente une phase clé de la chaîne globale d'épuration des eaux usées qu'elle est largement utilisée (**KESBI R ; 2014**).

La réutilisation des eaux usées traitées (ou REUT) se présente comme un enjeu politique et socioéconomique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement. Elle

présente l'avantage d'assurer une ressource alternative, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau.

La prochaine crise pour l'Humanité sera celle de l'eau potable et que, par conséquent, sa préservation est une priorité. Pourtant, n'est-il pas fréquent de constater son emploi pour des usages ne le justifiant pas tels que le nettoyage des trottoirs, celui des voitures ou encore l'arrosage de parcs par exemple ? Afin de limiter cette utilisation déraisonnée de l'eau potable, il convient de chercher des approvisionnements alternatifs. La Réutilisation des Eaux Usées Epurées (REUT) pourrait alors en être un.

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. (**BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONIE ORS, 2004**).

L'objectif de la présente étude est axé essentiellement sur la valorisation des eaux usées épurées en irrigation des plantes ("**BENDRAG**")

Cette valorisation sera effectuée après une étude comparative entre plantes de "**BENDRAG**" irriguées par l'eau épurées, celles irriguées par l'eau épurées et filtré et le dernier par l'eau de forage plus matière organique.

la valorisation sera basée sur l'aspect morphologique, pour ce faire, ce présent travail est subdivisé principalement en deux parties :

✓ Une partie théorique comportant trois grands chapitres :

- Le premier chapitre donne des généralités sur les eaux usées (origine, composition, types et paramètres de pollution, normes de rejet).
- Le deuxième chapitre traite les différents procédés la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation.
- Le troisième chapitre c'est un présentation du site d'étude.

✓ La seconde partie de l'étude est axée sur l'expérimentation, elle est présentée en deux chapitres :

- Le quatrième chapitre est consacré à la description des objectifs et méthodologie.
- Le cinquième chapitre présente les résultats expérimentaux trouvés et leurs nterprétations.
- Et enfin, une conclusion générale est donnée pour résumer notre travail.

CHAPITRE I



GENERALITES SUR LES EAUX USEES

I.1 Introduction

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérés par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs (SELGHI ,2001). C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux naturels récepteurs, des traitements d'abattement ou d'élimination de ces polluants sont effectuées sur tous les effluents urbains ou industriels. Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle également par des procédés intensifs ou extensifs (PAULSRUD et HARALDSEN ;1993).

I.2 Définition des eaux usée

Les eaux usées correspondent aux eaux ayant été utilisées par les individus ou d'autres secteurs (industrie ou agriculture) (CHOCAT, 1997), elles résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines (RICHARD, 1996). Elles sont généralement chargées en matières minérale ou organique sous forme dissoutes ou en suspension (BOUZIANI, 2000).

Les eaux usées sont toutes les eaux parvenant dans le réseau d'assainissement dont les propriétés naturelles sont transformées. (BLIEFERT, 2001). La plupart des eaux usées sont offensives, d'autre sont pathogènes, elles peuvent être l'origine de grave problèmes de santé publique (BECIS, BELOUIDIANE, 2005).

Elles sont identifiées selon leurs origines comme suit:

I.3. Origines des eaux usées

On distingue 5 origines des eaux usées :

I.3.1. Les eaux usées domestiques

Ce sont les eaux utilisées par l'homme pour des besoins domestiques (CHOCAT, 1997), elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, (glucides, lipides, protides), et des produits détergents ;
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents ;
- Des eaux de salle de bains chargées en produits pour l'hygiène corporelle. Généralement de matières grasses hydrocarbonées ;

• Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composé azotés, phosphorés et en microorganismes (**CHOCAT,1997 et FRANCK, 2002**).

I.3.2. Les eaux usées pluviales

Ce sont les eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de la pluie, par deux mécanismes :

- Le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs.

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques, avec de métaux lourds et des toxiques (Plomb, Zinc, Hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile (**FRANCK, 2002**).

I.3.3. Les eaux usées agricoles

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau (**Salem, 1990**). Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais.
- Apport de pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants, d'insecticides.
- Apport de sulfate, de cuivre et de composés arsenicaux destinés à la protection de vignes en région viticole (**Richard, 1996**)

I.3.4. Les eaux usées industrielles

Elles sont représentées par les rejets des exploitations industrielles et semi-industrielles (station de lavage et graissage, station d'essences, etc.) Qui sont caractérisés par une grande diversité de la composition chimique, présentant ainsi un risque potentiel de pollution (**KHADRAOUI et TALAB., 2008**).

I.3.5. Les eaux de drainage

C'est l'eau de lessivage récupérée après irrigation grâce à système de drainage. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terre perméables. Ces composés minéraux favorisent la prolifération des algues (phénomène d'eutrophisation) qui en abaissent la teneur en oxygène des eaux courantes compromettent la vie des poissons et des animaux aquatiques.
- Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants, d'insecticides.

• En région viticole, apport du sulfate de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes (RICHARD, 1996).

I.4. Pollution des eaux

I.4.1. Définition de la pollution

La pollution est due à toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, induit d'importantes nuisances (mauvaise odeur, fermentation, inconforts divers, risques sanitaires, etc.) et qui se répercute, à court ou à long terme, sur notre organisme à travers, la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons (LADJEL, 2006).

I.4.2. Principaux types de pollutions

Généralement la pollution des eaux usées se manifeste sous les formes principales suivantes :

I.4.2.1. Pollution minérale

Elle est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques et de traitement de minerais, ex (plomb, du cuivre, du fer, du zinc et du mercure) (TCHOMOGO, 2001).

I.4.2.2. Pollution microbiologique

C'est une pollution d'origine humaine ou animale (LADJEL, 2006).

I.4.2.3. Pollution organique

La pollution organique constitue la partie la plus importante et comprend essentiellement des composés biodégradables. Ces composés sont :

- Les protéides
- Les lipides
- Les glucides (BOUTELLI et MENASRIA, 2008).

I.4.3. Les principaux paramètres de la pollution

L'évaluation de la pollution d'une eau usée est basée sur la détermination de plusieurs paramètres organoleptiques, physiques, chimiques et bactériologiques, ces paramètres indiquent le degré de pollution de ces eaux et donnent le danger qui peut être provoqué par leur rejet en milieu naturel (BEADRY, 1992).

I.4.3.1. Paramètres organoleptiques

1. Odeur

L'eau 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).

2. Couleur

La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle (éléments métalliques, matières humiques, micro-organismes liés à un épisode d'eutrophisation...), soit associée à sa pollution (composés organiques colorés). La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul du domaine du visible (**THOMAS, 1995**).

I.4.3.2. Paramètres physiques

1. Température

La température régit la qualité d'oxygène dissous dans l'eau : quand la température augmente, l'oxygène dissous diminue.

Elle influe également sur la décomposition de la matière organique le développement des parasites responsables de certaines maladies et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxiques (**SLIMANI, 2003**).

2. Matières en suspension (MES)

Il s'agit de matière non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales (**GAID, 1984**). Dans une eau usée urbaine, près de 50% de la pollution organique se trouve sous forme de MES. Les résultats pour les eaux usées industrielles sont très variables, il est de même pour les eaux naturelles où la nature des MES est souvent minérale et leur taux est relativement bas.

La composition de MES peut être appréciée par analyse directe ; plus souvent, elle est obtenue par différence des caractéristiques des eaux brutes et des eaux filtrées. Les erreurs sur les valeurs résultantes sont alors élevées (**BONTOUX, 1993**). Les MES sont exprimées en mg/l.

3. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisés : argile limons, grains de silice, matières organiques, etc.

La mesure de turbidité a donc un grand intérêt dans le control de l'épuration des eaux brutes. (**RODIER, 1996**).

4. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH joue un rôle important dans le traitement biologique. Il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. 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 (**DALI et ZOUAOUI, 2007**).

5. La conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples et des plus importants pour le contrôle de la qualité des eaux usées (THOMAS, 1995). Elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau (GAID, 1984).

I.4.3.3. Les paramètres chimiques

1. La demande biologique en oxygène (DBO5)

C'est la quantité d'oxygène que les bactéries utilisent pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement en CO₂ les substances organiques dans l'eau, en un temps donné, à l'aide de leur système enzymatique (BLIFERT, 2001)

La demande biochimique en oxygène est 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 et HENRY, 1992).

2. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies (RODIER, 1996). Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables présents dans l'eau usée. La DCO est mesuré en mg d'O₂/l (TARADAT et HENRY, 1992).

3. L'oxygène dissous

La présence d'oxygène dissous dans l'eau est indispensable, l'oxygène permet de maintenir plusieurs des qualités de l'eau, notamment son goût et son degré d'aseptise. Il est essentiel pour la survie de nombreux organismes aquatiques.

L'oxygène dissous dans l'eau peut provenir :

- De la dissolution de l'oxygène de l'air par diffusion à travers la surface ;
- De l'apport d'un affluent plus oxygéné, surtout dans le cas des rivières, et, parfois même, d'une aération artificielle ;

• De la biosynthèse pour les plantes vertes aquatiques qui, sous l'effet de la lumière solaire, utilisent le CO₂ dissous dans l'eau grâce à leur fonction chlorophyllienne dans le cas du lagunage. (BEAUDRY, 1992).

4. Autres éléments

a. Azote

C'est un élément qui se trouve sous forme ammoniacale ou organique ou inorganique (ammoniaque, nitrate, nitrite) ; il constitue la majeure partie de l'azote total. La présence d'azote organique au ammoniacale se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel.

L'azote contenu dans les eaux résiduaires domestique a essentiellement une origine urinaire. On estime à environ 13mg/jour la quantité d'azote rejetée par un adulte.

L'azote est l'un des éléments qui favorisent la prolifération d'algues, par conséquent la réduction de sa teneur avant le rejet des eaux est plus que nécessaire (BECHAK et al, 1983).

b. Phosphore

L'apport journalier de phosphore est d'environ 4 g par habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et l'usage de détergent. Les rejets varient d'ailleurs suivant les jours de la semaine (LADJEL et BOUCHEFER, 2004).

5. Métaux lourds

Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel, sans aucun doute.

Leur présence, est nuisible pour l'activité des micro-organismes, donc perturbe le processus d'épuration biologique (TCHIOMOGO, 2001).

Dans l'eau les métaux lourds toxiques peuvent exister sous formes d'ions, de complexes organiques et minéraux en solution ou absorbés sur des colloïdes ou des aérosols (PERRAUD B., 2001).

I.4.3.4. Paramètres bactériologique (Indices de contamination fécale)

Ils proviennent essentiellement des matières fécales qui contiennent majoritairement une flore anaérobie (10⁹-10¹⁰ bactéries /g fèces) détruite à l'air, et une flore aérobie – anaérobie facultative (10⁶ – 10⁷ bactéries / g fèces).

La présence de ces microorganismes dans les eaux usées et les boues résiduaires nécessite des règles sanitaires lors de leur traitement et de leur élimination. En particulier, lorsque le rejet se fait à

proximité d'une zone conchylicole, d'une zone de baignade ou d'une prise d'eau potable, il est nécessaire d'effectuer une désinfection (**REJSEK, 2002**).

I.4.3.4.1. Les germes totaux

Ce paramètre permet de mesurer les conditions sanitaires de la distribution et résiduel de désinfection, une concentration très importante en germes totaux peut entraîner des problèmes d'ordre organoleptique, par contre une faible valeur est le témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution.

I.4.3.4.2. Coliformes totaux

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels, les eaux traitées ne doivent pas contenir de coliformes, cependant l'absence de ces derniers ne signifie pas nécessairement, que l'eau présente pas un risque pathogène.

I.4.3.4.3. Coliformes fécaux

Ils sont capables de se développer à 44°C, et permettent d'estimer le risque épidémiologique dans l'eau et devrait en tout logique tenir compte de la présence plus aux moins important de germes pathogènes. La principale bactérie fécale est *Escherichia coli*.

I.4.3.4.4. Streptocoques fécaux

Ce groupe n'est généralement pas considéré comme pathogène, tout fois leur recherche associée celle des coliformes fécaux consiste un bon indice de contamination fécale car les streptocoques étaient un meilleur témoin que les coliformes fécaux pour des pathologies infectieuses. (**POTELON et ZYSMAN, 1998**).

I.5. Epuration des eaux usées

I.5.1. Définition de l'épuration

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution l'Environnement et non de produire de l'eau potable (**SAGGAI, 2003**).

I.5.2. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux Usées

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 (**BEKKOUCHE et ZIDANE ,2004**).

I.5.3. Rôle des stations d'épuration

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.

Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement (**BENZAOUI et ELBOUS, 2009**).

I.5.4. 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.

I.5.4.1. Prétraitement

Les dispositifs de prétraitement physique sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre à l'aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou les particuliers les plus grossiers (**LADJEL, 2006**). Il comporte 3 parties principales :

I.5.4.1.1. Dégrillage

Il consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont l'écartement se mesure habituellement en centimètres (**BECHAC et al. 1983**).

Le dégrillage a pour objectif :

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

I.5.4.1.2. Dessablage

Cette opération est indispensable pour éviter le colmatage des canalisations, surtout si elles sont enterrées et protéger les équipements à pièces tournantes de la corrosion (axe de chaînes, rotors de centrifugeuse, pompes de relèvement, etc.) (**MOUHAMMED OULI, 2001**).

I.5.4.1.3. Déshuilage dégraissage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de l'effluent brut, les huiles et les graisses étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau (LADJEL, 2006).

I.5.4.2. Traitement primaire (traitement physico-chimique)

I.5.4.2.1. Décantation

La décantation est la méthode la plus fréquente de séparation de MES et des colloïdes, un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules (OUALI, 2001).

I.5.4.2.2. Coagulation-floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation : la coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension. La floculation a pour l'objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts, entre les particules déstabilisées (LADJEL, 2006).

I.5.4.2.3. Filtration

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat) (DEGREMONT, 2005).

I.5.4.3. Traitement secondaire (épuration biologique)

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

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

I.5.4.3.1. Procédés biologiques intensifs

Ce sont des systèmes d'épuration classiques qui occupent peu d'espace et consomment de l'énergie. En plus, ils ont un coût d'installation et de fonctionnement élevé.

On distingue les systèmes de traitement par boues activées, lits bactériens, disques biologiques etc (EDELIN, 1980).

I.5.4.3.2. Procédés biologiques extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc (EDELIN, 1980).

I.5.4.4. Traitements tertiaires

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

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

Ces procédés ont notamment pour but :

- L'élimination de l'azote et du phosphore.
- La désinfection.

I.6. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de définir les eaux usées, leurs origines et leurs caractéristiques physico chimiques ainsi que les origines de la pollution, ces d'information pouvant mettre une idée sur la technique de traitement qui doit suivre après l'accumulation de ces eaux usées dans une station d'épuration.

CHAPITRE II



LA RÉUTILISATION DES EAUX ÉPURÉES



II.1. Introduction

L'importance grandissante des coûts d'amener l'eau pour l'alimentation des villes pour les différents consommateurs, jointe à celle de leur évacuation qui va de pair avec la raréfaction des ressources en eau, conduit, un peu partout dans le monde, et pas seulement dans les zones arides et semi-arides, à se poser la question de possibilité de réutilisation des eaux usées épurées. Cette ressource de seconde main, qui s'accroît avec l'utilisation plus intensive des ressources naturelles, constituera demain une richesse réelle si on apprend à l'utiliser et à mettre en œuvre à temps les mesures de sauvegarde qui s'imposent.

II.2. Situation Mondiale

Depuis 2000, la REUT 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, aux États-Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre de 1,5-1,7 millions m³/jour (Mm³/jour) dans plusieurs pays et états, comme par exemple au Mexique, en Chine, en Floride et en Californie (Lazarova et Brissaud, 2007). L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2010) rapporte qu'actuellement il existe 3300 usines de récupération des eaux dans le monde présentant des degrés variables de traitement pour des applications diverses. La plupart de ces usines se trouvent au Japon (plus de 1800) et aux États-Unis (plus de 800), mais l'Australie et l'Union Européenne comptent, respectivement, 450 et 230 projets. La région méditerranéenne et du Moyen-Orient comptent environ 100 sites, l'Amérique latine 50 et l'Afrique Sub-Saharienne 20 (FAO, 2010). La Figure ci-dessous montre le type d'applications de REUT à travers le monde.

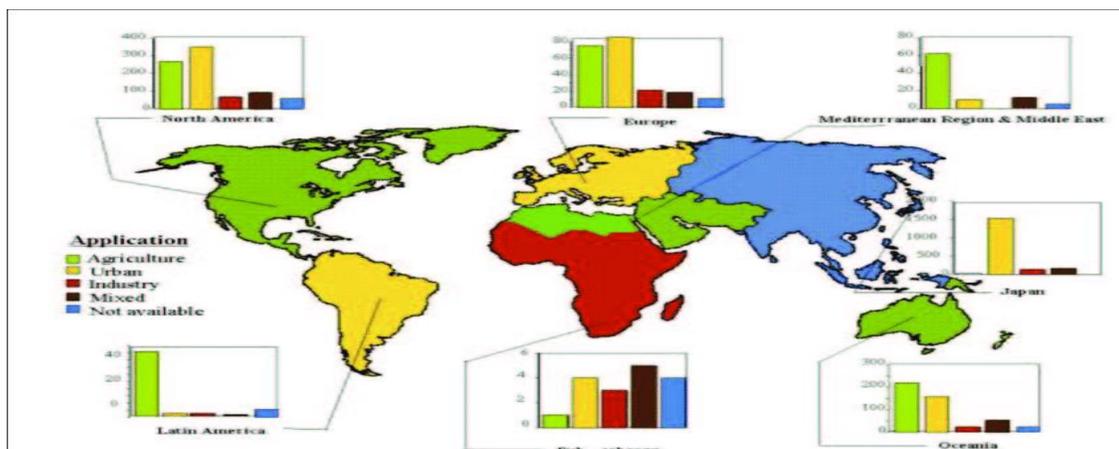


Figure II.1 : Schémas de réutilisation d'eaux usées municipales, selon le type d'applications (FAO, 2010)

II.3. Domaine de la réutilisation des eaux épurées

La réutilisation des eaux usées épurées « REUE » est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages.

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale

Les principales utilisations des eaux usées épurées sont :

- **Utilisations agricoles** : –irrigation- la plus répandue, permettant d'exploiter la matière fertilisante contenue dans ces eaux réalisant ainsi une économie d'engrais.
- **Utilisations Municipales en zone urbain** : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de 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.
- **Utilisations industrielles** : refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc;
- **Production d'eaux potable**
- **Amélioration des ressources** : recharge des nappes pour la lutte contre les rabattements des nappes et la protection contre l'intrusion des biseaux salés en bord de mer. (ONA ,2015)

Les figures suivantes représentent les différents usage de la réutilisation des eaux épurée

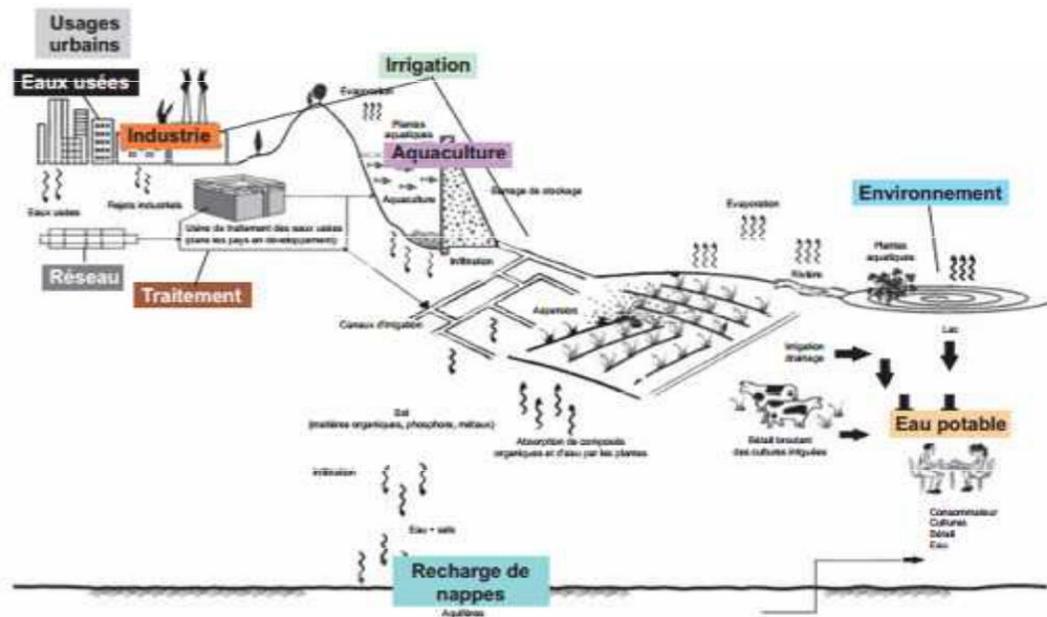


Figure N° II.2 : Les usages de REUT (adapté de WHO, 2006)

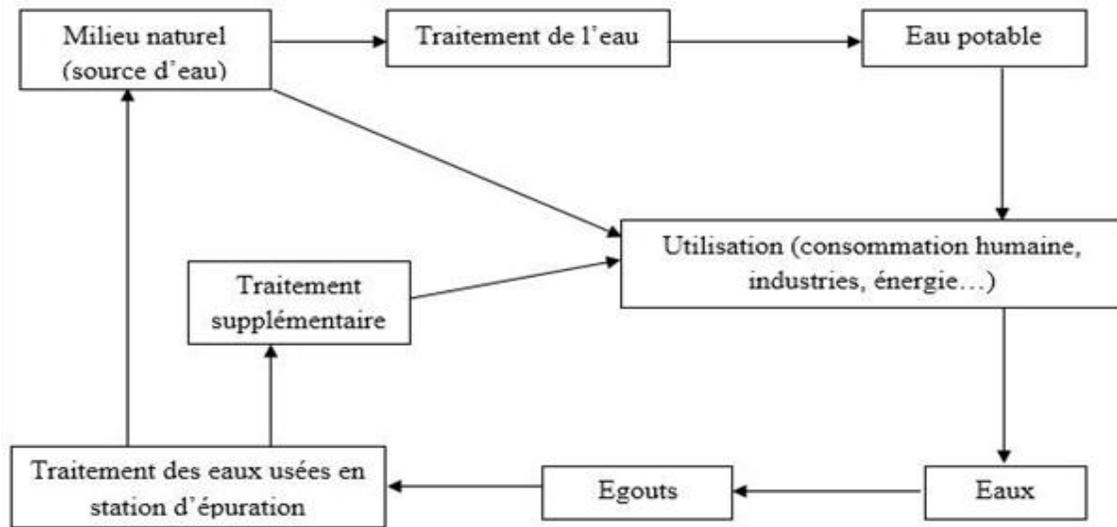


Figure II.3 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement

II.3.1. La réutilisation des eaux usées épurées en agriculture

L'irrigation agricole est cruciale pour améliorer la qualité et la quantité de la production agricole. Dans le monde entier, l'agriculture est le secteur le plus consommateur d'eau (UNEP et Global Environment Centre Foundation, 2005).

