

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Echahid HAMMA LAKHDAR d'El-Oued
Faculté de la Technologie
Département d'Hydraulique et de Génie Civil



MEMOIRE DE FIN D'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.

**L'évaluation de la possibilité de réutilisation
en agriculture Les eaux épurées à partir de la
STEP de Touggourt**

Réalisée par :

- DJEROUNI ABD - ELOUAHAB .
- BOUKHEZA MOUNIR .

Encadrée par :

- Mme/ BOUCHEMAL Fattoum.

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciements

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.

Notre promotrice Mm/ Bouchemal Fattom professeur en hydraulique 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 Remercions vivement nos sincères remerciements.

Nous remercions Mr/ Ali Ghomri pour leur aider .

Nous remercions aussi Mr/ Salim Khechana pour leur aider .

Nous remercions L'ensemble des enseignants qui nous'ont suivi durant notre cycle d'étude.

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.

Abd-elouahab Djerouni .

MOUNIR boukhaza .

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents pour leur générosité et leurs sacrifices

A mon épouse Feriel

A mes chers frères

A mes chères soeurs

A mes oncles et mes tantes

A toute ma famille

A mes collègues de mon travail à l'administration

A mon ami Salim Boulbdaoui

A toutes mes amis sans exception, et mes collègues de la

promotion de master hydraulique (2019 /2020)

En fin je dédie ce travail à toutes les personnes qui de près ou

de loin m'ont apporté leurs aides

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

Abd-elouahab Djerouni



DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

**A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur
de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur
procure bonne santé et longue vie.**

A toute ma famille

A mes âmes de cité universitaire

**A tous ceux qui ont contribué au succès de ce travail de près
ou de loin,**

je dis merci.

MOUNIR BOUKHAZA

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Généralités sur les eaux usées	
Introduction	2
I-2. Définition des eaux usées	2
I-3. Origines des eaux usées	2
I-3.1 Origine domestique	3
I-3.2 Origine des eaux usées industrielles	3
I-3.3 Eaux pluviales	4
I-4 Les eaux agricoles	4
I-4. Définition de la pollution	4
I-4.1 Définition de la pollution de l'eau	4
I-4.2 Origine de la pollution de l'eau	5
I-4.3. Les types de la pollution	6
I-4.3.1. Pollution physique	6
I-4.3.2. Pollution chimique	6
I-4.3.3. Pollution microbiologique	8
I-5. Impacts de la pollution des eaux usées	9
I -5.1. Sur l'environnement	9
I -5.2. Sur la santé	9
I-5.3. Maladies à transmission hydriques (MTH)	10

SOMMAIRE

I-5.4. Sur les cultures	13
I-5.5. Sur le sol	13
I-5.6 Rejet dans l'atmosphère	13
I-6. Paramètres de pollution	13
I-6.1. Paramètres physiques	14
I-6.1.1. Température	14
I-6.1.2. Odeur	14
I-6.1.3. Couleur	14
I-6.1.4. Matières en suspension (MES)	14
I-6.1.5. Turbidité.....	14
I-6.2. Paramètres chimiques.....	15
I-6.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	15
I-6.2.2. Conductivité électrique (CE)	15
I-6.2.3. Oxygène dissous	15
I-6.2.4. Demande biochimique en oxygène (DBO).....	15
I-6.2.5. Demande chimique en oxygène (DCO).....	16
I-6.2.6. Notion de biodégradabilité (DCO/DBO5).....	16
I-6.3. Nutriments	16
I-6.3.1. L'Azote	17
I-6.3.1.1. Azote Kjeldahl.....	17

SOMMAIRE

I-6.3.1.2. Azote ammoniacal NH_3	17
I-6.3.1.3. Ammonium (NH_4^+)	17
I-6.3.1.4. Nitrites (NO_2^-).....	17
I-6.3.1.5. Nitrates (NO_3^-).....	18
I-6.3.2. Phosphore.....	18
I-6.3.2.1. Phosphates (PO_4^{3-}).....	18
I-6.4. Paramètres biologiques.....	19
I-6.4.1. Bactéries.....	19
I-6.4.2. Virus.....	19
I-6.4.3. Protozoaires.....	19
I-6.4.4. Helminthes.....	20
Conclusion.....	22