En effet, l'UNESCO (2000) a rapporté que le secteur de l'agriculture reçoit 67% des prélèvements totaux en eau et compte pour 86% de la consommation mondiale.

Pour la plupart des pays Arabes, la consommation en eau est essentiellement due au secteur de l'agriculture ; par exemple pour le Maghreb l'agriculture correspond à 81% des prélèvements en eau. Ainsi, les projets d'irrigation à grande échelle ont accéléré la disparition de plans d'eau, tels que la Mer d'Aral, les marécages irakiens et le Lac du Tchad (UNEP et Global Environment Centre Foundation, 2005) et favorisé l'intrusion marine des aquifères côtiers et la salinisation des sols (PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009).

La REUT, lorsqu'elle est correctement utilisée, peut permettre une utilisation plus efficace de l'eau dans le domaine de l'agriculture en vue d'une gestion durable de l'eau. Les principaux bénéfices de la REUT pour l'agriculture sont (UNEP, 2003) :

- Une conservation des ressources en eau douce et leur allocation plus rationnelle, en particulier dans les pays en pénurie d'eau.
- Un moyen d'éviter la pollution des eaux de surface en évitant le déversement d'eaux usées dans les plans d'eau.

- Un apport naturel en nutriments (notamment azote, phosphore et potassium), donc des besoins en engrais artificiels réduits.
- Amélioration des caractéristiques physiques des sols grâce à l'apport de matières organiques : prévention de l'érosion.

II.3.2. La réutilisation des eaux usées épurées en industrie

La REUE industrielle peut être intéressante dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Les autres applications possibles concernent les laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc.

La qualité requise est spécifique à chaque industrie parce que sa composition Chimique peut avoir des répercussions sur les processus industriels.

Les préoccupations concernent principalement les phénomènes d'entartrage, de corrosion, de développement de bactéries d'encrassement, de formation de mousse, et d'inhalation d'aérosols par les travailleurs. Il n'y a pas de problème sanitaire spécifique à l'industrie et on retrouve les mêmes contaminants que pour les autres usages (**Devaux I, 1999**).

II.3.3. La réutilisation des eaux usées épurées en zone urbaine

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent :

- L'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux; les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance.
- les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles;
- Le lavage de voirie, réservoirs anti-incendie, etc.

La REUE en zone urbaine nécessite un réseau double qui permet de distribuer séparément les eaux épurées et l'eau potable. Il peut y avoir un réseau double à l'échelle de la ville entière ou à l'échelle de l'habitation (**Devaux I, 1999**).

II.3.4. La production d'eau potable

La réutilisation est directe quand l'eau ne revient jamais dans le milieu naturel Les eaux; épurées sont directement acheminées de la station d'épuration

- l'usine de traitement pour l'eau potable. L'unique exemple dans le monde de réutilisation directe se trouve en Afrique, à Windhoek, capitale de la Namibie. Cependant, ce mode de REUE sans

passer par le traitement supplémentaire offert par le milieu naturel est déconseillé, il doit être mis en œuvre uniquement quand aucune autre solution n'est possible.

La réutilisation est indirecte et non planifiée quand les eaux épurées sont rejetées dans un cours d'eau ou une réserve souterraine qui sert à l'alimentation d'une usine de traitement, sans que ce lien soit volontaire. Cette notion est à la limite de la définition d'une REUE.

La réutilisation est indirecte et planifiée quand elle consiste à rejeter des effluents de station volontairement en amont d'une usine de traitement, au niveau du plan d'eau ou de la nappe qui sert d'ultime réservoir naturel avant le pompage et le traitement.

La production d'eau potable est l'aboutissement le plus extrême de la réutilisation des eaux usées épurées. Elle a lieu essentiellement dans les zones arides ou semi-arides (**Devaux I, 1999**)

II.3.5. La recharge de nappe

La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau. Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer. Il existe deux moyens de recharger une nappe phréatique :

- par percolation : Le principal problème rencontré est celui des algues, qui pullulent dans les bassins. Les solutions préconisées sont variées: introduction de poissons, d'algicides, teindre l'eau pour empêcher la photosynthèse, faire circuler l'eau pour empêcher la stagnation, éviter le stockage dans des lacs peu profonds, éviter de laisser l'eau stagner trop longtemps et couvrir les réservoirs. Un autre problème est la formation d'un microfilm de vase, d'argile et de micro-organismes au fond du bassin qui bloque la;

- par recharge directe : L'eau est injectée dans la nappe par plusieurs puits (**Devaux I, 1999**)

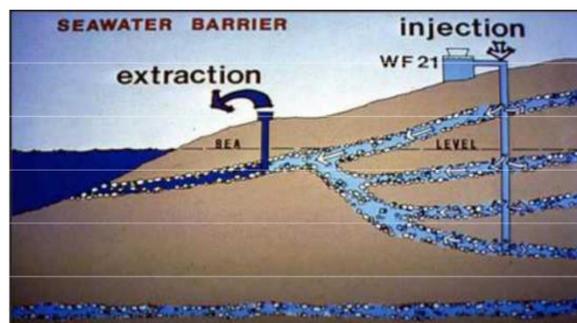


Figure II.4 : Schématisation d'un système de recharge artificielle d'un aquifère côtier protégeant ainsi les nappes de l'intrusion marine (**Dahab, 2011**)

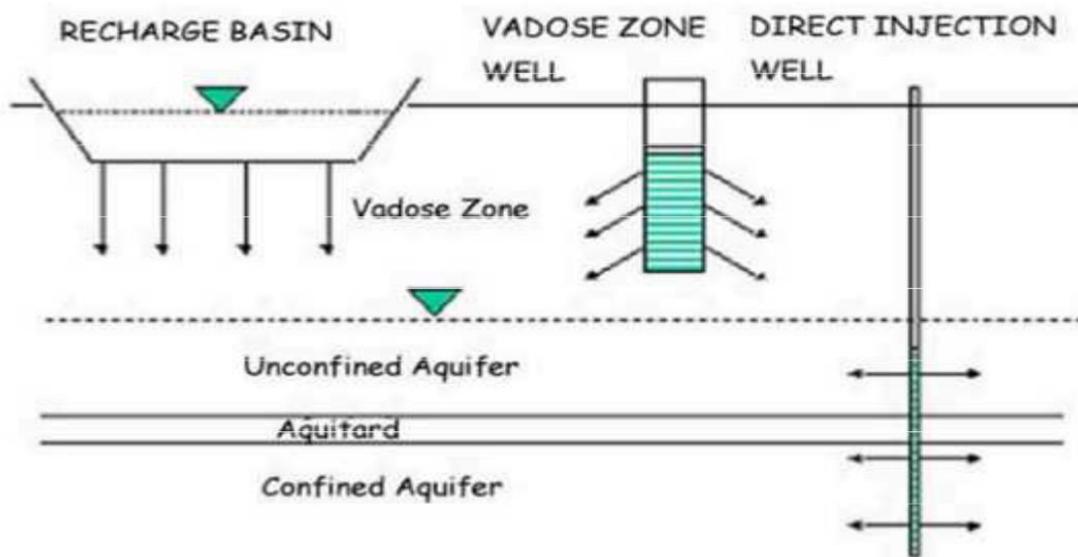


Figure II.5: Recharge artificielle d'un aquifère (UNEP et Global Environment Centre Foundation, 2005)

II.4. Filières de réutilisation des eaux épurées

Quasiment tous les domaines relatifs aux usages de l'eau sont concernés par la REUT sauf ce qui touche aux eaux thermales et minérales, dont les exigences de qualité sont telles qu'elles n'entrent pas dans les champs de la réutilisation. En effet, on accepte que toute eau usée est potentiellement réutilisable (ROTBARDT, 2011). L'organisation et les éclaircissements suivantes permet d'y voir plus clair en matière d'utilisation des EUT.

II.5. Valorisation directe des eaux usées épurées

Valorisation directe ou cycle courte, l'eau usée traitée passe directement du statut d'eau usée au statut de nouvelle ressource après avoir transité par des mécanismes d'épuration (ROTBARDT, 2011). Il existe ; l'irrigation des terres agricoles, l'aquaculture et les usages urbains.

II.6. Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture

L'utilisation des eaux usées domestiques pour l'irrigation des terres agricoles est une pratique ancienne dans nombreuse pays du monde Elle est connue depuis la fin du 19ème 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. En termes de surface, plus de 20 millions d'hectares des terres agricoles sont irriguées par les eaux usées épurées travers le monde

(DER HOEK, 2007). Les modalités de mise en œuvre pour l'usage des REUE sont multiples, il existe des périmètres irrigués exclusivement avec des EUT, d'autres périmètres mixtes (ROTBARDT, 2011).

La réutilisation des eaux usées en agriculture présente un intérêt certain, des risques de réutilisation ainsi que des impacts positifs notamment négatifs sur les sols et les cultures.

II.7. La réutilisation des eaux usées épurées en Algérie

II.7.1. Situation de l'assainissement en Algérie

Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 1062 millions de m³ et dépassera 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020 Seul 365 millions de m³ est épurées.

Donc il faut prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration (ONA, 2015)

- Situation actuelle (exploitation) :

Nombre de station d'épuration : 102 (52 STEP+ 50 lagunes)

- Situation du programme en cours de réalisation :

Nombre de station d'épuration: 176 (87 STEP+ 89 lagunes)

La capacité totale installée après l'achèvement de ce programme est de 925 millions de m³/an, c'est-à-dire l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité.

II.7.2. Potentiel actuelle de la réutilisation des eaux épurées en Algérie

✓ Réutilisation agricole

Sur les 107 stations d'épuration (STEP) en exploitation à travers le pays, 17 STEP sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture 12 000 ha de superficie agricole, il s'agit des STEP suivantes :

- Kouinine (El Oued), Ouargla, Guelma, Boumerdès, Souk Ahras, Ghriss, Tlemcen, Mascara, Bouhnifia, Hacine, Oued Taria, Hachem, Sehaouria, Tizi, Mohammadia, Ain Hadjar et Bordj Bou Arreridj.

A la fin 2014, le volume réutilisé est estimé à 20 Millions m³ /an, A la fin de mois d'Octobre 2015 le volume réutilisé est de 1 558 849 m³

✓ Perspectives

Le potentiel de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles évoluera d'une manière significative d'environ 20 million m³ en 2014 à environ 40 million m³ en 2019, et le nombre de stations

concernées par la REUE sera de 26 STEP à l'horizon 2019, pour l'irrigation de plus de 13 000 hectares de terres agricoles, parmi ces projets : Chelghoum Laïd, Ouargla, Saïda, Tiaret, Chlef, Sétif, Médéa, Sidi Bel Abbès et Ain Defla. (ONA, 2015).

Un plan d'action ONA/ONID est en cours d'études, pour définir les possibilités réelles d'une éventuelle réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des grands périmètres d'irrigation -GPI- au niveau des cinq (05) bassins hydrographiques à l'échelle nationale.

✓ **Réutilisation municipale**

Station d'épuration de TIPAZA : La protection civile récupère un volume de 18 763 m³/mois d'eau usée épurée pour la lutte contre les incendies (ONA, 2015).

✓ **Réutilisation industriel**

La STEP de Jijel cède un volume de 15 000 m³/mois d'eau usée épurée au profit de la tannerie de Jijel (ONA, 2015).

Les avantages et les contraintes de la réutilisation des eaux épurées sont présentés dans le tableau ci-dessus

II.8. Les avantages et contraintes de la réutilisation des eaux épurées

Tableau II-1 : Les avantages de la réutilisation des eaux épurées

Intérêt, avantage et bénéfices de la réutilisation des eaux usées		
01	ressource alternative	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d'approvisionnement tout en diminuant la demande globale. ✓ Différer le besoin de mobilisation d'autres ressources en eau ✓ Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels. ✓ Dans certain cas, une exécution rapide et plus facile que la mobilisation de nouvelles ressources en eau de première main. ✓ Garantir une indépendance vis à vis du fournisseur d'eau potable (par exemple pour des raisons politique)
02	conservation et préservation des ressources	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Economiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques. ✓ Contrôler la surexploitation des ressources souterraines.
03	valeur économique ajoutée	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eviter les coûts de développement, de transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau fraîche. ✓ Dans certain cas, éviter les coûts de l'élimination des nutriments des eaux usées. ✓ Réduire la quantité des eaux potable destinées à la lutte contre l'incendie et a certain type d'industrie par la réutilisation des eaux épurée dans ces domaines. ✓ Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimique en irrigation. ✓ Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l'eau recyclée et des produits dérivés. ✓ Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l'eau recyclée en cas de sécheresse. ✓ Favoriser le tourisme dans les régions arides. ✓ Augmenter la valeur foncière des terrains irrigués.
04	Valeur environmental	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur ✓ Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse. ✓ Eviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc..... ✓ Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc...) ✓ Proposer une alternative fiable aux rejets d'eaux usées dans les milieux sensibles (zones de baignade ou conchylicoles, réserves naturelles, etc...) <p>Profiter des nutriments apportés par l'eau de l'irrigation pour augmenter la productivité de la culture agricoles et la qualité des espaces verts.</p>
05	Développement durable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Réduire les coûts énergétiques et environnementaux par rapport à ceux de l'exploitation des aquifères profonds, du transport d'eau à longues distances, du dessalement. ✓ Assurer une ressource alternative à faible cout pour les régions arides, la protection des milieux sensibles et la restauration des zones humides. ✓ Augmenter la production alimentaire en cas d'irrigation.

Tableau II-2 : Les contraintes de la réutilisation des eaux épurées

Défis et contraintes de la réutilisation des eaux épurées : (Lazarova et Brissaud, 2007)		
01	Aspects législatifs et sanitaires	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées. ✓ Absence de réglementation et des incitations à la réutilisation. ✓ Droit sur l'eau: qui possède l'eau recyclée et qui récupère les revenus. ✓ Exploitation inappropriée et/ou non conforme
02	Aspects sociaux	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Malgré les réticences psychologiques à utiliser les eaux épurées, la rareté de l'eau et les réalités économiques poussent les agriculteurs de certaines régions à la réutilisation des eaux épurées. ✓ Il faut établir un système de surveillance de la qualité des eaux épurées pour instaurer une confiance entre le distributeur et les différents utilisateurs. ✓ En vertu de l'incertitude des risques liés à la réutilisation des eaux épurées, des stratégies nationales de la réutilisation des eaux usées épurées pourraient s'orienter uniquement vers les espaces verts et l'agroforesterie.
03	Aspects économique	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Considérer la réutilisation comme faisant partie de la trilogie: assainissement, épuration et réutilisation .cette trilogie devrait s'insérer dans des stratégies nationales. ✓ Le cout de la réutilisation doit être comparé au cout de l'inaction qui a des impacts environnementaux, sanitaires et qui augmente le cout de traitement de l'eau potable à la source. ✓ Le cout de la réutilisation doit aussi comparé d'autres alternatives comme le dessalement. ✓ La réutilisation est devenue une nécessité et peut contribuer au développement de certains secteurs économiques (tourisme et loisirs). ✓ Le cout de la réutilisation varie d'un bassin hydrologique à un autre et en fonction de l'usage final souhaité.
04	Aspects environnementaux et agronomiques	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La présence de beaucoup des sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols ✓
05	Aspects technologiques	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Une grande fiabilité d'exploitation est requise ✓ Importance du choix de la filière de traitement
	Aspects financières	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dans les systèmes de traitement il a deux taxes de branchement, de consommation et de charges polluantes. ✓ Pour la réutilisation, dans l'expérience de la Jordanie et de la Tunisie, seules les frais d'opération et d'entretien sont couverts dans le prix des eaux usées épurées. Ce sont des mesures incitatives pour pousser les agriculteurs a adapter la réutilisation ✓ Le prix des eaux épurées doit rester inférieur à celui des eaux conventionnelles, l'état doit intervenir pour subventionner une.

II.9. Notion de risque

II.9.1. Définition du risque

Les études d'estimation du risque distinguent deux types de risque : le risque potentiel et le risque réel (**Devaux (1999)** cité dans **Baumont (2004)**). Le risque potentiel comprend lui-même le risque théorique et le risque expérimental.

Le risque théorique, également appelé danger, est défini par le critère d'absence ou de présence d'un contaminant (microorganisme, micropolluant métallique, ...). Il dépend de la population qui produit les eaux usées et d'autres facteurs (présence de rejet industriel, réseau unitaire, ...). Son calcul, réalisé à partir de la probabilité d'infection en fonction de la dose, est une approche de haute technicité, coûteuse et permettant d'estimer des risques pour la santé publique très faibles

(**Monchalin (1999)** repris et complété par **Aviron-Violet, 2002**).

Le risque expérimental est le risque que le contaminant soit transmis à un individu. Il dépend de la dose de départ, de l'efficacité du traitement, de la capacité de survie (pour les microorganismes) ou de rétention (pour les micropolluants) et de la dose minimale nécessaire pour contaminer un individu (i.e. dose infectante pour les microorganismes et seuil de toxicité pour les micropolluants).

Le risque réel « correspond à la probabilité d'être contaminé dans une population exposée » (**Devaux (1999)** cité dans **Baumont (2004)**). Il dépend des facteurs liés au risque potentiel, et dépend également des « capacités immunitaires de l'individu (naturelles ou acquises), ainsi que d'autres facteurs comme l'âge, le sexe, l'état de santé, la nutrition, l'hygiène et la capacité diagnostique (clinique, sérologique et portage) des acteurs de santé ». Sa détermination, réalisée à partir d'études épidémiologiques, est une approche de technicité relativement simple, d'un coût réduit et permettant de maîtriser le risque (**Monchalin (1999)** repris et complété par **Aviron-Violet, 2002**).

Après ces brèves définitions de la notion de risque dans sa globalité, il convient de s'intéresser aux risques intrinsèquement liés à une réutilisation des eaux comme les risques microbiologique, chimique et environnemental.

II.9.2. Risque microbiologique

Dans le cas de l'agriculture, les microorganismes se retrouvent à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un endroit frais, humide (évapotranspiration) et à l'abri du soleil. Une contamination peut donc avoir lieu au moment de la croissance des végétaux ou même de la récolte.

Le mode d'irrigation joue également un rôle non négligeable dans la définition du risque microbiologique : en effet, l'irrigation souterraine ou gravitaire peut nuire à la qualité des eaux souterraines et de surface. L'irrigation par aspersion crée des aérosols pouvant être gênants pour la santé humaine. De plus, des contaminations directes peuvent également avoir lieu lors de la maintenance du système d'irrigation.

D'après Commission « assainissement » de l'AGHTM (1996) cité dans Baumont (2004), les populations humaines telles que les consommateurs de légumes crus, les consommateurs de viande bovine insuffisamment cuite, les travailleurs agricoles et les populations avoisinantes, sont exposées à une pathologie associée de manière certaine à une utilisation agricole d'effluents bruts ou traités.

La Commission « assainissement » de l'AGHTM (1996) cité dans Baumont (2004) estime que les helminthes (ascaris, trichocéphales, ankylostomes...) représentent le risque microbiologique principal, suivi par les affections bactériennes (choléra et shigellose dans les pays en cours de développement) à moindre échelle et enfin, de façon très limitée, les virus.

II.9.3. Risque chimique

Les faibles concentrations en micropolluants dans les eaux usées traitées peuvent être un frein à la recharge d'aquifère. Même en faibles quantités, ces éléments présentent des risques de toxicité humaine à court terme et de maladies à plus long terme.

En cas d'usage agricole, la seule voie de contamination réellement préoccupante par les éléments traces est la consommation de plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent. Le danger réside donc dans la consommation de végétaux contaminés. Toutefois, certains de ces éléments peuvent être intéressants pour la croissance végétale et il convient de trouver un équilibre entre le risque sanitaire et l'intérêt agronomique.

Le risque posé par les effets à long terme de ces produits, pour lesquels il n'existe souvent aucune étude, est encore inconnu. De même, l'apparition de nouvelles substances toxiques n'est pas à exclure et il faut rester prudent, surtout vis-à-vis d'eaux usées traitées urbaines qui, dans certains cas, pourraient avoir des caractéristiques chimiques différentes et des concentrations plus importantes. Enfin, il ne faut pas oublier que les éléments traces ont tendance à s'accumuler dans les boues de STEP plutôt que dans l'eau traitée ; le risque chimique semble alors moindre.

Pour une réutilisation à des fins industrielles, la concentration admissible en sels, les molécules organiques et les éléments traces métalliques doivent faire l'objet d'une attention particulière (Monchalain (1999) repris et complété par Aviron-Violet, 2002).

II.9.4. Risque environnemental

Le risque environnemental s'inscrit à la fois dans une optique de protection des ressources en eau et de préservation du sol. De plus, ce risque est intimement lié aux deux précédents.

Dans un contexte agricole, l'influence d'un excès de bore et d'autres éléments traces éventuels, l'affectation du rendement par la salinité, le risque d'alcalinisation des sols par excès de sodium, un résiduel en chlore trop important, un excès de nutriments (azote, phosphore, potassium) ou les brûlures de feuille par le sel en cas d'aspersion, doivent être pris en considération (Monchalain (1999) repris et complété par Aviron-Violet, 2002). Cependant, pour le sol, il ne faut pas perdre de vue qu'il existe une capacité de rétention (adsorption pour les molécules ou ions, compétition trophique pour les microorganismes) et une capacité d'épuration (valable également pour les cours d'eau dans une moindre mesure).

Les paramètres devant être pris en compte dans tout projet de réutilisation des eaux viennent d'être décrits. Certains doivent faire l'objet de plus d'attention que d'autres, notamment par rapport aux risques qu'ils présentent pour l'Homme et l'Environnement.

II.10. Paramètres d'intérêt en réutilisation des eaux épurées

II.10.1. Paramètres microbiologiques

1. Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires de très petite taille (10 à 350 nm) qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. Leur concentration dans les eaux usées urbaines est comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination intramusculaire contre la poliomyélite par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. Le mode d'infection est, dans la majorité des cas, l'ingestion mais il peut également exister des cas d'inhalation (Coronavirus par exemple).

Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries et que leurs faibles dimensions soient à l'origine de leurs possibilités de dissémination

(Faby, 1997).

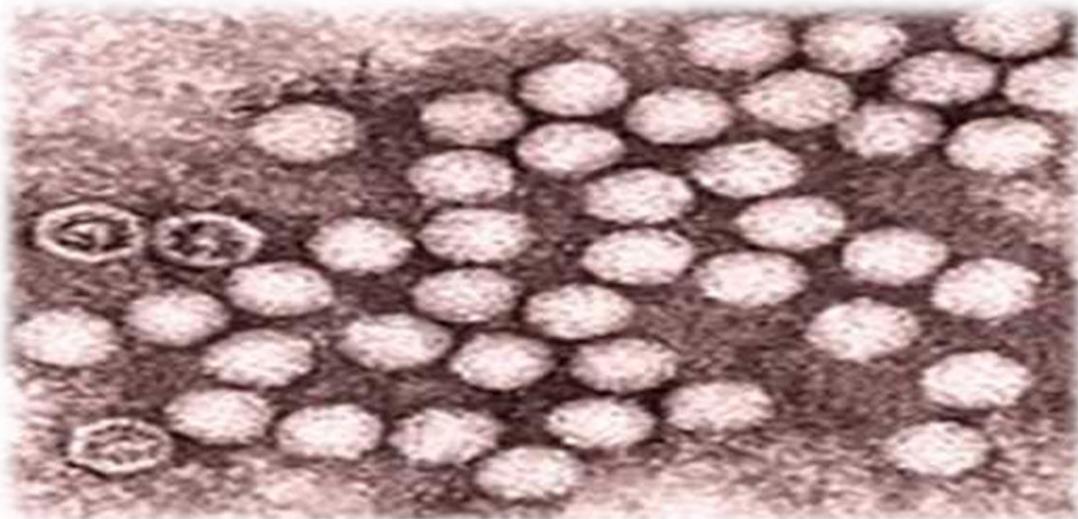


Figure II-6 : Entérovirus vus au microscope électronique (pas d'échelle)

Source : www.worsleyschool.net

Tableau II-3 : Principaux virus présents dans les eaux usées

<i>Agent pathogène</i>	<i>Symptômes, maladie</i>	<i>Mode(s) de contamination</i>
Virus de l'hépatite A	Hépatite A	Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E	Ingestion
Parvovirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Reovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée	Ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Calicivirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion/Inhalation
Astrovirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Coxsackie	Méningite, maladie respiratoire, ...	Ingestion
Echovirus	Méningite, diarrhée, ...	Ingestion
Adenovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, diarrhée, ...	Ingestion

Source : adapté de l'US-EPA (1992) ; Asano (1998) et www.hc-sc.gc.ca cité dans Baumont (2004).

2. Bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁷ à 10⁸ bactéries 3/L dont 10⁶ entérocoques et entérobactéries, 10⁴ à 10⁵ streptocoques fécaux et 10³ à 10⁴ Clostridium. La majorité de ces organismes ne présentent pas un danger pour la santé et la concentration en bactéries pathogènes peut atteindre de l'ordre de 10⁴/L.

Toutefois, chez un hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important. Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire une grande quantité de matière carbonée et de nutriments, et une température relativement élevée (37°C.). Leur temps de survie dans le milieu extérieur, où les conditions sont totalement différentes, est donc limité. Par ailleurs, les bactéries pathogènes vont se trouver en compétition avec les bactéries indigènes d'origine environnementale, ce qui limitera leur développement.

La voie de contamination majoritaire est l'ingestion. Les bactéries pathogènes d'origine hydrique sont responsables de la mort de 3 à 10 millions de personnes par an dans le monde et les pays industrialisés ne sont pas épargnés.

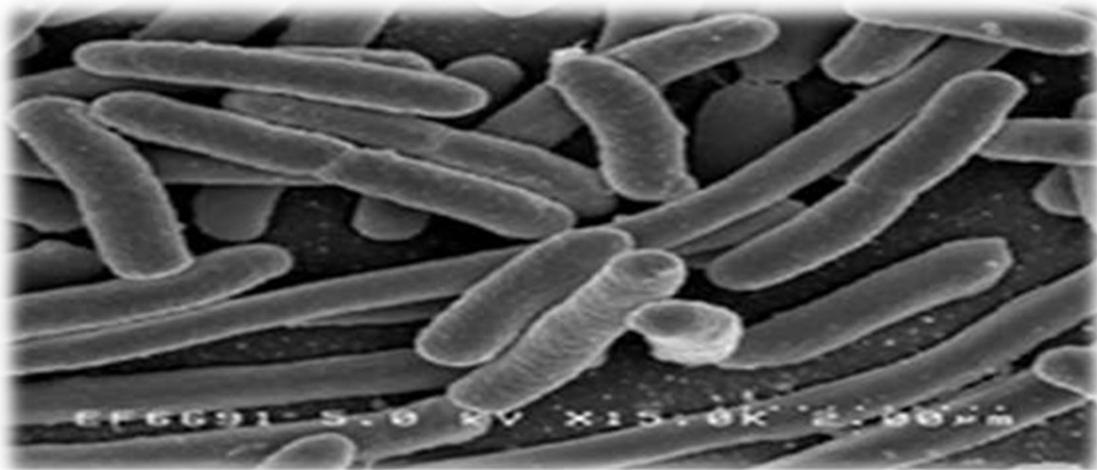


Figure II-7 : Escherichia coli vues au microscope électronique

Source : www.niaid.nih.gov

Tableau II-4 : Principales bactéries pathogènes présentes dans les eaux usées

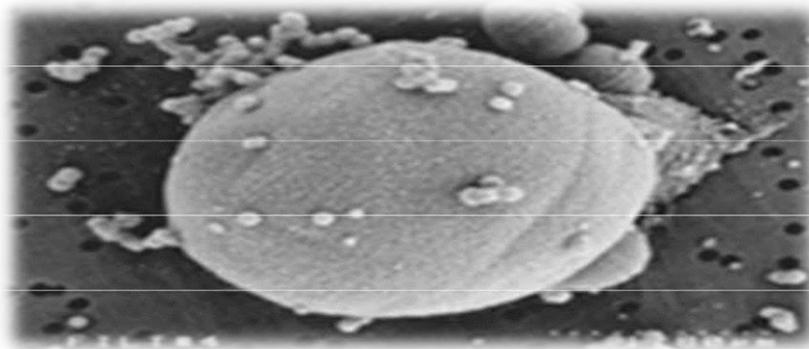
<i>Agent pathogène</i>	<i>Symptômes, maladie</i>	<i>Mode(s) de contamination</i>
<i>Salmonella</i> (différents sérotypes ⁴)	Salmonellose	Ingestion
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Gastro-entérite	Ingestion
<i>Leptospira spp.</i>	Leptospirose	Cutanée/Ingestion/Inhalation
<i>Legionella</i>	Légionellose	Inhalation
<i>Campylobacter jejuni</i>	Gastro-entérite	Ingestion
<i>Listeria monocytogènes</i>	Listériose	Ingestion
<i>Escherichia coli</i> (certains sérotypes dont O157:H7) ⁵	Syndrome Hémolytique et Urémique ⁶ (SHU)	Ingestion
<i>Shigella</i>	Dysenterie bacillaire	Ingestion
<i>Salmonella Typhi</i>	Fièvre typhoïde	Ingestion
<i>Vibrio cholerae</i>	Choléra	Ingestion
<i>Mycobacterium</i>	Tuberculose	Inhalation

Source : adapté de l'US-EPA (1992) ; Asano (1998) et www.hc-sc.gc.ca cité dans Baumont (2004)

3. Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries (taille comprise entre 1 et 200 μm). La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire, qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées. Parmi les protozoaires les

Plus « connus » on peut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne ou encore *Cryptosporidium parvum*



Source : www.esemag.com

Figure II-8 : Cryptosporidium parvum vu au microscope électronique

Tableau II-5 : Principaux protozoaires présents dans les eaux usées

<i>Agent pathogène</i>	<i>Symptômes, maladie</i>	<i>Mode(s) de contamination</i>
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne	Ingestion
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiase	Ingestion
<i>Balantidium coli</i>	Dysenterie balantidienne	Ingestion
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Diarrhée, fièvre	Ingestion
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose	Ingestion / Inhalation
<i>Cyclospora</i>	Diarrhée, légère fièvre	Ingestion
<i>Microsporidium</i>	Diarrhée	Ingestion
<i>Naegleria</i>	Méningite	Inhalation
<i>Enterocytozoon spp.</i>	Diarrhée chronique, problèmes rénaux, musculaires, pulmonaires et oculaires	Ingestion

Source : adapté de l'US-EPA (1992) ; Asano (1998) et www.hc-sc.gc.ca cité dans Baumont (2004)

4. Helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 103/L (**Asano, 1998**).

Beaucoup d'helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires.



Figure II-9 : Helminthe vu au microscope électronique (pas d'échelle)

Source : www.cnrs.fr

Tableau II-6 : Principaux helminthes présents dans les eaux usées

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariadiase	Ingestion
<i>Ancylostoma duodenale</i>	Ancylostomiase	Ingestion/Cutanée
<i>Ancylostoma</i> spp.	Anémie	Ingestion/Cutanée
<i>Necator americanus</i>	Necatoriase	Cutanée
<i>Strongyloides stercoralis</i>	Strongyloïdase	Cutanée
<i>Trichuris trichuria</i>	Trichuriase	Ingestion
<i>Taenia</i> spp.	Diarrhée, douleurs musculaires	Ingestion
<i>Enterobius vermicularis</i>	Enterobiase	Ingestion
<i>Hymenolepis</i>	Nervosité, troubles digestifs, ...	Ingestion
<i>Toxocara</i>	Fièvre, douleur abdominale	Ingestion
<i>Echinococcus granulosus</i>	Hydatidose	Ingestion

Source : adapté de l'US-EPA (1992) ; Asano (1998) et www.hc-sc.gc.ca cité dans Baumont (2004)

5. Facteurs de la pathogénicité chez les microorganismes

Les microorganismes présents dans l'environnement ou dans l'eau ne vont pas déclencher systématiquement une maladie s'ils sont absorbés. La pathogénicité dépend de plusieurs facteurs qui peuvent être regroupés sous deux catégories : la physiologie du microorganisme et celle de l'hôte infecté.

6. Physiologie du microorganisme

La latence est la durée nécessaire pour qu'un pathogène devienne infectieux. Elle diffère selon les microorganismes. Ainsi, elle est faible (de nulle à 48 h) pour la majorité des virus, des bactéries et des protozoaires qui sont immédiatement infectieux dès qu'ils pénètrent dans l'hôte. En revanche, elle peut atteindre plusieurs semaines pour les helminthes en raison de la nécessaire maturité des œufs ou de leur passage imposé dans un hôte intermédiaire non humain.

Par ailleurs, dans des conditions favorables (pH, température, ensoleillement, ...) et suivant la nature du microorganisme, les pathogènes peuvent survivre plusieurs semaines, voire plusieurs mois sur le sol, sur les plantes ou dans l'eau, ce qui présente un risque pour la santé publique non négligeable (OMS, 1989).

7. Physiologie de l'hôte infecté : notion de Dose Minimale Infectieuse (DMI)

La DMI correspond à la quantité de pathogènes qui doit être absorbée pour que des symptômes de la maladie se manifestent chez quelques sujets au moins. Les DMI sont très variables selon le type biologique de l'agent.

Tableau II-7 : DMI moyennes des agents pathogènes présents dans les eaux usées

<i>Microorganisme</i>	<i>Dose Minimale Infectieuse (unité)</i>
Bactéries	$10^2 \cdot 10^6$
Virus	10^2
Protozoaires	$10^1 \cdot 10^2$
Helminthes	$1 \cdot 10^1$

Source : Commission « assainissement » de l'AGHTM (1996) cité dans Baumont (2004)

La DMI est différente aussi en fonction des individus et de leur réaction physiologique face à la contamination. La réponse de l'hôte est extrêmement variable, elle dépend des caractéristiques des individus exposés aux pathogènes, comme l'âge, le sexe, voire l'activité : c'est la variabilité interindividuelle. Enfin, il peut y avoir une contamination entre individus. La contamination peut avoir lieu à cause d'individus malades, mais les pathogènes peuvent également être transportés par des porteurs sains, c'est-à-dire, des sujets infectés mais non malades, qui excrètent l'agent pathogène autour d'eux sans que des signes d'alerte en permettent le diagnostic.

II.10.2. Eléments traces

Parmi les éléments traces, on distingue ceux dit minéraux (ou inorganiques) tels que les éléments traces métalliques et ceux dit organiques tels que les pesticides par exemple.

1. Micropolluants inorganiques (minérale)

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux, les plus abondants (de l'ordre de quelques $\mu\text{g}/\text{L}$) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc....) sont présents à l'état de traces, leur origine est multiple ils proviennent :

- des produits consommés par la population ;
- la corrosion des matériaux utilisés dans les réseaux de distribution et d'assainissement.
- des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire.
- d'activités de service (santé, automobile, ...) et de rejets industriels raccordés au réseau.

Tableau II-8 : les plus dangereux métaux lourd

métaux lourd	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination
Plomb Pb	Anémie, trouble neuropsychiques, douleurs abdominales, hypertension artérielle	Inhalation, Ingestion Cutané
Arsenic As	Cancers, une neuropathie	Inhalation, Ingestion Contact avec la peau
Mercure Hg	Malformation, congénitales, trouble de l'équilibre et de langage etc....	Inhalation, Ingestion Cutané
Cadmium Cd	Cancer (poumon, reins prostate), perte de réflexe, paralysie respiratoire etc ...	Inhalation, Ingestion Cutané
Nickel Ni	Cancer (nez, poumon, estomac)	Inhalation

2. micropolluants organiques

Les micropolluants organiques identifiés dans les eaux usées proviennent, essentiellement de : •
l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants.

- des eaux pluviales : ruissellement sur les toitures, les terres agricoles, le réseau routier.
- de rejets industriels lorsque ceux-ci ont lieu dans le réseau d'assainissement
- ou se former lors des traitements de désinfection par le chlore (haloforme).

Parmi les micropolluants organiques les plus connus, on peut citer les PCB (PolyChloroBiphényles), les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), les OHV (Organo Halogénés Volatils) ou les produits phytosanitaires (pesticides par exemple). De nos jours, de nouvelles

substances font l'objet de recherches poussées. Ceci est notamment le cas des produits pharmaceutiques, des produits de soins corporels ou même des hormones.

II.10.3. Salinité

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles. La concentration en sels totaux de l'eau usée excède celle de l'eau potable d'environ 200 mg/L, sauf dans le cas de pénétration d'eaux saumâtres dans les réseaux d'assainissement (principe du biseau salé¹³) ou lors de collecte d'eaux industrielles. Les conséquences d'une salinité excessive de l'eau d'irrigation se présentent sous 2 catégories :

- les dommages vis-à-vis des sols et donc, indirectement, vis-à-vis des rendements culturaux
- les dommages causés aux cultures.

Parmi les éléments entrants en jeu dans la salinité des eaux usées réutilisées, on peut citer le sodium et le chlore qui sont responsables, en grande partie, de la salinisation des sols et le bore dans une moindre mesure (abordé précédemment). Le sodium étant sujet à une accumulation significative sur les sols (sodisation), il fera l'objet d'une attention toute particulière dans cette partie (**Catherine Boutin et al , 2009**)

II.10.3.1. Salinisation

Les plantes prélèvent l'eau du sol en y abandonnant une large part des sels apportés par l'eau d'arrosage ce qui conduit à augmenter la salinité de l'eau du sol. Les conséquences de l'évaporation sont les mêmes. La pression osmotique de l'eau du sol augmentant avec sa concentration en sels dissous, la plante consacre alors l'essentiel de son énergie non pas à se développer, mais à ajuster la concentration en sels de son tissu végétal de manière à pouvoir extraire du sol l'eau qui lui est nécessaire. Richards cité dans Faby (1997) a établi une échelle de qualité des eaux d'irrigation en fonction de leur salinité évaluée par leur conductivité électrique.

Tableau II-9: Classes de qualité de salure de l'eau d'irrigation (d'après Faby, 1997)

<i>Qualité de l'eau</i>	<i>Conductivité de l'eau (μS/cm)</i>	<i>Sels solubles correspondants estimés en NaCl (mg/L)</i>
I. Excellente	250	<160
II. Faible salinité	250- 750	160 -500
III. Forte salinité	750 – 2 250	500 – 1500
IV. Très forte salinité	2250–5000	1500–3600

II.10.3.2. Sodisation

Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Le phénomène d'accumulation de sodium dans les sols s'appelle la sodisation. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les ions calcium et magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol. Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure. Ce problème est également relié à plusieurs facteurs tels que le taux de salinité et le type de sol.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Na^{2+})/2}} \quad (me/l)$$

II.10.3.3. Effet de Salinité

Contenu total en sel soluble. Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires. La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique (Catherine Boutin et al , 2009)

La conductivité électrique est exprimée en milli siemens/centimètre (mS/cm). 1 desiemens par mètre (dS/m) égale en moyenne, à 640 ppm de sel.

II.10.4. Autres paramètres

II.10.4.1. Substances nutritives

L'azote, le phosphore, le potassium et les oligo-éléments indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées traitées ou non.

Dans certaines circonstances, ces éléments peuvent être en excès par rapport aux besoins de la plante et provoquer des effets négatifs, aussi bien au niveau de la culture que des sols. Un contrôle

périodique de la quantité de nutriments présents dans l'effluent est nécessaire afin d'en tenir compte lors du calcul des besoins en fertilisants des cultures irriguées.

II.10.4.2. Matières en suspension et matière organique

Les matières en suspension (MES) sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau, sont éliminées par décantation. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires.

Une présence excessive de matières en suspension peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que le bouchage des systèmes d'irrigation et aussi le système de refroidissement.

La présence de matière organique dans les eaux usées ne constitue pas, sauf cas très particulier, un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien au contraire, elle contribue la fertilité des sols. Cependant, l'expérience montre que le maintien d'une concentration importante en matière organique dans les eaux usées gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes. Enfin, les concentrations significatives en matière organique peuvent aussi entraîner des odeurs désagréables, notamment si les eaux stagnent à la surface du sol (**Catherine Boutin et al , 2009**)

II.11. Les différentes réglementations dans le monde

II.11.1. Les références : les recommandations de l'OMS et de l'USEPA

III.11.1.1 Le point de vue de l'OMS

Les recommandations de l'OMS sont les seules à l'échelle internationale. Elles sont source d'inspiration pour de nombreux pays à travers le monde (tableau 2, annexe 3).

Ces recommandations ne concernent que l'usage agricole, et il y a donc un "vide juridique" pour les autres usages. Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes. Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée (**FAO, 2002**).

III.11.1.2. Le point de vue de l'USEPA

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency) a publié en 1992, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Development), ses propres recommandations sur la REUE, intitulées "Guidelines for Water Reuse" (tableau 3, annexe 4). Contrairement à l'OMS, ces normes ne sont pas basées sur des études épidémiologiques et une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Les normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes.

Les normes de l'USEPA concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées (usage urbain, agricole, industriel, recharge de nappe, etc.) ce qui en fait un outil puissant. Plusieurs paramètres sont pris en compte : le pH, la Demande biologique en oxygène, la turbidité ou les solides en suspension et les coliformes fécaux. Il faut retenir que seul le facteur " coliformes fécaux " permet de juger de la qualité microbiologique.

Le pH est toujours fixé entre 6 et 9. La turbidité ne doit pas dépasser en général 2 NTU. La DBO maximale est fixée soit à 10 mg/l, soit à 30 mg/l, selon les usages. Les coliformes fécaux doivent être soit en concentration inférieure à 200 CF/100 ml (pour l'irrigation avec restriction, les usages paysagers, industriels et environnementaux), soit à un niveau de non détectabilité (pour l'irrigation sans restriction, la baignade et la réutilisation indirecte pour l'eau potable). Enfin, ce qui est un des aspects les plus drastiques des normes de l'USEPA, dans la plupart des cas il est imposé une norme en chlore résiduel de 1 mg/l (Massena, 2001).

III.11.2. La législation Algérienne

III.11.2.1. Le contexte réglementaire

La réglementation algérienne est assez succincte concernant la réutilisation des eaux usées épurées. Les textes de la loi n° 05/12 du 04 Août 2005 relative à l'eau sont :

Art. 2.- Les objectifs assignés à l'utilisation, à la gestion et au développement durable des ressources en eau visent à assurer :

-la préservation de la salubrité publique et la protection des ressources en eau et des milieux aquatiques contre les risques de pollution à travers la collecte et l'épuration des eaux usées domestiques et industrielles ainsi que des eaux pluviales et de ruissellement dans les zones urbaines.

Art. 4.- Les eaux usées épurées et utilisées dans un but d'utilité publique font partie du domaine public hydraulique naturel.

Art. 43.- conformément aux dispositions des articles 48 à 51 de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El-Oula 1424 correspondant au 19 Juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, les milieux hydriques et les écosystème aquatiques doivent être protégés de toute forme de pollution susceptible d'altérer la qualité des eaux et de nuire à leurs différents usages.

Art. 46.- Sont interdits :

-tout déversement ou rejet d'eaux usées e toute nature dans les puits, forages, galerie de captage, fontaines et abreuvoirs publics, oueds à sec et canaux.

Art. 52.- Les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées sont fixées par voie réglementaire en prenant en compte notamment les critères relatifs aux agglomérations, aux possibilité d'utilisation des eaux épurées, aux risques de contamination et de pollution.