Chapitre 2 La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation

II-1. Introduction	23
II-2. Réutilisation des eaux épurées	23
II-2.1. Avantages et inconvénients de la réutilisation.....	23
II-2.2. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde.....	24
II-2.3. Réutilisation des eaux usées en Algérie.....	25
II-2.4. Filières de réutilisation des eaux épurées.....	26
II-2.5. Valorisation directe des eaux usées épurées.....	26

SOMMAIRE

II-2. 6. Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.....	26
II-2.6.1 - Intérêt agronomique des eaux usées épurées.....	27
II-2.6.2- Risques liées à la réutilisation des eaux usées épurée en agriculture.....	27
II-2.6.3- Impact de la réutilisation des eaux usées sur le sol	28
II-2.6.2.4. Impact de la réutilisation des eaux usées sur les cultures	29
II-2.6.5. Réutilisation agricole des eaux usées en Algérie.....	29
II-2.7. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation.....	29
II-3. Etat actuelle de la réutilisation des eaux en Algérie.....	30
II-4. Règlementation	31
II-.4.1. Règlementation algérienne	31
II-4.2. Normes internationales	31
II- 4.3. Normes de réutilisation OMS et Californiennes	31
II- 4.4. Recommandation USEPA	32
Conclusion.....	36

Chapitre 3 Présentation site D'étude la STEP de Touggourt

III 1.Introduction.....	37
III 2- Définition d'une station d'épuration (STEP).....	37
III 3- Situation géographique de la STEP de Touggourt.....	37
III 4- Réalisation Génie Civil	38
III 5 - Données fondamentales	39

SOMMAIRE

III 6 - Les différents systèmes d'épuration	39
III 6-1. Le traitement primaire	40
III 6 -1.1 Le prétraitement	40
III 6 -2. Le traitement secondaire (biologique)	41
III 6-3. Traitement tertiaire	42
III 6-4 Traitement des boues	43
III 7 - Description du procédé de fonctionnement de la STEP de Touggourt.....	44
III 7 -1. Le relevage	44
III 7- 2. Le Dégrillage.....	45
III 7 -3. Dessablage-déshuilage.....	46
III 7 -4. Le bassin d'aération	46
III 7 -5. décanteur secondaire	48
III 7 -6. Bassin de chloration.....	48
III 7 -7. Vis d'Archimède (boues de recirculation).....	49
III 7 -8. L'épaississeur (boues en excès).....	50
III 7 -9. Les lits de séchage.....	51
Conclusion.....	52
 Chapitre 4 Objectifs et méthodologie	
IV 1-Introduction	53
IV -2- La plante étudiée	53

SOMMAIRE

IV -3- Généralités sur <i>Portulaca oleracea</i>	53
IV-4- Caractères morphologiques de <i>Portulaca oleracea</i>	54
IV -5- Classification de <i>Portulaca oleracea</i>	55
IV -6- Utilisation de <i>Portulaca oleracea</i>	56
IV-7- Culture et récolte de <i>Portulaca oleracea</i>	57
IV-8- Protocole expérimentale.....	57
IV-8- 1-Matériel expérimental utilisé	57
IV-8- 1-1- Processus de préparation de la terre	59
IV-8- 1-2- Le processus de fertilisation organique des soles	59
IV-8- 1-3- Mesures morphologiques.....	60
IV.9. Paramètres physicochimiques de l'eau.....	60
IV.9.1 Température.....	60
IV.9.2 Potentiel hydrogéné (pH).....	61
IV.9.3 Détermination de la conductivité	61
IV.9.4 Détermination d'O ₂	62
IV.9.5 Détermination la NO ₂ , NO ₃ ,PO ₄	62
IV.10. Les analyses biochimiques.....	62
IV.10.1 La matière en suspension (MES).....	62
IV.10.2 Méthode par centrifugation.....	63

SOMMAIRE

IV.10.3 Expression des résultats.....	63
IV.10.4 Matériels spéciaux.....	63
IV.10.5 Détermination de DCO.....	63
IV.10.6 Mesure de la DBO5.....	63
IV.10.7 Prélèvement et échantillonnage de l'eau.....	64
Conclusion.....	65

Chapitre 5 Résultat et discussion

V-1. Introduction.....	66
V-2 résultat physico-chimique	66
V-3 Résultats des mesures morphologiques	66
V-4 Hauteur de la plante HP	70
Conclusion	71
Conclusion générale	72
Références bibliographiques	73
Annexes	79
Résumé et mots et clés.....	