Art. 77.- Sont soumises au régime de la concession d'utilisation des ressources en eau, les opérations portant sur la réalisation d'infrastructures destinées à l'utilisation d'eaux usées épurées pour des usages agricoles individuels ou collectifs ou pour des usages industriels.

Art. 82.- Les cahiers de charges portant sur la concession d'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation de certaines cultures ou l'arrosage d'espaces vert doit tenir compte des mesures préventives liées aux risques sanitaires et aux impacts sur l'environnement.

Art. 93.- Des aides et soutiens de toute nature peuvent être accordés aux personnes physiques ou morales, de droit public ou privé, qui initient et mettent en œuvre des opérations portant notamment sur l'utilisation des eaux usées épurées en vue de valoriser les eaux traitées.

Art. 130.- L'utilisation des eaux usées brutes pour l'irrigation est interdite. (Journal officiel de la république Algérienne n° 60, 2005).

II.11.2.2. Normes de la qualité de l'eau

L'eau est le fluide vital de la vie sur terre et constitue un aliment fondamental, assez rare dans notre pays, qu'il faut protéger contre toute forme de pollution. La préservation de ce facteur exige un contrôle continu pour le comparer avec les normes nationales (tableau 08).

Tableau II-10: Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Groupe des Cultures à irriguer	Critères de qualité microbiologiques	
	Nématodes (oeufs / L) (moyenne arithmétique)	Coliformes Fécaux (CFU / 100 ml) (moyenne géométrique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	Absence	< 100
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	< 0.1	< 250
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	< 1	Seuil recommandé < 1000
Cultures du groupe précédent (CFU/10 0ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	Pas de norme recommandée	1000

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombe 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.

Tableau II-11 : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

	Paramètres	Unité	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	-	6 < pH < 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR =		
	0-3 CE	ds/m	0.2
	3-6		0.3
	6-12		0.5
12-20	1.3		
20-40	3		
Chimiques	DBO ₅	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (NO ₃ -N)	mg/l	30
	Bicarbonates (HCO ₃)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Béryllium	mg/l	0.5
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Bore	mg/l	2.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

(*) : Pour type de sols á texture fine, neutre et alcalin

Tableau II-12 : Recommandations microbiologiques de l'OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l'irrigation (OMS., 1989).

Catégorie	Conditione réalisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux a (nbre, d'œuf/litre) moyenne arithmétique	Coliformes intestinaux (nbre/100 ml) moyenne géométrique	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics	Ouvriers agricoles consommateurs, public	< =1	< = 1000d	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	< =1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8-10 jours ou tout autre procédé d'élimination des Helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

II.12. Conclusion

L'évolution de la réutilisation des eaux usées a connu et connaît encore à l'heure actuelle différentes phases en fonction des intérêts mis en jeu, qu'ils soient économiques, sanitaires, socioculturels ou environnementaux. Elle est liée aux développements de l'ingénierie des eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau.

Actuellement, les possibilités de réutilisation des eaux usées sont très larges, quand la qualité est en adéquation avec l'usage.

CHAPITRE III

PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE

III.1 Introduction

Le choix d'un système de traitement des eaux usées dans les pays en voie de développement est subordonné à plusieurs critères dont le plus important est le rendement épuratoire du système. La station d'épuration à lagunage aéré de la ville d'El-oued répond-elle à ce critère?

Les bactéries aérobies qui se trouvent dans la lagune d'aération à lagunage aérée consomment l'oxygène dissous dans le milieu pour l'oxydation de la matière organique de l'eau usées. L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu.

Il a permis d'obtenir de fortes réductions de tous les paramètres caractérisant la charge organique: DBO₅, DCO et MES. Parallèlement à cette réduction satisfaisante de la substance nutritive.

Nous présentons dans ce chapitre, l'étude de la station d'épuration à lagunage aérée de **Sidi Aoune** (El-Oued –Algérie-).

III.2 Présentation de la région d'étude

III.2.1 Situation géographique de la wilaya d'El-Oued

La wilaya d'étude se situe au Sud-Est du pays à une distance de 630 km de la capitale Alger. Elle est comprise entre 33° et 34° de latitude Nord et 6° et 8° de longitude Est. La région d'El-oued appartient au Sahara septentrional de l'Erg oriental.

Au plan administratif, la wilaya d'El-oued comporte 10 daïras et 22 communes, elle est limitée par:

- La wilaya de **Tebessa, Khenchela et Biskra** au Nord.
- La wilaya d'**El M'Ghair** et de **Touggourt** au -ouest.
- La wilaya d'**Ouargla** au Sud.
- La frontière **tunisienne** à l'Est.

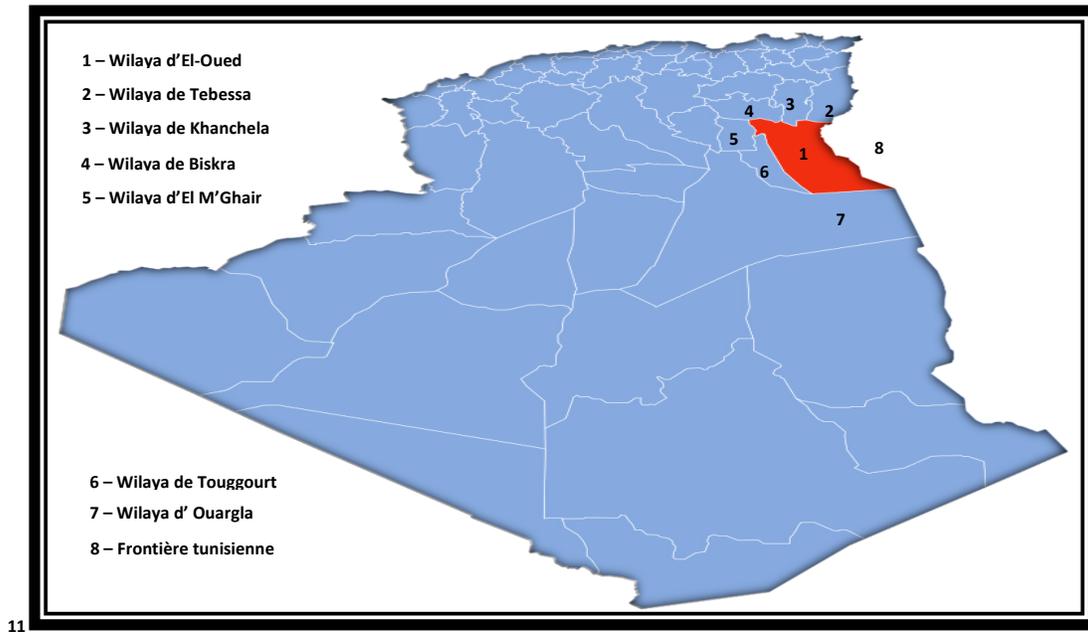


Figure N° III. 10: situation de la wilaya d'El-Oued (Wikipédia, 2019)

III.2.2 Situation Géographique de la ville de SIDI AOUNE

SIDI AOUNE est l'une des municipalités de la wilaya d'EL-Oued situé au Nord de la vallée du Souf (Figure N° 01), qui appartiennent au groupe et de la Vallée sera oasis. Elle occupe une superficie de 480 Km², elle est loin du siège du département d'État d'environ vingt kilomètres, elle est située sur 52 m au-dessus du niveau de la mer,

En effet, elle représente une élévation vers le sud. Tandis qu'elle est la baisse dans le Nord (D.U.C, 2003).

Elle est limitée par : (Figure N° 02)

- Au Nord : commune de **Hamraia**.
- Au Sud : commune de **Hassani Abd Elkarim**
- A l'Est : commune de **Magrane** .
- A l'Ouest : commune de **Guemar (D.U.C, 2003)** .

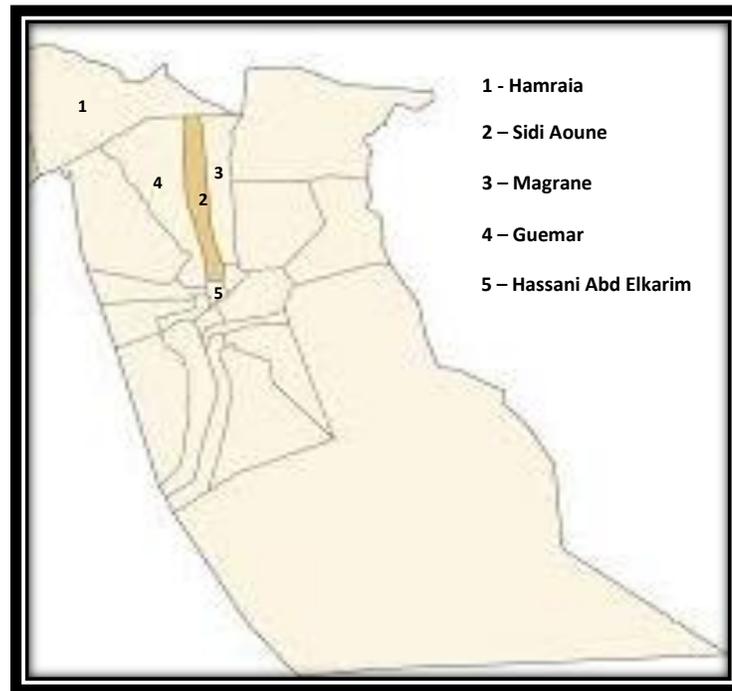


Figure III. 11: situation de la ville de **SIDI AOUNE**

III.2.3 Facteurs climatiques

Au sein des facteurs climatiques, les plus importants sont les températures et les pluviométries. Cependant, compte tenu des particularités d'altitude et de topographie de la région d'étude, d'autres facteurs climatiques tels que le vent sont pris en considération.

III.2.3.1 Températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 2003**).

La saison très chaude dure 3,2 mois, du 6 juin au 13 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 35 °C. Le jour le plus chaud de l'année est le 5 août, avec une température moyenne maximale de 40 °C et minimale de 27 °C.

La saison fraîche dure 3,5 mois, du 20 novembre au 6 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 21 °C. Le jour le plus froid de l'année est le 12 janvier, avec une température moyenne minimale de 5 °C et maximale de 16 °C.

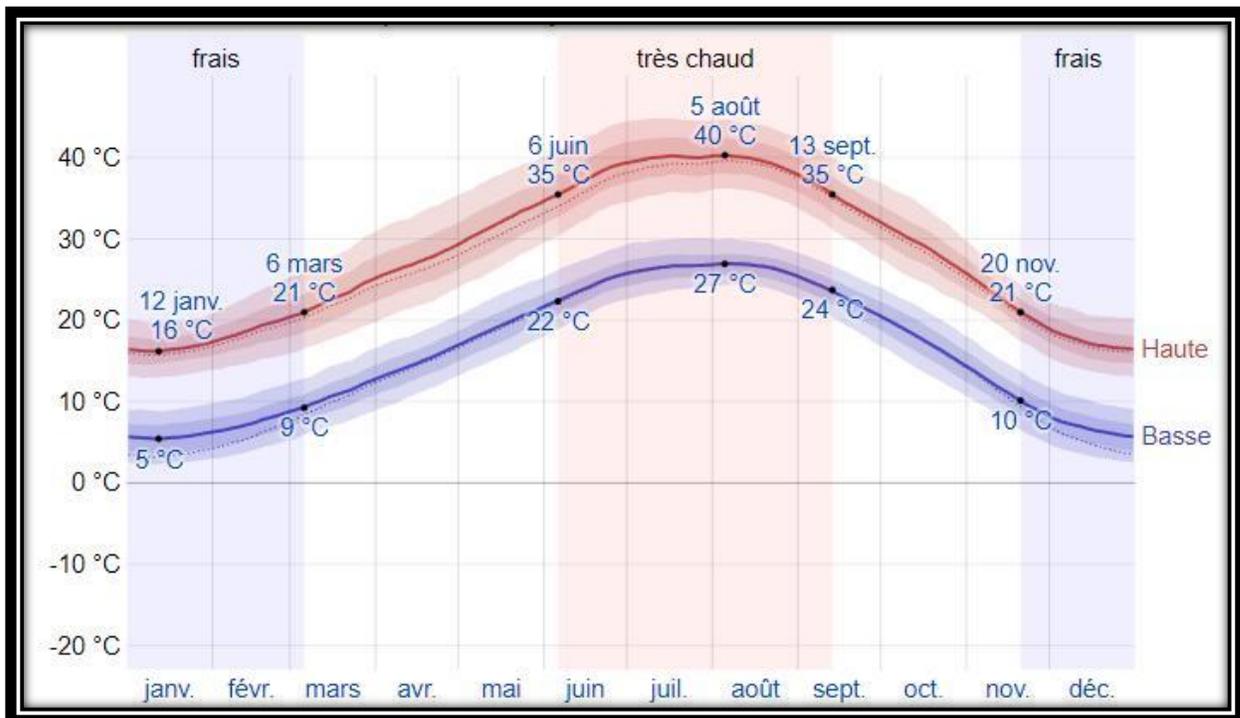


Figure III. 12: La température maximal et minimale de Souf (Saprweather, 2018)

❖ Oued Souf, les étés sont caniculaires, aride et dégagé et les hivers sont frisquet, sec et dégagé dans l'ensemble. Au cours de l'année, la température varie généralement de 5 °C à 40 °C et est rarement inférieure à 2 °C ou supérieure à 45 °C.

En fonction du score de plage/piscine, les meilleurs moments de l'année pour visiter Oued Souf pour les activités estivales sont de fin avril à fin juin et de début septembre à mois octobre.

III.2.3.2 Humidité

Nous estimons le niveau de confort selon l'humidité sur le point de rosée, car il détermine si la transpiration s'évaporera de la peau, causant ainsi un rafraîchissement de l'organisme. Les points de rosée plus bas sont ressentis comme un environnement plus sec et les points de rosée plus haut comme un environnement plus humide. Contrairement à la température, qui varie généralement considérablement entre le jour et la nuit, les points de rosée varient plus lentement. Ainsi, bien que la température puisse chuter la nuit, une journée lourde est généralement suivie d'une nuit lourde.

Oued Souf connaît des variations saisonnières modérées en ce qui concerne l'humidité perçue. La période la plus lourde de l'année dure 3,0 mois, du 16 juillet au 17 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 4 % du temps.

Le jour le plus lourd de l'année est le 13 septembre, avec un climat lourd 14 % du temps. Le jour le moins lourd de l'année est le 10 décembre, avec un climat lourd quasiment inexistant.

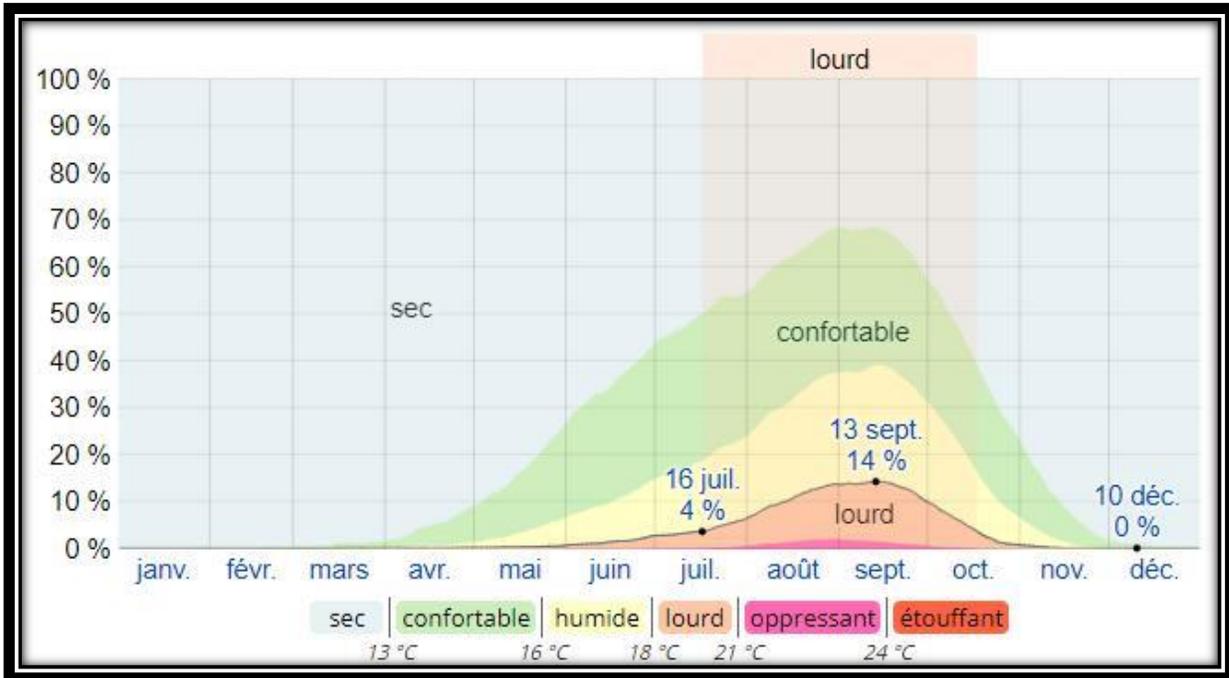


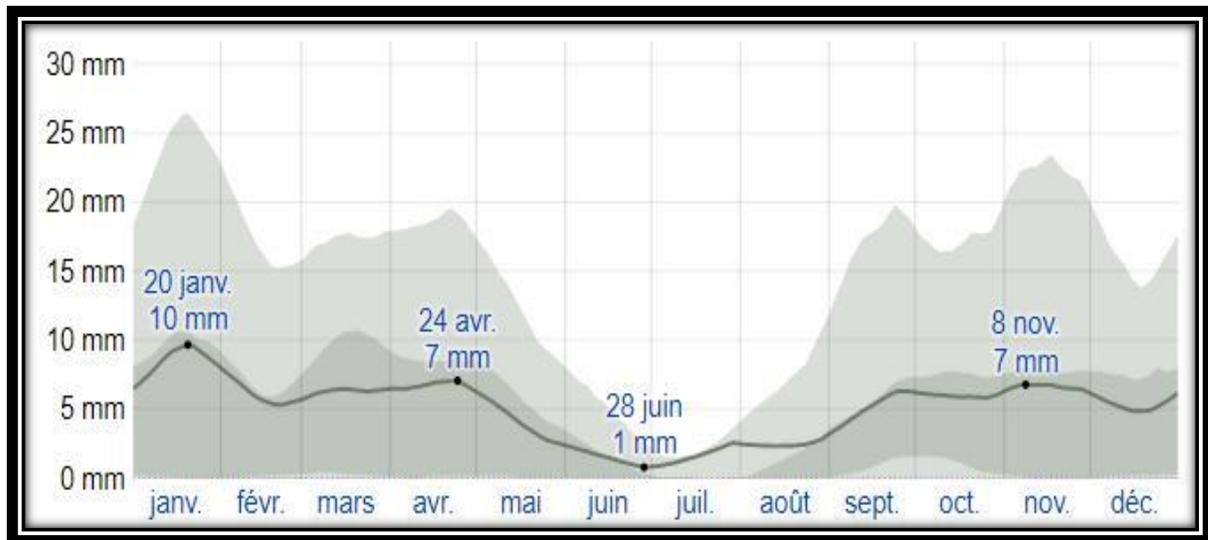
Figure III. 13 : L'humidité relative de Souf (Saprweather, 2018)

III.2.3.3 Pluie

Pour montrer la variation au cours des mois et pas seulement les totaux mensuels, nous montrons l'accumulation de pluie au cours d'une période glissante de 31 jours centrée sur chaque jour de l'année. Oued Souf connaît des variations saisonnières modérées en ce qui concerne les précipitations de pluie mensuelles.

Chutes de pluie au cours de l'année à Oued Souf. La plus grande accumulation de pluie a lieu au cours des 31 jours centrés aux alentours du 20 janvier, avec une accumulation totale moyenne de 10 millimètres.

La plus petite accumulation de pluie a lieu aux alentours du 28 juin, avec une accumulation totale moyenne de 1 millimètre.



III.2.3.4 Les Précipitations

Oued Souf connaît une variation saisonnière minime en termes de fréquence des jours de précipitation (c'est-à-dire les jours connaissant une précipitation d'eau ou mesurée en eau supérieure à 1 millimètre).

La fréquence varie de 0 % à 6 %, avec une valeur moyenne de 3 %.

Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux. En fonction de ce classement, la forme de précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 6 % le 26 septembre.

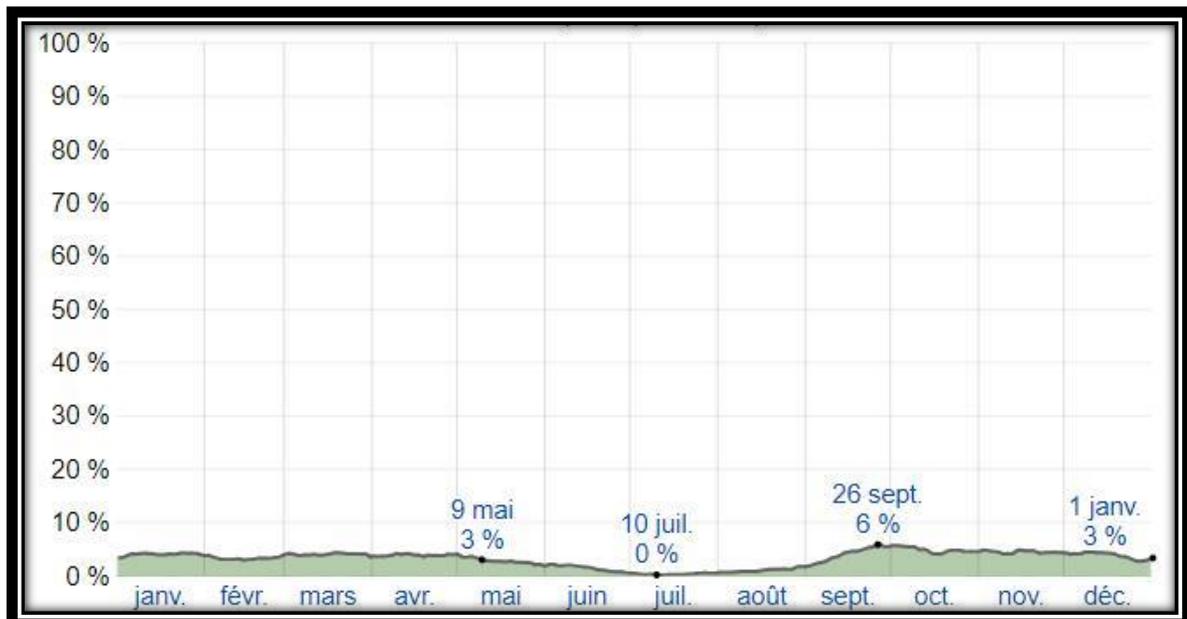


Figure III. 14 : La fréquence de précipitation de Souf (Saprweather, 2018)

III.2.3.5 Vent

Nadjah (1971), les vents sont fréquents et cycliques ; leur direction dominante est variable suivant les saisons. Le « Dahraoui », vent du Nord-Ouest-Sud-Est, sévit surtout au printemps. Le « Bahri » d'orientation Est-Nord, se manifeste de fin août à mi-octobre, la plus fréquemment.