LISTES DES TABLEAUX

Listes	page
Tableau 1: Maladie à Transmission Hydrique	11
Tableau 2: Minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité	15
Tableau 3: Les valeurs de la biodégradabilité d'un effluent	16
Tableau 4: Caractéristiques épidémiologiques de quelques agents patho-gènes des eaux usées	20
Tableau 5: Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture	33
Tableau 6: Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture	34
Tableau 7: Recommandations microbiologiques de l'OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l'irrigation	35
Tableau 8: Classification de <i>Portulaca oleracea</i>	56
Tableau 9: les résultats des paramètres d'eau épurée et d'eau nappe dans la Station d'épuration Touggourt	65
Tableau 10: mesures la hauteur moyenne des plantes (HP)	69

LISTES DES FIGURES

Listes	page
Figure 1: les sources de pollution de l'eau	5
Figure 2: Figure N°2 : impacts de la pollution de l'eau	10
Figure 3: photo de la station d'épuration de Touggourt	37
Figure 4 : Carte de localisation de la station d'épuration (STEP) - Touggourt	38
Figure 5: Schéma général du procès appliqué à la STEP de TOUGGOURT	39
Figure 6: Schéma récapitulatif de principales voix de traitements des eaux usées et des boues (Synthèse de la bibliographie)	40
Figure 7: photo station de relevage	45
Figure 8: photo du dégrilleur	45
Figure 9: photo du dessableur-déshuileur	46
Figure 10: photo du bassin d'aération	47
Figure 11: photo du décanteur secondaire	48
Figure 12: photo du bassin de chloration	49
Figure 13: photo vis d'Archimède	49
Figure 14: photo pompe des boues	50
Figure 15: photo de l'épaississeur	50
Figure 16: photo de lits de séchage	51
Figure 17: <i>Portulaca oleracea</i>	54
Figure 18 : Morphologie de <i>Portulaca oleracea</i>	55

Figure19 : Acres après la trausplantation	57
Figure20 : Acres prêt à semer	58
Figure21 : Acres après la croissance de la plante ‘bandrage’	59
Figure 22: PH mètre pour mesurer la température.	60
Figure 23: Une photo d'acres prise après 10 jours	66
Figure 24: Une photo d'acres prise après 16 jours	66
Figure 25: Une photo d'acres prise après 23 jours	67
Figure 26: Une photo d'acres prise après 30 jours	67
Figure 27 : comparaison entre des acres diverses	68

LISTE DES ABRÉVIATIONS

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

MO : Matière Organique

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

STEP : Station d'épuration

T : Température

pH : potentiel d'Hydrogène

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le rejet direct des eaux usées domestiques et des eaux résiduaires industrielles dans le milieu naturel perturbent l'équilibre aquatique de surface et souterrain, et la pollution de l'environnement engendrée, menace la biodiversité de notre environnement, parfois d'une manière irréversible (Sahnoun A.Y. 2010).

L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse pas de croître, à l'heure actuelle, 70 % de toute l'eau utilisée dans le monde entier est consommée dans l'agriculture (Chellé F et al ; 2005)

Sous la pression des besoins plus en plus élevé en eau en Algérie qui connaît de sérieuses difficultés en matière irrigation agricole, l'épuration des eaux usées est devenue l'une des solutions les plus utilisés pour satisfaire ces besoins, pour la recharge de la nappe et pour sa réutilisation urbaine non alimentaire et industrielle. Les eaux traitées doivent répondre aux normes hygiéniques établies dans le journal officiel Algérien (JO,2006).

L'Algérie à l'instar des autres pays du monde est confrontée à la rareté d'une ressource vitale, aggravée par une forte pression et par la perturbation de tout l'écosystème à cause de l'apparition des eaux polluées. De ce fait la préservation de notre environnement et celle de nos ressources en eau dépendent de notre capacité à nettoyer les eaux usées avant leur retour dans la nature. En effet les premières stations qui au départ devaient répondre à des besoins immédiats de collecte et de traitement des eaux usées domestiques, doivent aujourd'hui faire face à de nouvelles problématiques nécessitant des traitements de plus en plus qualitatifs dont l'objectif est d'améliorer la qualité de l'eau, perfectionner le fonctionnement des stations d'épuration et minimiser la consommation énergétique des installations. Il devient nécessaire de se munir de nouveaux outils pour améliorer la maîtrise des services de l'assainissement et garantir les objectifs qualitatifs fixés et ceci par la mise en place des indicateurs de performance qui constituent des outils d'incitation à l'amélioration des STEP afin d'optimiser leurs fonctionnements et de poser un mode de traitement convenable.

Les motifs qui ont conduit et qui conduisent à envisager la réutilisation des eaux usées traitées sont de deux ordres : en termes de ressource en eau, la valorisation des eaux usées traitées répond à un objectif quantitatif et ce sont surtout les zones arides et semi arides du globe qui sont concernées.

En parallèle, dans le domaine de la préservation environnementale, et donc des objectifs qualitatifs, de nombreuses réflexions ont conduit et conduisent à des opérations de réutilisation. L'objectif quantitatif est prépondérant dans la genèse des projets de REUT. Pour répondre à des pénuries chroniques ou occasionnelles, et après prise en compte des coûts d'investissement et d'exploitation, la REUT s'impose de plus en plus comme une solution économiquement pertinente (Rapport (PORA, 2011).

La réutilisation des eaux usées, après leur traitement, entre dans le cadre de la stratégie de mobilisation et de développement des ressources en eau. Actuellement, les principaux objectifs de l'utilisation des eaux épurées sont la protection de l'environnement hydrique et qui contribue à :

- * La diminution de la pollution résiduelle engendrée par l'activité de l'assainissement.
- * L'amélioration de la qualité des milieux récepteurs, notamment des plages et les zones humides (Neggache N, 2016).

Le travail présenté dans ce mémoire a pour objectif l'évaluation de la qualité des eaux usées épurées et leur aptitude à l'irrigation. Pour cela nous avons choisi une plante facile à implanter et que ne prend pas beaucoup de temps à croître et consommée dans nos régions c'est le « Bendrag »

Ce document est organisé selon le plan suivant :

- * **CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées.**
- * **CHAPITRE II : La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation.**
- * **CHAPITRE III : présentation du site d'étude.**
- * **CHAPITRE IV : Objectifs et méthodologie.**
- * **CHAPITRE V : Résultats et discussions.**

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les eaux usées

I-1. Introduction

Les rejets des eaux après usage sont augmentés et multipliés avec l'accroissement démographique et l'expansion des villes qui génère des différentes catégories de déchets. Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances polluantes, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, menacent la qualité de l'environnement dans sa totalité. C'est pour ça, leurs traitements avant réutilisation est une pratique nécessaire pour la conservation des ressources en eaux et en sols. Les matières à l'origine de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) ou de la demande chimique en oxygène (DCO).

I-2. Définition des eaux usées

Les eaux usées constituent l'ensemble des déchets liquides produits par l'homme au cours de ses activités domestiques, agricoles et industrielles. Les eaux usées sont généralement chargées de détritux divers, de matières minérales dissoutes et produits minéraux et organiques en suspension (DER HOEK, 2007).

Les eaux usées, qu'elles soient d'origines domestiques ou industrielles, sont collectées par un réseau d'assainissement complexe pour être traitées dans une station d'épuration avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

I-3. Origines des eaux usées

On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaine constituées par les eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées des matières fécales et d'urines. Toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajoute suivant les cas des eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables (ABIBSI N, 2011).

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue trois grandes catégories d'eaux usées :

- Les eaux domestiques.
- Les eaux industrielles.
- Les eaux pluviales.
- Les eaux agricoles.

I-3.1 Origine domestique

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : Urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension.

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- * Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- * Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides) (GROSCLAUDE, 1999).

I-3.2 Origine des eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir :

- Des graisses (industries agroalimentaires...).
- Des hydrocarbures (raffineries).
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie).
- Des acides des bases et divers produits chimiques (industries chimiques diverses)
- De l'eau chaude (circuit de refroidissements des centrales thermiques).
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas les fonctionnements des stations d'épurations (Bachi O. EK, 2010).