En fin, Le « chihili » ou sirocco, vent du Sud, domine pendant tout l'été. La sécheresse des végétaux, la déshydratation des individus et la présence d'électricité dans l'air lui sont imputables toutes les manifestations nocturnes du « Bahri » atténuent les méfaits du sirocco.

Le vent observé à un emplacement donné dépend fortement de la topographie locale et d'autres facteurs, et la vitesse et la direction du vent instantané varient plus que les moyennes horaires.

La vitesse horaire moyenne du vent à Oued Souf connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année.

La période la plus venteuse de l'année dure 4,3 mois, du 17 mars au 27 juillet, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 14,8 kilomètres par heure. Le jour le plus venteux de l'année est le 9 juin, avec une vitesse moyenne du vent de 17,2 kilomètres par heure.

La période la plus calme de l'année dure 7,7 mois, du 27 juillet au 17 mars.

Le jour le plus calme de l'année est le 30 octobre, avec une vitesse moyenne horaire du vent de 12,3 kilomètres par heure.

La direction horaire moyenne principale du vent à Oued Souf varie au cours de l'année.

Le vent vient le plus souvent de l'Est pendant 7,8 mois, du 11 mars au 4 novembre, avec un pourcentage maximal de 69 % le 6 juillet. Le vent vient le plus souvent de l'ouest pendant 4,2 mois, du 4 novembre au 11 mars, avec un pourcentage maximal de 45 % le 1 janvier.

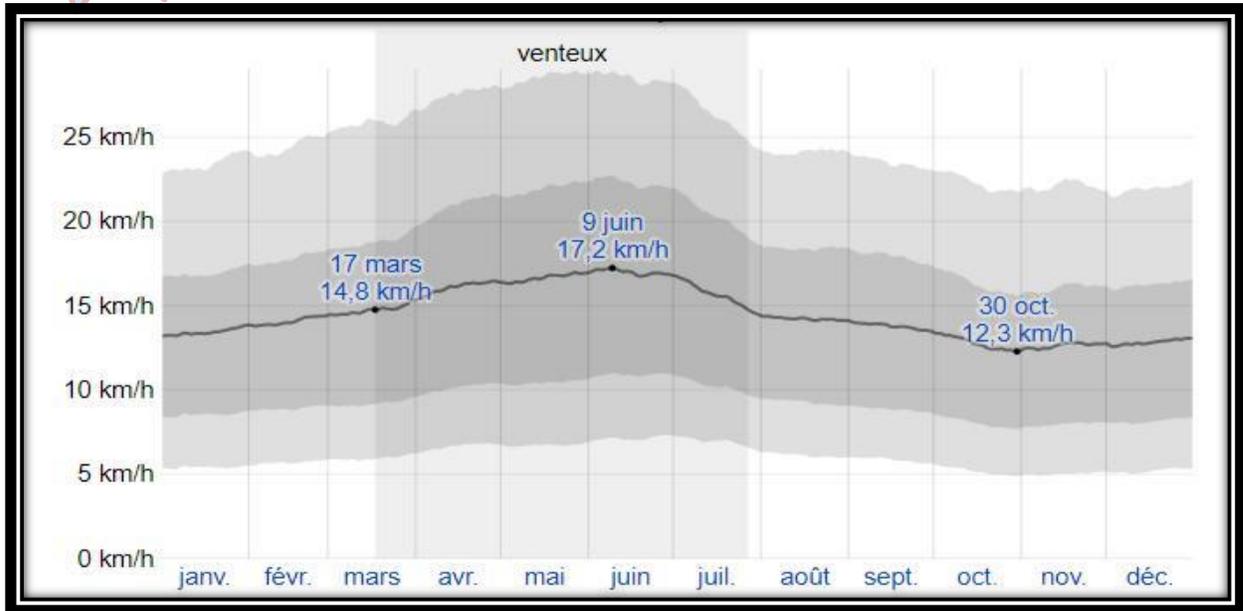


Figure N° III. 15 : la vitesse de vent dans la Souf (Saprkweather, 2018)

III.2.4 Situation géographique de la station d'épuration

La station d'épuration des eaux usées sert à collecter les eaux usées des communes Sidi Aoune, Magrane, Hassi khalifa.

Le site d'implantation de la station d'épuration est situé au Nord-Ouest de Sidi Aoun sur d'anciennes carrières de gypse

Cette station occupe une superficie de l'ordre de 16 hectare, permet de répondre aux besoins fonciers.

La forme géométrique du site s'apparente à un rectangle, orienté sud-nord, dont les dimensions sont: La forme géométrique du site s'apparente à un rectangle de 550 à 600 m de large et de 700 m de long, orienté Sud – Nord.

Actuellement, le site est inoccupé. A l'avenir, il conviendra de veiller à ce qu'aucun développement de l'occupation du sol n'ait lieu sur cette zone compte tenu de leur utilisation ultérieure.

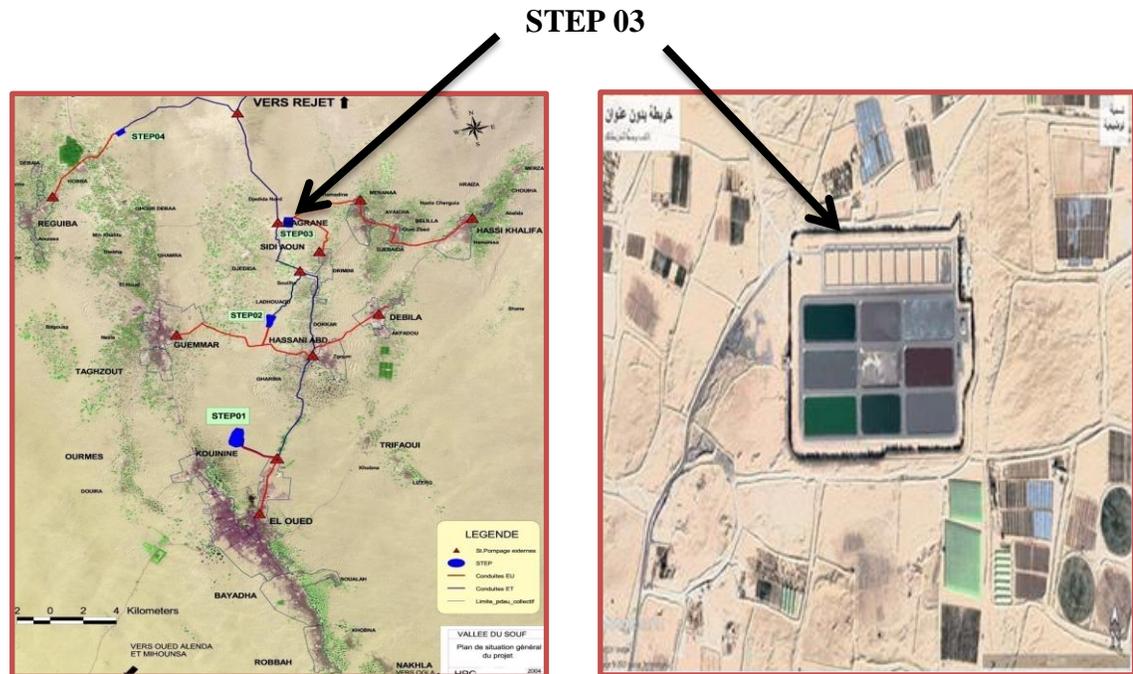


Figure N° III. 16: Situation géographique de la station d'épuration **STEP 03**

III.3. Site de l'étude

La station d'épuration de lagunage aérée de Sidi Aoune STEP 03, raccordée aux communes, Sidi Aoune, Magrane, Hassi khalifa.

Elle a été mise en service en Juillet 2009. Elle est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire, elle vise à traiter un effluent d'eaux usées domestiques d'un débit moyen de dimensionnement de 13011 m³/j correspond à 72286 Eq/ha environ pour les horizons 2030, mais le débit actuel moyen est de 3733 m³/j.

Ce système comprend trois étages en série ; les deux premiers sont aérés, le 3ème est un bassin de finition (lagune de décantation) avant son rejet dans le milieu naturel (Schéma 04).

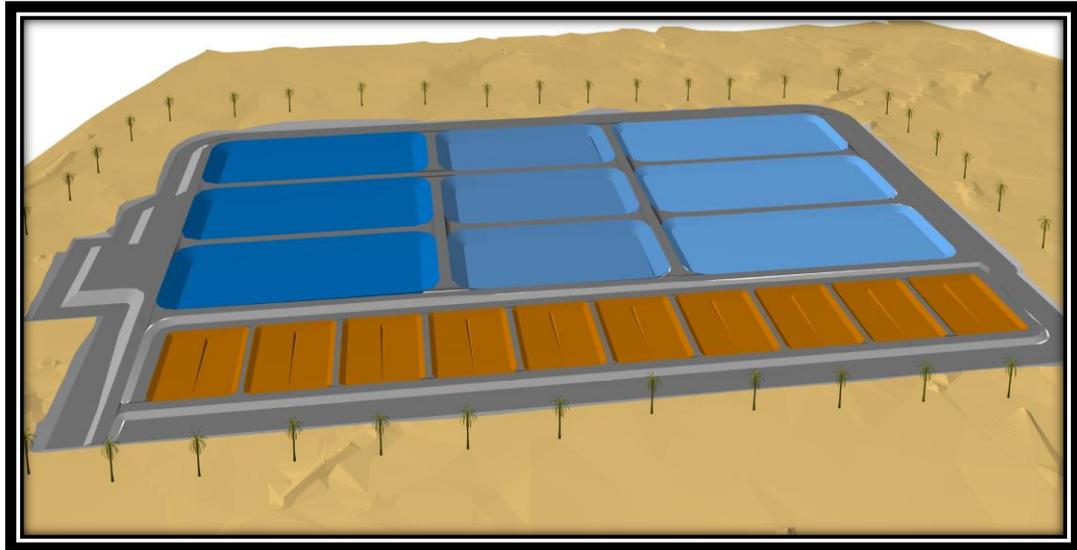


Figure N° III. 17: Schéma de la station d'épuration n ° 03 à Sidi Aoune

III.3.1 Présentation de la station d'épuration STEP 03

La station d'épuration des eaux usées n°3 (STEP 03) est celle de type lagunage aérée. Qui composée de six lagunes aérées réparties en deux étages de traitement et de trois lagunes de finition (3^{ème} étage), d'un ouvrage de prétraitement (dégrillage, dessaleur), de 9 lits de séchage des boues d'épuration et de bâtiment d'exploitation, ainsi que le montage des équipements hydromécaniques et électriques.

Notre étude permettra notamment de déterminer le pouvoir épurateur physico-chimique et biologique des eaux de les 03 commune Sidi Aoune, Magrane et Hassi khalifa par la station d'épuration de Sidi Aoune (STEP 03).

III.3.2 Description de la STEP 03

Station d'épuration des eaux usées à lagunage aéré est conçue pour desservir les communautés de: Sidi Aoune, magrane et hassi khalifa. La population totale de ces communiantes actuellement d'environ 91635 habitants. La pleine capacité de la station d'épuration sera atteinte en 2030.

Le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunes aérées, et comprend les étapes principales ci-après:

- Prétraitement avec dégrillage et dessablage longitudinal.
- Bassins d'activation primaire (étape 1 avec 3 lagunes aérées en parallèles).
- Bassins d'activation secondaire (étape 2 avec 3 lagunes aérées en parallèles).
- Bassins de traitement d'affinage ou maturation (3 lagunes de post-traitement en parallèles).
- Traitement de boues (9 lits de séchage des boues).

III.4 Procédés d'épurations des eaux usées dans la station

III.4.1. Prétraitement

Le prétraitement comporte les éléments suivants:

III.4.1.1. Dégrillage automatique

Construit en béton, avec deux chambres et dégrillage grossier dans le courant principal de l'eau usée ainsi qu'une chambre pour le by-pass de secours lors des pannes du dégrillage.

Les eaux usées traversent d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, espacement entre barreaux 20 mm retiennent les éléments les plus grossiers, après les grilles nettoyer par un système à racleur motorisé dont l'action automatisée est déclenchée par un capteur de niveau spécialement conçu qui surveille en permanence la différence entre le niveau d'eau en amont et en aval sur la grille, une fois que les débris ont été recueillis et soulevés par le racleur, ils sont chargés dans une cuve horizontale, au moyen d'un transporteur à vis horizontal et sans arbre, ces débris sont ensuite déposés dans un conteneur à déchets.

Caractéristique dégrilleur	
Débit de pointe en entrée de station	350l/s
Ecart inter barreaux	20 mm
Diamètre d'un barreau	10 mm
Inclinaison de la grille	60°
Nombre de grilles automatiques	2
Largeur grille automatique	1.75 m
Nombre de grilles manuelles	1
Largeur grille manuelle	3.5
Inclinaison	60°
Longueur des grilles	1m
Tirant d'eau	0.5m
Hauteur ouvrage	1.25m





Figure N° III. 18: Dégrillage.

III.4.1.2. Dessablage statique

Construit en béton, avec trois chambres. Dans cette zone, le sable contenu dans les eaux usées est décanté grâce à une réduction de la vitesse d'écoulement et grâce à la force gravitaire.

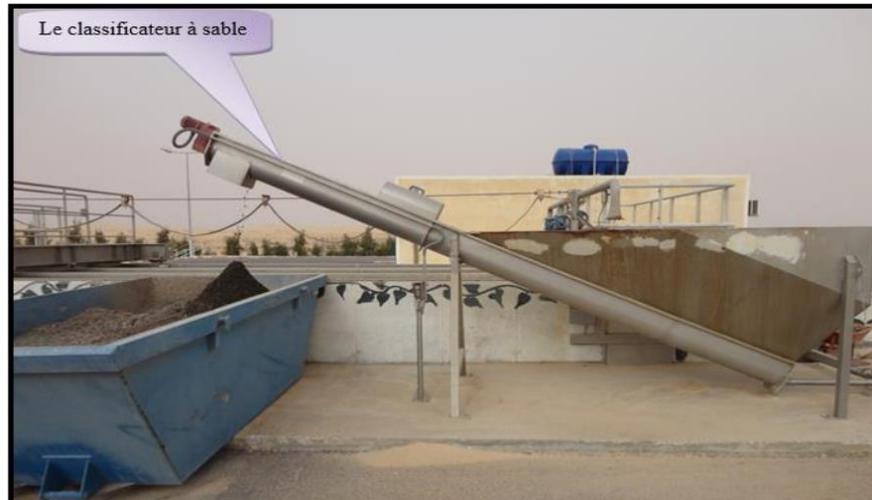
Ces particules sont ensuite aspirées par un racleur avec moteur électrique et des pompes d'aspiration avec suspension flexible (pompes à moteur submersibles), le mélange sable eau s'écoule par les conduites en acier du pont racleur vers le conduit en acier, monté sur la paroi extérieure du dessablage et puis vers la classification à sable pour la déshydratation.

Caractéristique Dessablage	
Type de dessableur	canal statique
Nombre de canaux principaux	2
Canal de secours	1
Nombre total de canaux	3
Tirant d'eau = lame déversante	0,44 m
Hauteur de l'ouvrage	1,00 m
Surprofondeur aval	0,20 m
Largeur d'un canal	2,0 m
Longueur d'un canal	5,7 m



Figure N° III. 19: Dessablage.

Le classificateur à sable est un appareil qui s'installe idéalement sur les purges de déssableurs en stations d'épuration. Il a pour but de séparer le mélange sable-eau (Figure 15). La faible vitesse de rotation de la vis (5 tr/min) permet une reprise efficace des sables et un meilleur égouttage du produit final.



III.4.1.3. Ouvrage de répartition

Disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage.

Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques, de 1,50 m de largeur, munis de obstacles pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service (ONA, 2019).



Figure N° III. 20: Répartiteur vers les bassins d'aération.

III.4.2. Traitement secondaire des eaux usées

A la suite de ces prétraitements, les eaux à traiter subissent un traitement par le système de lagunage aéré.

Cette étape est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition.

III.4.2.1. Lagunes d'aération (première étape)

Suite à l'alignement des vannes des conduites du répartiteur, l'eau usée à traiter biologiquement s'écoule par les conduites et répartie de manière homogène. Le traitement biologique d'eau consiste des trois lagunes aérées (A1, A2, A3) de la même taille et conception.

Pour assurer une réduction efficace de la pollution biologique (DBO) et chimique (DCO). A l'intervention des micro-organismes et l'oxygénation que fournir par 07 aérateurs dans chaque lagune, pour attendre dégradation de pollution organique entre 70-80 %. Selon le bilan global suivant:



Etage aéré 1	
Surface à demi hauteur étage 1	2,6 ha
Volume étage 1	78 000 m ³
Nombre de bassins	3 u
Volume par bassin	26 000 m ³
surface mi-hauteur par bassin	0,9 ha
hauteur d'eau	3,0 m
Nombre d'aérateurs par bassins	7 u
Puissance unitaire d'un aérateur	11,5 KW
Puissance total par bassin	242 KW



Figure N° III. 21: Lagune aérée.

III.4.2.2. Lagunes d'aération (deuxième étape):

Le fonctionnement de la deuxième étape d'aération est identique à la première. Mais pour la dégradation de la charge restante d'environ 20-30 % assuré par 3 pièces d'aérateurs ont été installées dans chaque lagune (ONA, 2019).

Étage aérée 2	
Surface à demi hauteur étage 2	1,7 ha
Volume étage 2	52 000 ha
Nombre de bassins	3 u
Volume par bassin	17 333 m ³
surface mi-hauteur par bassin	0,6 ha
hauteur d'eau	3,0 m
Nombre d'aérateurs par bassins	3 u
Puissance unitaire d'un aérateur	11,5 KW
Puissance total par bassin	104 Kw



Figure N° III. 22: Aérateur

III.4.3. Traitement complémentaire (lagune de finition)

Les lagunes de finition ont été conçues et construites selon le même système que les lagunes aérées 1 et 2 et son pris les dimensions suivantes:

Les lagunes de finition ou de traitement final, ont été construites pour améliorer la qualité de l'eau usée traitée biologiquement, en majeure partie des matières dégradables est retenue dans les lagunes de l'étape 1 et 2. Voilà pourquoi le dépôt des boues dans les lagunes de traitement de finition augmente juste lentement. Les écarts de temps jusqu'au raclage des boues peuvent ainsi être prolongés par rapport aux lagunes aérées. Selon une estimation approximative, on peut assurer une fréquence de raclage de 8-10 ans. L'eau usée clarifiée biologiquement est dirigée vers l'émissaire (ONA, 2019).

LAGUNE FINITION	
Profondeur	1,5 m
volume total	39 033 m ³
Surface totale à mi-hauteur	2,6 ha
Nombre de bassins	3 u
Volume par lagune	13 011 m ³
surface à mi-hauteur par lagune	0,9 ha



Figure N° III. 23: Lagune de finition

III.4.4. Décharge des boues

- **Lit de séchage des boues**

Construire 9 lits de séchage est remplis des graviers de différente granulométrie et couverts du sable comme couche de couverture.

Conçues comme bâches terrestres avec revêtement en feuille, tuyaux perforé de drainage pour la déshydratation et des rampes d'accès pour la décharge de la boue sèche.

Pour le raclage de la boue déposée au radier des lagunes d'eau usée, un racleur de boue avec une pompe à piston rotatif aspire le mélange boue-eau et le transmet par une conduite de refoulement flexible, la boue pompée s'écoule par la suite vers les lits de séchage. Elle stockée dans les lits de séchage et déshydratée dans les conditions naturelles. Dans les conditions climatiques locales on peut assumer un temps de séjour d'environ 15-18 jours. Ainsi, on atteint un taux de matière sèche de 400-450kg/m³ (ONA, 2019).

LIT DE SECHAGE	
Hauteur de remplissage de lits	0,5 m
Surface total	16 250 m ²
Surface unitaire du lit de séchages	2 000 m ²
Nombre de lit à prévoir	9 u



Figure N° III. 24: Lit de séchage des boues.

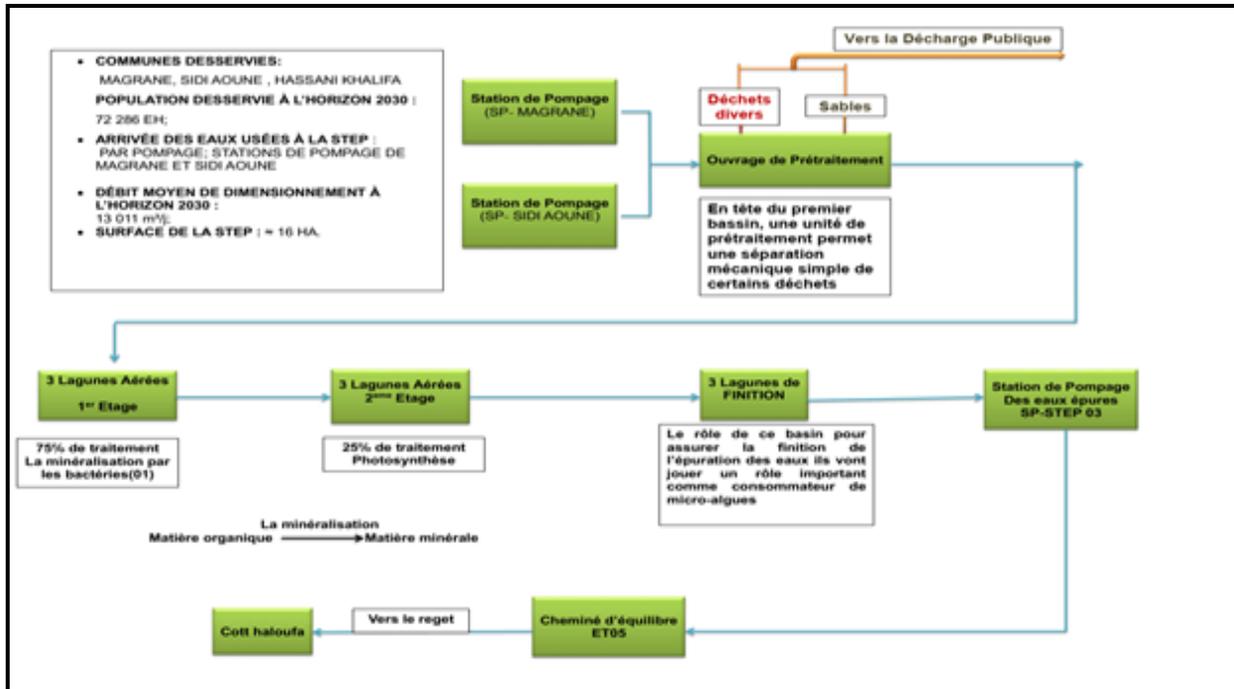


Figure N° III. 25: type de traitement.

III.5. Les échantillonnages

III.5.1. Echantillonnage des eaux

Des prises d'échantillons sont effectuées à l'entrée et à la sortie de la station par un dispositif d'échantillonnage fonctionnant de manière proportionnelle au débit (figure16). Ce préleveur assure pour une période de 24 heures un mélange d'échantillons représentatif à l'entrée de la station de lagunage pour l'eau brute et à la sortie pour l'eau épurée.



Figure N° III. 26: Préleveur Automatique

III.5.2. Méthodes d'analyses

III.5.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H^+ ; c'est le pH (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

$$\text{PH} = \log 1/ [\text{H}^+]$$

Le paramètre pH joue un rôle important dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) et l'efficacité de certains procédés de traitement. Ainsi, l'épuration biologique est possible lorsque le pH = 6,5 à 8,5, un pH différent est l'indice d'une pollution industrielle (DEGREMONT, 1978).

Dans les stations d'épuration étudiées le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre qui affiche les valeurs directement après l'immersion d'une électrode spécifique de pH dans l'échantillon (figure17).



Figure N° III. 27 : pH mètre

III.5.2.2. Température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique, aussi un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C (Rodier et al, 2005). La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil Oxymètre.

III.5.2.3. Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. La conductivité électrique d'une eau augmente avec la teneur en sels électrolytables dissous, la valeur de la conductivité est lue directement sur le conductimètre (figure 18).



Figure N° III. 28: Conductimètre

III.5.2.4. Matières en suspension (MES)

Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres. Nous suivons les étapes suivantes :

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable du filtre tare vide en (g).
- Prendre une fiole de 100 ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre tare séché en (g).

$$MES = \frac{\text{tare séché} - \text{tare vide}}{\text{Volume}}$$

On calcule le MES par l'équation suivante :

Etuve à 105°C



Dessiccateur



Filtration sous vide



Balance



Figure N° III. 29: Appareils de mesure des matières en suspension (MES)

III.5.2.5. Oxygène dissous (O_2)

La mesure de l'oxygène dissous s'effectue par la méthode électrochimique sur un oxymètre qui sur un échantillon d'eau à analyser de 100 ml affiche la teneur soit en concentration (mg d' O_2 /l) soit en pourcentage de saturation en oxygène. La figure 24 présente l'oxymètre.

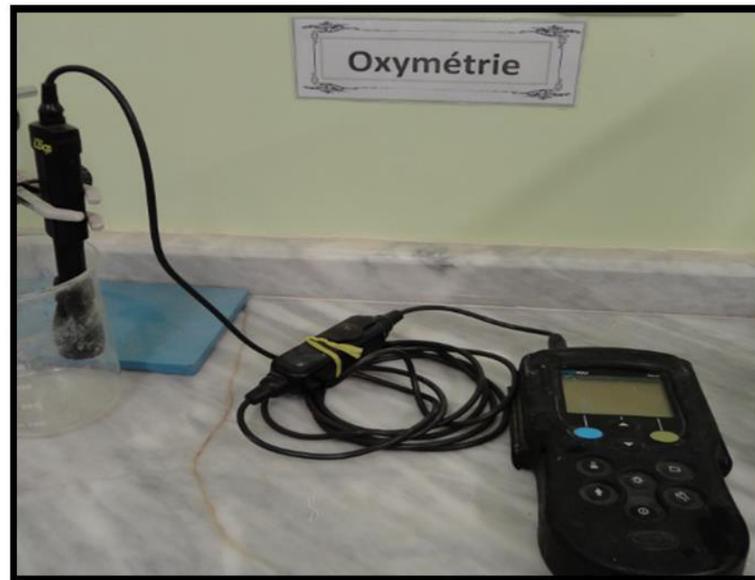


Figure N° III. 30: Oxymètre

III.5.2.6. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

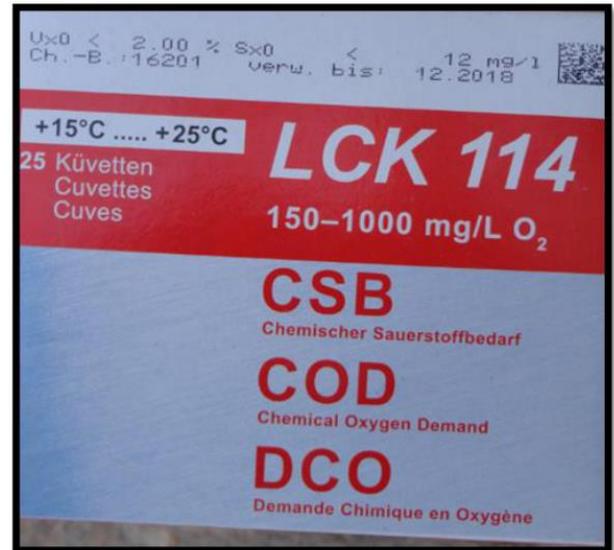
Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium. Pour atteindre la teneur de DCO, nous suivons les étapes suivantes :

- ❖ Agiter le tube à essai pour amener le résidu en suspension.
- ❖ Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO ; LCK 114 et LCK 314.
- ❖ Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté.
- ❖ Mélanger énergiquement le contenu de tube. Toujours saisir le tube par son bouchon.
- ❖ Chauffer le tube pendant 120 minutes à $148^{\circ}C$ dans le thermo réacteur portoir.
- ❖ Retirer le tube brulant du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir.
- ❖ Au bout de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes). Ne pas refroidir à l'eau froide
- ❖ Mesurer la teneur de DCO de l'échantillon dans le spectrophotomètre DR2800.

❖ Réactif DCO LCK 314



Réactif DCO LCK 114



Thermo-réacteur



Spectrophotomètre DR2800

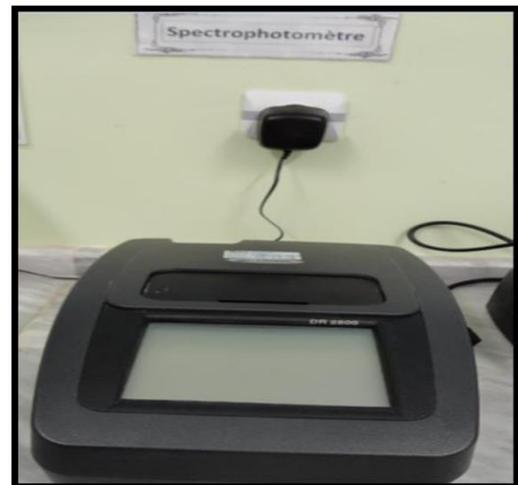


Figure N° III. 31: Réactifs et appareils de mesure de la DCO

III.5.2.7. Demande Biologique en Oxygène (DBO₅)

Le principe de la méthode consiste à mesurer l'évolution de l'air à l'intérieur d'un flacon contenant l'échantillon. Cette évolution est directement liée à la diminution de la concentration en oxygène de l'atmosphère d'incubation.

L'échantillon d'eau est introduit dans une enceinte thermo-staée et mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant ainsi une diminution de la pression laquelle est enregistrée par le système de mesure OxiTop.

La prise d'essai dépend de la charge de l'échantillon qui varie selon une eau brute ou épurée (Tableau 01).

Tableau III.13 : Volumes de la prise d'échantillon et de l'inhibiteur de dénitrification en fonction de la DBO₅.

Volume de d'échantillons	DBO₅ prévu mg/L	Facteur	Gouttes d'inhibiteur dénitrification
432	0-40	1	9
365	0-80	2	7
252	0-200	5	5
164	0-400	10	3
97	0-800	20	2
43.5	0-2000	50	1
22.5	0-4000	100	1

Pour prévoir la valeur de DBO₅, on applique la corrélation suivante :

DBO₅ devrait être proche de 50 % de la valeur de la DCO.

- ✓ Mesurer pour la bouteille marron le volume correspondant à la DBO₅ prévu (voir tableau 01).
- ✓ Mettre un agitateur magnétique dans chaque bouteille.
- ✓ Ajouter le réactif inhibiteur de nitrification (voir tableau 01).
- ✓ Mettre le bouchon en caoutchouc.
- ✓ Mettre 2 comprimés d'hydroxyde de sodium dans la capsule
- ✓ Vissez l'OXITOP directement sur la bouteille.
- ✓ Appuyez sur les touches S et M simultanément pendant 2 secondes jusqu'à ce que l'affichage indique "00" (à partir de la mesure).
- ✓ Mettre les pots dans l'incubateur à 20 °C, avec système d'agitation inductive, pendant 5 jours.

- ✓ Lorsque la température de fonctionnement (20 ° C) est atteinte l'OXITOP démarre automatiquement la mesure de l'oxygène consommé.
- ✓ Relever les valeurs après 5 jours
- ✓ Expression des résultants est : $DBO_5 \text{ (mg/l)} = \text{Lecteur de la valeur après 5 jours} \times \text{Facteur}$ (voir tableau 01).



Figure N° III. 32: Appareillage de mesure de la DBO5

III.5.2.8. Ortho phosphates (PO_4^{-3})

Les Ortho phosphates sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre DR 2800 avec les réactifs LCK 348 spécifiques au PO_4^{-3} .

III.5.2.9. Matières azotées

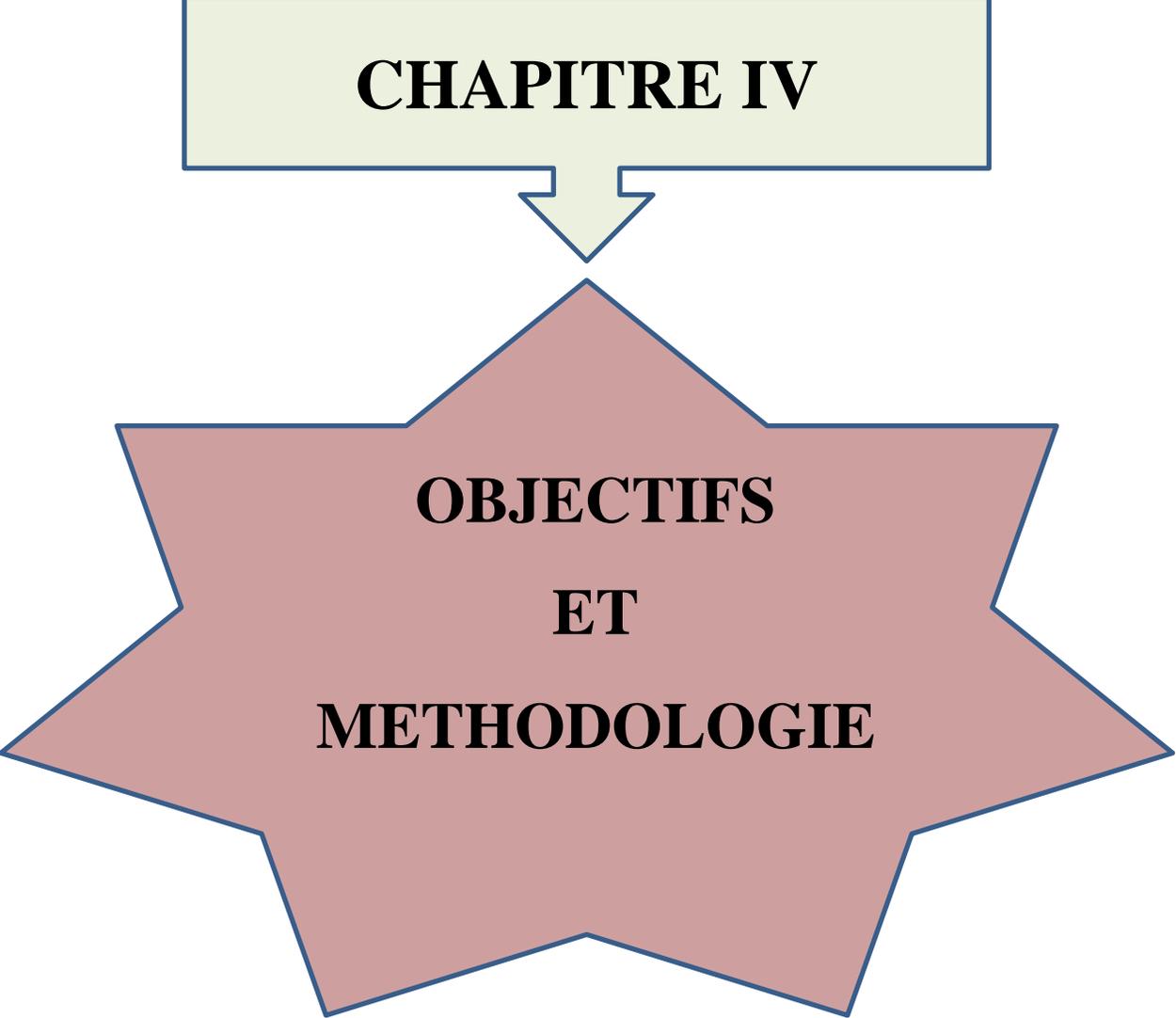
Substances issues des transformations de l'azote au cours de son cycle, par interaction avec les différents milieux aquatiques, terrestres et aériens. Par exemple, dans un bassin, les microorganismes (cyanobactéries et bactéries) vivant en symbiose avec les plantes favorisent la transformation de l'azote en ammonium. De même, certaines bactéries sont à l'origine de la nitrification, réaction d'oxydation permettant la transformation en nitrites (NO_2^-) puis en nitrates (NO_3^-) assimilables par les plantes.

Ils sont mesurés selon la méthode de test en tubes N5/25 (WTW) à l'aide d'un spectrophotomètre DR 2800 nécessitant des réactifs de chaque élément, LCK 339 nitrates, (NO_3^-), LCK 342 nitrites(NO_2^-), l'azote Kjeldahl (LCK 138/238) et azote ammoniacal (LCK338).

III.6 conclusion

Dans ce chapitre on a prescrit la station d'épuration à étudier et les successions, de l'étape d'épuration, puis on a expliqué le principe et les caractéristiques de lagunage aérée et finalement les différents facteurs agissant sur le pouvoir épurateurs et présenté quelques méthodes d'analyses de quelques paramètres d'intérêt de la réutilisation faite dans le laboratoire de la station d'épuration N° 03.

CHAPITRE IV



**OBJECTIFS
ET
METHODOLOGIE**

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons donner le protocole expérimental d'implantation, ainsi que les différentes méthodes de caractérisation des eaux épurées utilisées à l'irrigation des périmètres préparés.

IV.2. La plante étudiée

Portulaca oleracea (portulacacée) connue en Algérie sous le nom de "Bendrag" ou "EL Rejla" et que l'on retrouve dans le pourtour méditerranéen, dans le centre européen et en Afrique (**Lim & Quah, 2007**).

IV.3. Généralité sur *Portulaca oleracea* L.

Communément appelée pourpier et connue sous le nom arabe « Redjila », est l'un des genres de plantes succulentes et arbustes de la famille des Portulacacées. Elle a été mentionnée par Dioscorid dans son livre de pharmacologie de *Materia Medica* (**Osbaldeston, 2000**) sous le nom « andrachne » où il a étudié ses propriétés médicinales. Le nom *Portulaca* signifie lait, dérivé du nom latin « laca », car la plante contient un jus laiteux (**Boulos et El Hadidi, 1984**).

Portulaca oleracea L. est une mauvaise herbe cosmopolite, largement distribuée dans diverses régions du monde en raison de sa grande adaptabilité dans diverses conditions climatiques et difficiles (**Uddin et al., 2012**). La partie la plus utilisée de la plante est la partie aérienne (tige, feuille).

IV.4. Caractéristiques morphologiques de *Portulaca oleracea* L.

Portulaca oleracea L est caractérisée par:

- ✚ Une tige cylindrique, épaisse, plane, succulente et totalement glabre (figure1), souvent rougeâtre mesurant de 0.2 à 0.5m de longueur (**Akobundu, 1989; Holm et al., 1977**).
- ✚ Des feuilles opposées et parfois alternes, à pétiole mesurant entre 1 et 3mm de long (figure 1) (**Beloued, 2005**). Le limbe obovale à spatulé, épais et succulent de 0,5 à 2cm (**Grubben et Denton, 2004**). La nervure principale est marquée par une dépression longitudinale sur la face supérieure du limbe (**Bourgeois et Merlier, 1995**).
- ✚ Une racine pivotante, épaisse, mesurant entre 2 à 11cm (**Reaume, 2009**). De nouvelles racines peuvent se développer à partir des rameaux (**Bourgeois et Merlier, 1995**).
- ✚ Des fleurs axillaires et solitaires. Elles sont sessiles, de couleur jaune mesurant entre 5 à 10mm de large et 4 à 6mm de long (figure 1) (**Grubben et Denton, 2004**). Le calice est composé de 2

sépales larges avec une base soudée à l'ovaire et une partie supérieure libre mesurant de 3 à 4mm.

- ✚ Un fruit qui est une capsule déhiscente, de forme globuleuse mesurant de 4 à 8mm et contient de nombreuses graines.
- ✚ Des graines ovales, très petites et généralement de couleur noire (figure 1), orbiculaires et réniformes d'un diamètre de 0.5 à 1mm (Beloued, 2005; Grubben et Denton, 2004).

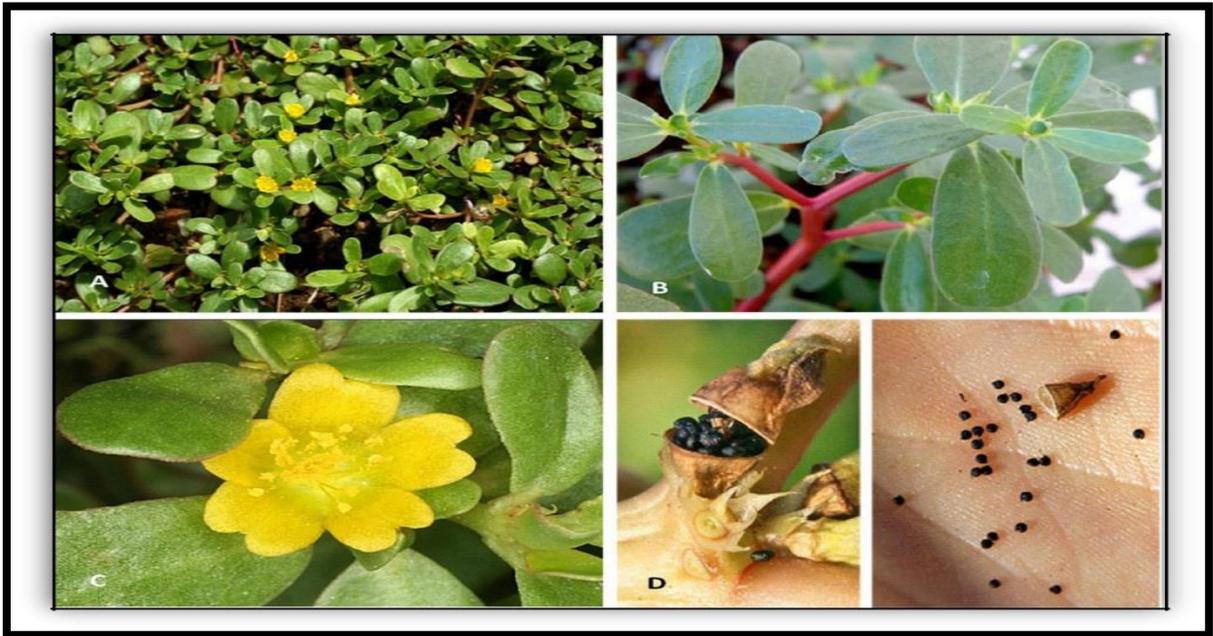


Figure IV.33. Différents organes de la plante de *Portulaca oleracea* L. (Hwess et al., 2018). A: plante, B: feuilles et tige, C: fleur, D: graines

IV.5. Habitat et répartition géographique

Portulaca oleracea L est l'une des plantes horticoles les plus répandues dans le monde. Elle se trouve dans l'Eurasie, l'Europe du sud, l'Asie occidentale, la Chine, l'Inde et dans le Sahara de l'Afrique du Nord, cela pourrait expliquer l'aspect succulent de la plante (Tutin, 1993; Hernández et Leon, 1994; Schoch et al., 1998). En Algérie, elle se trouve dans les champs cultivés, les jardins, les cultures et décombres. Communs dans le tell, les hauts plateaux, les Aurès et dans les oasis du Sud (Beloued, 2005).

Le pourpier pousse aux bords des routes, dans les secteurs déboisés et les terrains vagues, ainsi que le long des rives sablonneuses et devant les roches (Holm et al., 1977).

Cette plante tolère différentes intensités lumineuses; mais le plus élevée provoque les plus grands

rendements en poids frais et dans la croissance de l'espèce (Zimmerman, 1976). Le pourpier est sensible au froid et est détruit par des températures de réfrigération. Toutefois, les graines peuvent bien survivre dans les zones où les températures hivernales sont inférieures à 30°C. Par contre, le pourpier résiste bien à la sécheresse et pourrait continuer à accumuler la matière sèche et produire des graines, avec une légère irrigation tous les six jours (Vengris et al., 1972; Noguchi et al., 1975).

Portulaca oleracea L. croît sur différents types de sol, mais préfère les sols fertiles, riches, humides, les sols limoneux, les sols calciques et acidophiles (Miyanishi et Cavers, 1980; Häflinger et Brun-Holl, 1981). C'est une espèce halophyte, capable de croître dans des sols salés (Aronson, 1989).

Le pourpier exige des sols riches en phosphore, qui est un facteur important dans la mise en place. Il exige également des sols riches en nutriments (Ca, Mg et K) (Miyanishi et Cavers, 1980).

IV.6. Classification de *Portulaca oleracea* L

Le pourpier appartient à la famille des Portulacaceae (tableau I) qui comprend 20 genres et 500 espèces (Jones et Luchsinger, 1987).

Le genre *Portulaca* comprend plus de 100 espèces de plantes herbacées annuelles, charnues ou sarmenteuses (Bailey et Bailey, 1976). Il tient son nom du latin, *Portula* qui signifie « petite porte », à cause de la forme de l'ouverture de sa capsule. La classification botanique de *Portulaca oleracea* L. établi par Julve (2014) est donné dans le tableau I.

Tableau IV.14. Classification de *Portulaca oleracea* L.

Règne	Plantea
Sous-règne	Tracheobionta
Divison	Magnoliophyta
Classe	Magnolipsida
Sous classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Portulacaceae
Genre	<i>Portulaca</i>
Espèce	<i>Portulaca oleracea</i> L.

IV.7. Utilisation *Portulaca oleracea* L

Est connu depuis longtemps pour ses multiples usages. Les romains et d'autres peuples méditerranéens, l'ont employé comme herbe potagère depuis l'antiquité (**Foster, 1980**). Le pourpier est utilisé comme salades, auxquelles il donne un goût piquant rappelant le citron (**Gorman, 1988**).

De plus, elle a été utilisée comme médicament traditionnel pour soulager un large éventail de maladies, notamment les maladies gastro-intestinales, les problèmes respiratoires, l'inflammation du foie, les maladies rénales, les ulcères de la vessie, les fièvres, l'insomnie, les inflammations sévères, les maux de tête, etc. (**Razi, 1968; Ibn Sina, 1987**). Elle fut aussi utilisée pour traiter les mictions douloureuses, l'entérite et la mammité (**Leung et Foster, 1996**).

Certaines utilisations médicinales emploient les tiges et les feuilles fraîches du pourpier comme cataplasme, ou pour leur jus comme antidote aux piqûres de guêpes et aux morsures de serpent ou pour soulager la toux sèche (**Bown, 1995; Leung et Foster, 1996**). Elles sont aussi utilisées pour traiter les brûlures, les maux d'oreilles, les piqûres d'insectes, les lésions cutanées, les démangeaisons, l'eczéma et les abcès (**Leung et Foster, 1996**).

Les graines de *Portulaca oleracea* L ont été appliquées à l'extérieur contre l'aphte, l'anosmie et l'enrouement, et sont réputées pour être adoucissantes, diurétiques et vermifuges (**Ullah et al., 2013**).

Le pourpier rentre aussi dans la thérapeutique médicale dentaire (Cocher, 1998). Les feuilles du pourpier mâchées crues font disparaître les aphtes et l'enflure des gencives irritées. Tandis qu'en gargarismes soulagent les maux de dents (**Lamendin, 2007**).

IV.8. Culture et récolte de *Portulaca oleracea*

Le pourpier se développe rapidement en atmosphère chaude, sur des terrains légers et riches. Les graines germent rapidement et ensuite il faut les transplanter pour accélérer le développement. Il est important d'assurer l'humidité après le semis afin d'accélérer la germination. Lorsque les plantules sont arrivées à une croissance moyenne, elles tolèrent bien le manque d'eau et la plante continue à se développer.

Dans le cas de la culture en serre, les plantes sont récoltées au stade de 4 à 5 feuilles, après une vingtaine de jours de semis (**Bermejo et Leon, 1994**). Tandis que la culture à l'air libre, les feuilles et les tiges charnues sont récoltées lorsqu'elles sont suffisamment développées, environ 2 à 3 mois après le semis (**Couplan et Marmy, 2009**).

IV.9. Protocole expérimentale

IV.9.1. Matériel expérimental utilisé

Cette étude a été réalisée le 01/05/2021 dans la station d'épuration de SIDI AOUNE , et on a pris les mesures suivantes :

*- Etape N° 01 : Pots en plastique remplis de sable



*- Etape N° 02 : Pulvérisons régulièrement les graines de (Portulaca oleracea)



*- Etape N° 03 : En suite les grains ont été déposés et couverts



*- Etape N° 04 : Irrigation manuelle



Figure IV.34 : photos montrant les étapes de préparation du semis

Chaque pot sera irrigué par une des eaux suivantes :

- * Eau épurée
- * Eau épurée et filtré
- * L'eau de forage + matière organique

1. Première échantillon : irriguée par l'eau épurée

Tableau IV. 15 : les analyses physico-chimique et organique et miteux lourd pour l'eau épurée filtrée

Paramètres	unité	Résultats	Norme
pH	-	7.47	5.5-8.5
T	(°C)	16.7	Inférieur 30
O 2	Mg/L	5.67	Supérieur 5
Conductivité		2.36	-
Salinité	mg/L	1.45	-
DBO₅	mg/L	32	40
MES	mg/L	24	40
DCO	mg/L	80.55	125
NT	mg/L	98	50
N-NO3	m/L	0.664	Inférieur 10
N-NO2	m/L	0.084	Inférieur 10
N-NH₄	m/L	37.20	Inférieur 40
PT	m/L	9.25	Inférieur 10
PO₄⁻³	mg/L	2.78	Inférieur 2
Fe +2	m/L	0.76	-
Fe+3	mg/L	1.13	-
Pb	mg/L	0.541	Inférieur 10
Zn	mg/L	0.386	Inférieur 10
Cu	mg/L	0.378	Inférieur 10
S -2	mg/L	0.355	Inférieur 2
Cn	mg/L	0.003	Inférieur 0.5
Cl	mg/L	776	Inférieur 500
Cd	mg/L	0.52	Inférieur 2
Cr	mg/L	0.06	Inférieur 10

2. Deuxième échantillon: irriguée par l'eau épurée et filtré

On trouve trois types de filtration par sable

- Les filtres à sable **rapides** : Les filtres de sable rapides doivent être nettoyés fréquemment, par le lissage, qui implique de renverser la direction de l'eau
- Les filtres à sable **semi rapides**
- Les filtres à sable **lents**

Dans cette expérience nous utilisons Le filtre à sable **rapide**

2.2. Préparation des couches de sable

2.3. Principe de fonctionnement

Cette méthode repose sur la pose de couches de sable les unes sur les autres dans l'ordre de la plus grande taille à plus petite taille.

2.4. Outils et matières premières utilisées :

✓ Outils utilisés :

- Bassin en verre.
- Un tube.
- Becher.
- Vibromasseur magnétique.

✓ Matières premières utilisées :

- * Le sable.
- * Ciment.
- * Eau distillée.
- * Eau naturelle.
- * Glisser.

2.5.Méthode de travail

La méthode de travail dépend de plusieurs étapes :

La première étape :

On met la première couche de filtre (pas de 20 mm) dans une cuve Verre avec un tube au fond de l'évier et fixé avec du ciment.

Figure IV.35: (montre la taille de 20 mm).



La deuxième étape :

Dans cette étape , nous avons développé la deuxième couche du candida , qui est représentée par un pas de taille 10 mm

Figure IV.36 : (Illustrez la taille du glissement de 10 mm.



La troisième étape :

Dans cette étape, nous mettons une couche de sable jaune grossier, qui est les dernières couches de sable.

Figure IV.37: Elle montre du sable jaune grossier.



Enfin, nous obtenons ce résultat à partir des couches



Figure IV.38: montre le bassin du filtre à sable rapide.

Quatrième étape :

C'est la dernière étape dans laquelle nous avons effectué l'expérience et vidé une quantité d'eau processeur dans l'aquarium.

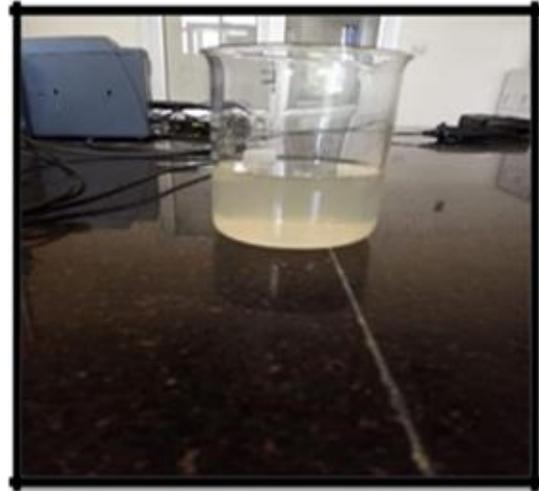
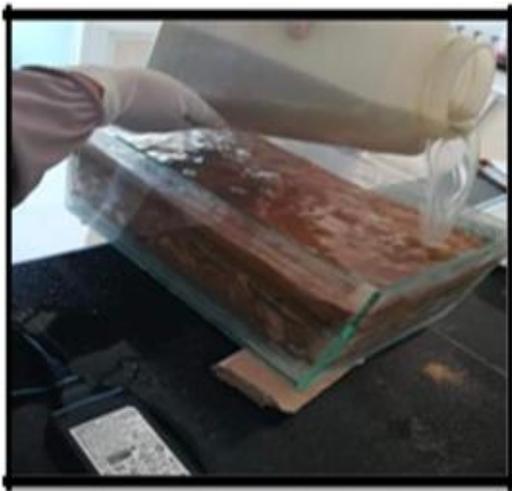


Figure IV.39: filtration d'eau

Tableau IV. 16 : les analyses physico-chimiques et organiques et métaux lourd pour l'eau épurée filtrée.

Paramètres	Unité	Résultats	Norme
pH	-	7.38	5.5-8.5
T	(°C)	24.7	Inférieur 30
O 2	Mg/L	6	Supérieur 5
Conductivité		6.20	-
Salinité	mg/L	3.3	-
DBO₅	mg/L	11	40
MES	mg/L	13	40
DCO	mg/L	25	125
NT	mg/L	45	50
N-NO3	mg/L	0.700	Inférieur 10
N-NO2	mg/L	0.105	Inférieur 10
N-NH₄	mg/L	21	Inférieur 40
PT	mg/L	4.13	Inférieur 10
PO₄⁻³	mg/L	1.19	Inférieur 2
Fe +2	mg/L	0.45	-
Fe+3	mg/L	0.98	-
Pb	mg/L	0.320	Inférieur 10
Zn	mg/L	0.112	Inférieur 10
Cu	mg/L	0.95	Inférieur 10
S -2	mg/L	0.210	Inférieur 2
Cn	mg/L	0	Inférieur 0.5
Cl	mg/L	516	Inférieur 500
Cd	mg/L	0.397	Inférieur 2
Cr	mg/L	0.01	Inférieur 10

3. Troisième échantillon: irriguée par l'eau de forage + matière organique

Tableau IV. 17 : les analyses physico-chimiques et organiques et métaux lourds pour l'eau forage

Paramètres	unité	Résultats	Norme
pH	-	8.12	5.5-8.5
T	(°C)	27.3	Inférieur 30
O 2	Mg/L	7.12	Supérieur 5
Conductivité		6.88	-
Salinité	Mg/L	3.5	-
DBO₅	Mg/L	09	40
MES	Mg/L	5	40
DCO	Mg/L	14	125
NT	Mg/L	25	50
N-NO3	Mg/L	4.16	Inférieur 10
N-NO2	Mg/L	2.10	Inférieur 10
N-NH₄	Mg/L	8.6	Inférieur 40
PT	Mg/L	1.27	Inférieur 10
PO₄⁻³	Mg/L	0.21	Inférieur 2
Fe +2	Mg/L	Presque inexistant	-
Fe+3	Mg/L	Presque inexistant	-
Pb	Mg/L	Presque inexistant	Inférieur 10
Zn	Mg/L	Presque inexistant	Inférieur 10
Cu	Mg/L	Presque inexistant	Inférieur 10
S -2	Mg/L	Presque inexistant	Inférieur 2
Cn	Mg/L	Presque inexistant	Inférieur 0.5
Cl	Mg/L	Presque inexistant	Inférieur 500
Cd	Mg/L	Presque inexistant	Inférieur 2
Cr	Mg/L	Presque inexistant	Inférieur 10

IV .9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons expliqué les paramètres utilisés pour constater les résultats de croissance de la plante récolté et rosé par trois types d'eaux et une seule type de la matière organique.

CHAPITRE V

**RESULTAT
ET
DISCUSSION**

V.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons la qualité des eaux usées épurée et leurs impacts sur les paramètres physico-chimiques de plante *Portulaca oleracea* et leurs discussions.

V.2. Résultats des mesures morphologiques

En suivant les étapes de croissance de la plante *Portulaca oleracea* après la plantation et l'arrosage avec différents types d'eau (épurées, épurées et filtré, forage + matière organique).

Nous avons pris des photos de chaque plante pendant la croissance par mois.

V.2.1. Dans dix jours :

Au bout de 10 jours nous remarquons que la plante pendule a commencé à pousser progressivement.



Figure V. 40 : La croissance des plantes au bout de 10 jour après le semis.

V.2.2. Dans vingt jours :

Après 20 jours, nous remarquons dans le pot 01 (eau épurée de la STEP), est plus dense en termes de croissance par rapport aux pots 02 et 03.

La Hauteur moyenne de la plante dans le pot 01 à une longueur de (12 cm) et dans le pot 02 (eau épurée et filtré) et le pot 03(matière organique+ eau forage) (07 cm).



Figure V. 41 : La croissance des plantes au bout de 20 jour après le semis

V.2.3. Dans trente jours :

Après 30 jours ; La plante *Portulaca oleracea* est entièrement cultivée par pot 01 (eau épurée de la STEP) et croissance intensive, la hauteur moyenne dans ce dernier est de 30 cm, Croissance incomplète dans les pots 02 et 03 la hauteur moyenne 15 cm.



Figure V. 42 : La croissance des plante au bout de 30 jour après le semis

V.3. Développement

Les moyennes des longueurs des racines, tiges et feuilles des plantes irriguées par l'eau épurées et celles irriguées par l'eau épurées et filtré et le dernier par l'eau de forage + matière organique sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau V.18: Mesures morphologiques des plantes irriguées par l'eau épurées

Jours	10	20	30
Longueur de la racine (cm)	3	4	7
Longueur de la tige (cm)	6	12	30
Longueur de la feuille (cm)	1.5	2.5	4.5

Tableau V.19: Mesures morphologiques des plantes irriguées par l'eau épurées et filtré

Jours	10	20	30
Longueur de la racine (cm)	0.5	3	6
Longueur de la tige (cm)	4	11	17
Longueur de la feuille (cm)	1	1.5	4

Tableau V.20: Mesures morphologiques des plantes irriguées l'eau de forage + matière organique

Jours	10	20	30
Longueur de la racine (cm)	0.3	2	4
Longueur de la tige (cm)	1.5	7	13
Longueur de la feuille (cm)	0.5	1.2	2.5



Mesures

En utilisant une règle graduée, on a pu mesurer les différentes parties des plantes. On a fait quelques mesures, et on a pris la moyenne



Figure V.43 : Mesure d'une plante irriguée par l'eau épurées

Figure V.44 : Mesure d'une plante irriguée par l'eau épurées et filtré

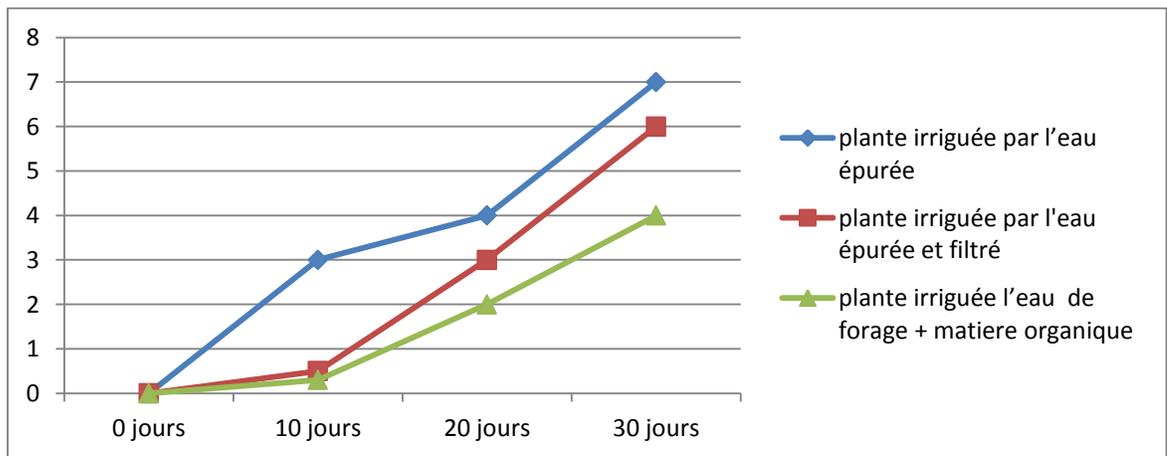


Figure V.45 : Longueur de la racine (cm)

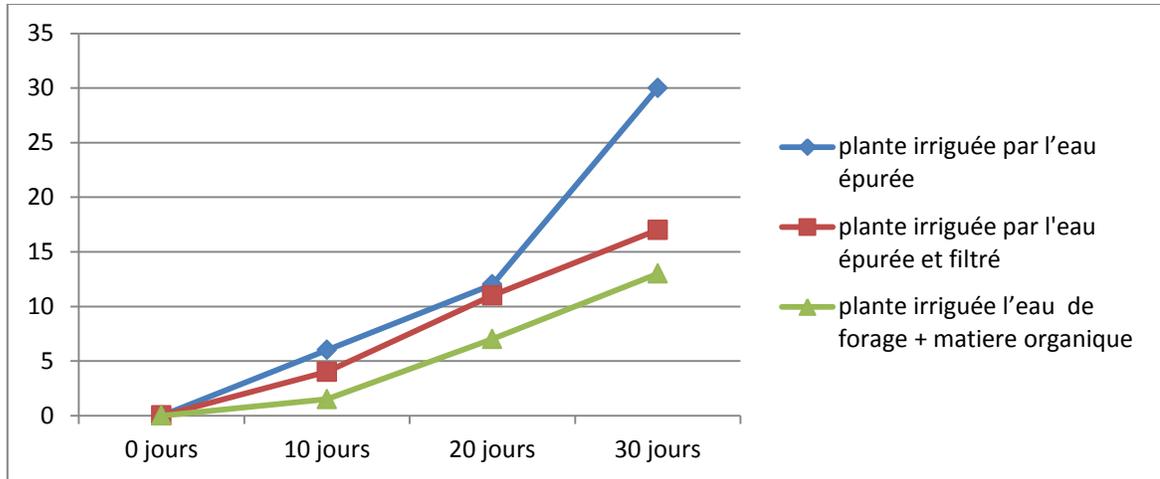


Figure V.46 : Longueur de la tige (cm)

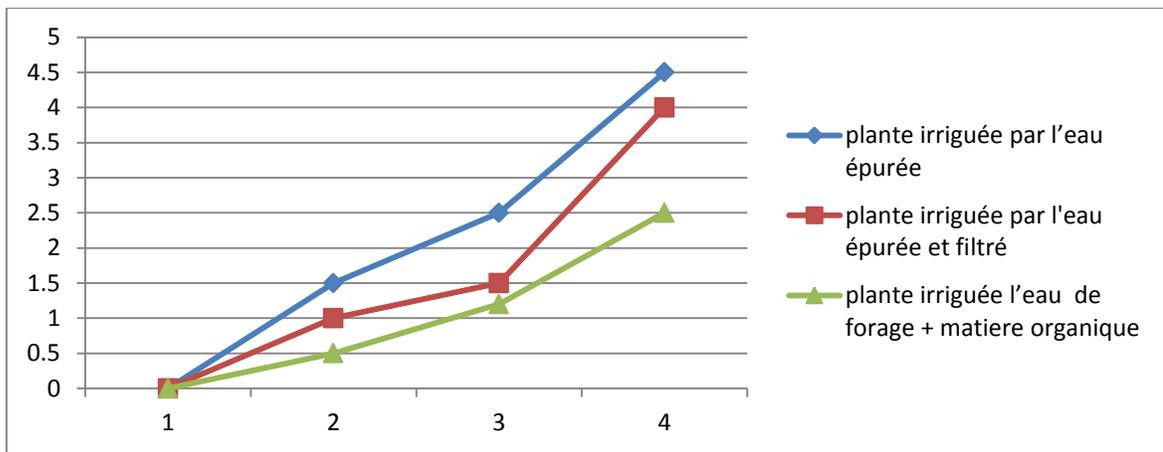


Figure V.47 : Longueur de la feuille (cm)

Figure (01)



Figure (02)



Figure (03)

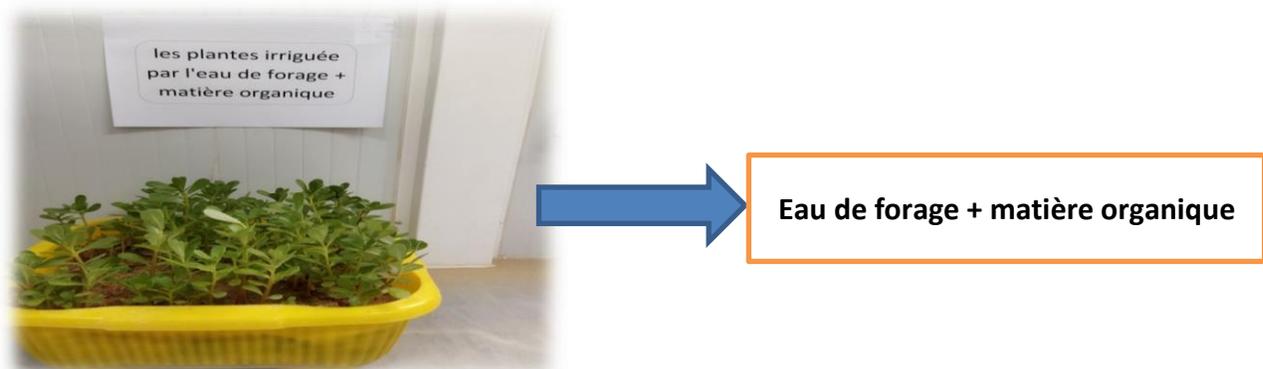


Figure V.48 : Résultats des plantes

En observant sur les photos on constate que dans le pot 01 (eau épurée de la STEP), Il a un grand nombre de plantes Par rapport aux pots irrigués avec de l'eau épurée de la STEP et filtré et l'eau (forage + matière organique).

V-3- Les analyse microbiologique fait par laboratoire de fatilab

- **Dénomination** : Plante (Portulaca oleracea).

Nature : Plante fraîche irrigué par l'eau **traité** de la STEP 03

Echantillon édité le : 09/06/2021

Paramètre	Echantillons					Norme		Méthode
	1	2	3	4	5	m	M	
Escherichia coli	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10 ²	10 ³	J.O.A 75 du 2017

Tableau V.21: paramètre **Escherichia coli** pour plante fraiche irrigué par l'eau traité

Interprétation : Suite au arrêté interministériel du 4 octobre 2016 dans le JOA N° 39 du 2 juillet 2017, l'échantillon est de qualité microbiologique **Satisfaisante**.

- **Dénomination** : Plante (Portulaca oleracea).

Nature : Plante fraîche irrigué par l'eau **traité et filtré** de la STEP 03

Echantillon édité le : 09/06/2021

Paramètre	Echantillons					Norme		Méthode
	1	2	3	4	5	m	M	
Escherichia coli	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10 ²	10 ³	J.O.A 75 du 2017

Tableau V.22: paramètre **Escherichia coli** pour Plante fraiche irrigué par l'eau traité et filtré

Interprétation : Suite au arrêté interministériel du 4 octobre 2016 dans le JOA N° 39 du 2 juillet 2017, l'échantillon est de qualité microbiologique **Satisfaisante**.

- **Dénomination** : Plante (Portulaca oleracea).

Nature : Plante fraîche irrigué par l'eau de **forage**.

Echantillon édité le : 09/06/2021

Paramètre	Echantillons					Norme		Méthode
	1	2	3	4	5	m	M	
Escherichia coli	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10 ²	10 ³	J.O.A 75 du 2017

Tableau V.23: paramètre **Escherichia coli** pour Plante fraiche irrigué par l'eau de forage

Interprétation : Suite au arrêté interministériel du 4 octobre 2016 dans le JOA N° 39 du 2 juillet 2017, l'échantillon est de qualité microbiologique **Satisfaisante**.

V .3. Conclusion

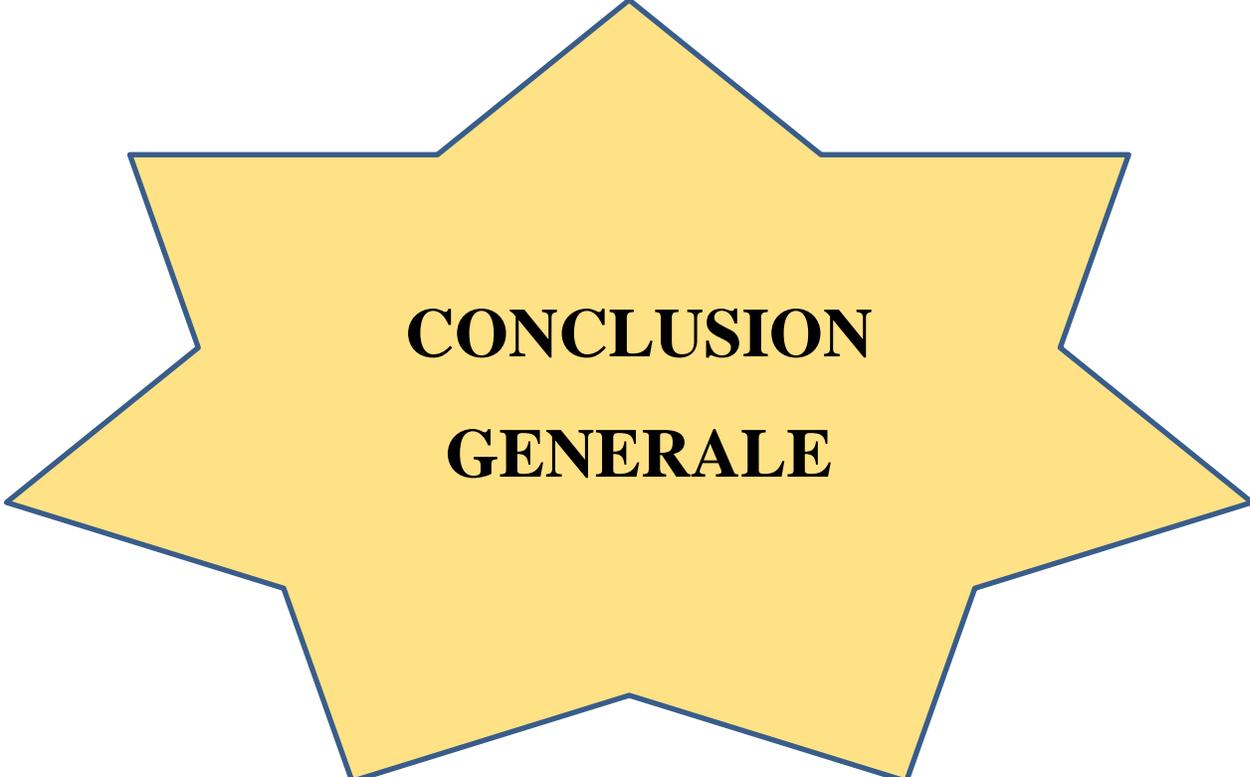
D'après les résultats des mesures et les représentations graphiques on constate que les plantes irriguées par (eau épurée de la STEP), grand nombre Par rapport aux plantes irrigués par l'eau épurée de la STEP et filtré et l'eau (forage + matière organique).

Grâce à cette étude, nous avons découvert que la matière organique est le facteur le plus efficace de croissance dense dans une période rapide de plante (*Portulaca oleracea*).

Ce Chapitre consiste, à travers un essai d'irrigation des pots semées par « le bendrag », à faire une étude comparative entre les pots, chacune irriguée par une eau spécifique.

Une analyse de résultats suit l'expérience concernant le développement des racines, les tiges et les feuilles, l'influence des caractéristiques de l'eau sur ce développement.

Vue les contraintes et les circonstances exceptionnelles de cette années 202 1à cause de la continuation Coronavirus (COVID 19), et les mesures préventives prises pour la lutte contre cette pandémie, ce travail aurait pu être complété par d'autres essais tels que les analyses sur les métaux lourds et leur présence dans les plantes.



**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERALE

Nous avons présenté premièrement, les origines et les caractéristiques des eaux usées, où il a été montré qu'ils proviennent d'une origine domestique, industrielle et/ou pluviale. Nous avons exposé les différentes méthodes utilisées pour leur épuration, où nous avons valorisé la technique d'épuration, et puis on a présenté la réutilisation des eaux usées, et les possibilités de réutilisation des eaux usées en agriculture.

En suite présentée la station étudiée et ses paramètres ont suivis. Après la présentation de la station de commune Sidi Aoune (station à lagunage aérée ainsi que la description du procédé de fonctionnement de la STEP).

En plus abordé la définition de la plante étudiée leur utilisation et sa morphologie, aux méthodes de préparation le lieu de semis , l'implantation de la *Portulaca oleracea*.

En fin constater les résultats d'irrigation pour les plantes irriguées par l'eau épurée plus efficace de croissance dense par rapport les plantes irriguées par l'eau épurée et filtré et l'eau de forage avec matière organique.

L'investissement en irrigation est considéré beaucoup plus rentable que si la ressource en eau est disponible à n'importe quel moment, dans le cas de l'usage d'une eau non conventionnelle, surtout épurée, cela peut s'avérer possible en tenant compte de la capacité des stations d'épuration existantes Il reste aux agriculteurs de se soumettre à cette nouvelle réalité de l'usage réglementé des eaux non conventionnelles, car ceci peut leur procurer une régularité en matière de disponibilité, à même d'avoir à gérer des stations d'épuration par le biais de la concession et surtout de procéder périodiquement au suivi et aux analyses nécessaires.

L'objectif de notre travail est de valorisé les eaux usées épurées à des fins d'irrigations, et protégé l'environnement en même temps.

Références bibliographiques

-A-

ALPHA SEDDIKIM (2005) : Thèse de doctorat en pharmacie sur : qualité organoleptique de l'eau de consommation ; l'université de Bamako

ASANO T. (1998): Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, pp 1475

Ayers, Westcot , (1988) : water quality for agriculture Rome, Food and agriculture organization of the united nations FAO: irrigation and drainage paper 29, Révision 1.

-B-

BAOUIA, A., HABBAZ, D., 2006, La situation d'assainissement et d'évacuation des eaux usées de la ville d'Ouargla et caractérisation des eaux de Chott de Ain El Baida. Mém. Ing. Eco et Env. Ecosystème steppique et saharien. Univ'Ouargla. 22p .

BECHAC J., BOUTIN P., MERCIER B., 1983, Traitement des eaux usées. 2^{ème} Edition. BEAUDRY J.P., 1984, Traitement des eaux. Edition le Griffon d'Aigle Inc, 231p .

BEKKOUCHE M., ZIDANE F., 2004, Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville d'Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. D'Ouargla. 67p.

BOUTOUX J., 1993, Introduction à l'étude des eaux douce (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson). Qualité et santé. 2^{ème} édition, CEBEDOC. Paris, 160-165p.

Baouia, A. et Habbaz, D. 2006. La situation d'assainissement et d'évacuation des eaux usées de la ville d'Ouargla et caractérisation des eaux de Chott de Ain baida.

Mém. Ing. Eco et Env. Ecos. steppique et saharien. Univ. d'Ouargla. 118p. **Baumont et al, (2004)** : Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p

BAUMONT .S (2005) : Réutilisation des eaux usées épurées : risque sanitaire et faisabilité en Ile de France. ORS (Observation Régional de Santé d'Ile de France) Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région le de France.

Bechak, J. et Boutin, B. 1983. Traitement des eaux usées. 2^{eme} Ed, Eyrollss. 192 p. **Belkhiri, D. 1999**. Traitement des eaux usées urbaines (aspects environnemental). Mém. Ing. Eco et Env. Eco. Forestier. Univesité de Sétif. 84p.

Bliefert, C. et Perraud, R. 2003. Chimie de l'environnement. 1^{er} édition, 2^e tirage. 289p.

Benslimane, R. 2001. Contribution à l'étude des eaux résiduaires de la ville de Skikda et sa périphérie. Mém. Ing. Eco et Env. Patho. des écosystèmes. Université d'Annaba. 97p.

Boudjela, M. et Djoudi, H. 2003. Pollution de l'Oued Bousellem par les eaux usées sur-baines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Mém. Ing. Eco et Env. Patho. des écosystèmes. Université de Sétif. 112p.

Bollags JM(1973) ; Rodier et al, (2005) : Analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition DUNOD

BONTOUX. J (1993) : Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166p.

BOUDJEMA S (2008) : Etude perspective de des l'état de l'environnement en Algérie : cas de bassin versant de Sébaou, Wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire Magistère en Agronomie. UMMTO.

BOURRIER.R (2008) : Les réseaux d'assainissement, 5e édition TEC et DOC, Lavoisier.

BOUTIN (1981) : problèmes sanitaires résultants de l'utilisation agricole des eaux usées et des boues résiduaires.

Briere F.G,(1994). Distribution et Collecte des eaux Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal.

-C-

Chocat, B., Coord, 1997, Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement, Lavoisier. Paris, France. 1124 p.

CHOCAT. B ,(1997) : Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. Edition Techniques et documentations, Paris, pp1124.

CAUCHI et al, (1996) : La réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, sciences et méthodes.

Chelleé F, Dellale M, Dewachter M., Mapakouf., Vermey L.(2005), l'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer , office international de l'eau , 15 pages .

Décret exécutif n°=93-160 du juillet 1993 et décret exécutif n°= 06-141 du 19 avril 2006.

-D-

DALI H., ZOUAOUI K., 2007, Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation. Mém .Ing. Génie des procédés. Génie de l'environnement. Uni d'Ouargla. 68p .

DEGREMANT, 2005, Mémento technique de l'eau. Tomel. 9 ème 6d.

Direction d'hydraulique de la wilaya d'El-Oued, 2010.

David Ecosse, (2006) : La réutilisation des eaux usées

DEBIANE .DJ et DJENADIS.(2004) :Elimination de la pollution carbonée et phosphatée de l'eau par traitement physicochimique p12

DEGREMENT, (1989) : Mémento technique de l'eau. Tome I et II. Edition Cinquantième.9ème édition française. Paris

Dermont J, 1978. Mémento technique de l'eau. Tec. et doc. Edition Lavoisier, 8ème édition.230p.

Dugawale T.P.,Khanwelkar C.C.,Durgawale P.P.,2019-Quantitative estimation of total phenolic content of two species of portulaca obtained by using microwave assisted extraction and its validation .IJPSR,Vol,10((3),1269-1274.

-F-

FABY et BRISSAUD, (1997):L'utilisation des eaux usées en irrigation. Office international de l'eau.

Faure G, 2008. Dégradations de l'écosystème récifale. 370p.

Faure G., 2006. Principales dégradations de l'écosystème récifale. 50p.

-G-

GAID A., 1984, Épuration biologique des eaux usées urbaines. Tom 1, édition OPU, Alger**261** p.

GANI.F. (2001).Analyse et traitement des eaux du barrage de Taksebt. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur en agronomie, Université Mouloud Mammeri, Tizi ouzou.

Gaid, A.1984. Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tom 1, édition OPU,Alger, 261p.

Guerre, H. et Gommelia, C. 1982. Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales ; le traitement. Ed. Eyrolles. 2ème édition, Paris. 180p. .

GROSCLAUDE G., 1999. L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210p **GUERREE. H et GOMELLA. C (1978)** : les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition EYROLLES. Paris.

-H-

Hadef, R. et Hadef, A. 2000. Le déficit d'eau en Algérie. Institut de génie mécanique, centre universitaire de Larbi ben Mhidi, Oum El Bouaghi.215p.

HAMLA ;(2005) : Traitement d'effluents liquides d'industrie agro-alimentaire par procédés biologique à boue activées. Cas des rejets laitier de l'unité GIPLAIT de Draa-Ben-Khedda. Mémoire de fin d'études d'ingénieur en agronomie :U.M.M.T.O .

-I-

IHADADENE.S et KESSI.KH (2012) : Evaluation des performances épuratoires de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou et calcul des taux de participation à la fertilisation des cultures, mémoire d'ingénieur d'hydraulique agricole.

- J-

JELLAL.J, (1996) : la gestion de l'eau. Séminaire à l'école d'ingénieurs Mohamedia Département de Génie civil, Univ. mohammed V. Rabat.

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE n° 46.

(1993).Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels, Algérie 5. **J.O.R.A n°46, (1993)**

-k-

KOLAID .,(2007-2006) : Cours de la réutilisation des eaux usées épurées 5ème année hydraulique général université de Blida.

KOLLER EMILIAN, (2004) : Traitement des déchets industriels. Edition Dunod.

-L-

LADJEL F., 2006, Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre De formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p

. **Ladjel.F, (2004)** : Exploitation d'une station d'épuration a boues activées niveau 02 (CFMA-Boumerdes).

Ladjel, F. et Bouchefer, S. 2004. Exploitation, d'une station d'épuration à boues activées Niveau II. Thème. CFMA (centre aux métiers de l'assainissement). Boumerdes. 90p.

Ladjel, F. 2006. Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA- Boumerdes. 80p.

Lim Y Ouah E.(2007),Antioxi daut properties of different cultivars of portulaca oleracea .Food Chem .,103;734-740

LOUMI.F & YEFSAH.K (2010) : Valorisation des eaux usées traitées en irrigation, cas de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou, mémoire d'ingénieur d'hydraulique

-M-

MOUHAMMED OUALI S., 2001, Procédés unitaires biologique de traitement des eaux.

Mekkaoui, Y. et Hamdi, D. 2006. Etude de réutilisation des eaux usées traitées de la STEP de Touggourt dans l'irrigation. Mém. Ing. Génie des procédés. Génie de l'environnement. Univ. d'Ouargla. 60p.

Mohammed Ouli, S. 2001. Procédés unitaires biologiques et traitement des eaux, Ed

-N-

Neggache N., 2016. La réutilisation des eaux usées Epurées de la station d'épuration de Zemmouri. Mémoire de master en Génie des procédés, Université M'haed Bourgras Boumerdes.

-O-

OMS. (1989) : L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture : recommandation avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève,

OMS, (1992): a guide to the development of in-site sanitation, prepared R.J, Pickford and R Reed.

R

REJESK, F., 2005, « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'Aquitaine.

RAMADE, F., (2005) : Eléments d'écologie : écologie appliquée, édition DUNOD (6ème édition), Paris

REJSEK, F. (2002) : Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Edition Centre Régional de Documentation Pédagogique d'Aquitaine. Paris.

RIJNAT F.W.A.M : le développement du traitement des eaux usées Pays-Bas. Séminaire international « Eaux usées et milieu récepteur »

RODIER, J (1978) : Analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition DUNOD. Paris.

RODIER, J. (1996) : Analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Edition DUNOD. Paris.

RODIER, J. (2005) Analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition DUNOD.

RODIER, J. (2009) : L'analyse de l'eau, édition Dunod, Paris.

ROMAINT et al, (2011) : Traitement des eaux usées à Qatar

ROUABAH N. (2008) : Conception de la station de la ville de Khemis Mliana. Thèse d'Ingénieure d'Etat En Hydraulique E.N.S.H.

-S-

SAGGAI M., 2004, Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla.64p.

Sahnoun A.Y (2010) , caractérisation et valorisation des boues des station d'épurations des eaux usées , USTO-MB.Oran ,2010

Syed S ., Fatima N., kabeer G ,2016.protulara L;A Mini Review on phytochemistry and pharmacology . International Journal of Biology and Biotechnology , 13(4);637-

T

TCHIMOGO M., 2001, Epuration des eaux usées de l'E.N.S.H par lagunage naturel. Mém .ing. Génie rurale. Blida.132p.

Thomas, O. 1995. Météorologie des eaux résiduaires. Ed. Cedebec. 135p.

Tradat, M. H. 1992. Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, Canada. 537p.

Y

YAHI.H. (2011) :Le traitement des eaux de consommation. Cours polycopie, 4èmeannée Hydraulique, Université Mouloud Mammeri, Tizi ousou.

Yakoub.b(2005) : le problème de l'eau en grande kabylie.le bassin versant du Sebaou et la wilaya de Tizi ousou édition université . De Tizi ousou

Z

Zouaoui.H, Zillal.Z : « Evaluation du volume d'eau usée épurée : cas de la wilaya deBejaia » , 2013-2014 ,p3.

-w-

ملخص:

إن اشكالية دراستنا هي البحث عن إمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مختلف المجالات وبصفة خاصة في المجال الزراعي ، دراستنا كانت مقتصرة على محطة معالجة مياه الصرف الصحي لبلدية سيدي عون . هذه الدراسة تتلخص- من خلال التجربة - في سقي أصناف زرعت فيها بذور البندراق وسقيت بمياه خاصة ثم القيام بدراسة مقارنة للنتائج. بعد ذلك نتعرض لعرض النتائج و تحليلها من خلال فترات تطور الجذور، السيقان و الاوراق و تأثير خصائص الماء على هذا النمو.

النتائج الرئيسية التي تم الحصول عليها في هذا البحث تبين ان الري بمياه الصرف الصحي المعالجة يؤدي الى زيادة في طول النبتة و الاوراق مقارنة بالأصناف الاخرى . و تبقى الاثار الزراعية البيئية و خاصة مكونات النبتة من الناحية الميكروبيولوجية التي لم تدرس حاسمة للبحث فيها في المستقبل .
الكلمة المفتاحية : المياه المستعملة ، منتجات الصرف الصحي عملية السقي بمياه المعالجة ، الزراعة ، سيدي عون.

Résumé :

La problématique de notre étude est la recherche des possibilités de réutilisation des eaux usées traitées à partir d 'une station d'épuration spécialement dans le domaine des terres agricoles ,Notre investigation est limitée à la station de traitement des eaux de la commune de SIDI AOUNE .

L'étude consiste, à travers un essai d'irrigation des pots semées par la bendrage , à faire une étude comparative entre les pots, chacune irriguée par une eau spécifique.

Une analyse de résultats suit l'expérience concernant le développement des racines, les tiges et les feuilles, l'influence des caractéristiques du l'eau sur ce développement.

Les principaux résultats obtenus dans cette recherche montrent que l'irrigation avec des eaux usées traitées entraîne une augmentation de la longueur des plantes par rapport aux autres pots.

Les impacts agro-écologiques, en particulier les composants microbiologiques de la plante, qui n'ont pas été étudiés, restent cruciaux pour les recherches futures.

Mots clés: eaux usées, produits d'assainissement, processus d'irrigation avec eau traitée, agri-culture, SIDI AOUNE.

Summary:

The aim of this work is to set the possibilities of using purified water treatment plant used for irrigation and for other different domains. Our investigation deals with the treatment station of the commune SIDI AOUNE only.

The study consists, through an irrigation trial of pots sown by bendrage, to make a comparative study between pots, each irrigated by a specific water.

An analysis of the results follows the experience with root development, stems and leaves, and the influence of soil and water characteristics on this development.

The main results obtained in this research show that irrigation with treated wastewater leads to an increase in plant length compared to other pots.

The agro-ecological impacts, especially the microbiological components of the plant, which havenot been studied, remain crucial for future research.

Key words: wastewater, wastewater products, treated water irrigation process, agriculture,SIDI AOUNE