I-3.3 Eaux pluviales

Les eaux pluviales ou les eaux claires, ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, elles peuvent être particulièrement polluées, surtout au début de pluie, par deux mécanismes :

- * Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées, les déchets solides ou liquides déposés sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les précipitations qui se produisent
- * La remise en suspension des dépôts des collecteurs. Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs du réseau est lent, ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts. (MESSROUK, 2011)

I-3.4 Les eaux agricoles

Le secteur agricole peut produire à son tour des eaux usées comprenant essentiellement des matières azotées, phosphatées, des pesticides et des huiles minérales. Le lessivage des terres ayant reçu des engrais minéraux riches en phosphore et en azote, introduit dans le milieu récepteur une pollution directe par la nocivité des produits toxiques, indirecte par l'apport des sels nutritifs qui favorisent la prolifération des algues, ces dernières après avoir contribué à abaisser le taux d'oxygène et gêné la vie aquatique, achèvent après leur mort, par leurs produits de composition, de rendre impossible l'existence d'êtres qui constituaient la population normale d'un milieu aquatique (Ben Slimane, 2001).

I-4. Définition de la pollution

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles et autres produits biologiques. (RAMADE.F,2005)

I-4.1 Définition de la pollution de l'eau

Toute modification néfaste des eaux, causées par l'ajout de substances susceptibles d'en changer la qualité, l'aspect esthétique, et son utilisation domestique. Ces agents polluants peuvent être d'origine physique, chimique, ou biologique, et provoquent une gêne, une

nuisance, ou contamination du milieu de la faune, et de la flore. Ils peuvent affecter l'homme directement, ou indirectement à travers les ressources agricoles, et autres produits biologiques.

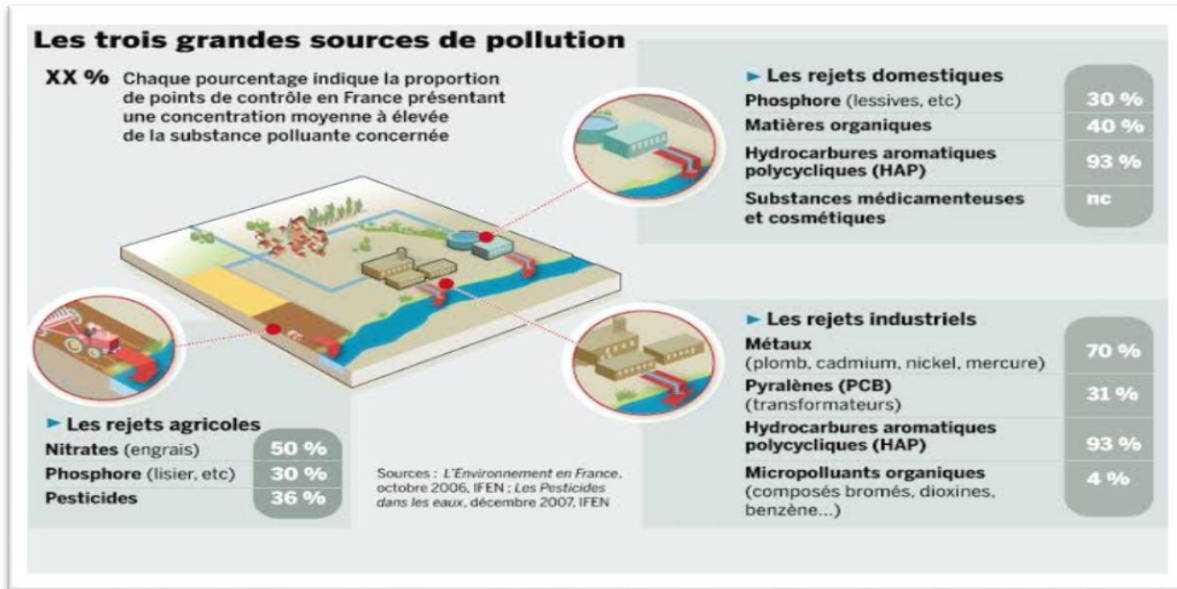


Figure N°1 : les sources de pollution de l'eau (web site)

I-4.2 Origine de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau connaît différentes origines : naturelle, domestique, industrielle et agricole. L'origine naturelle implique un phénomène tel que la pluie, lorsque par exemple l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds ou encore lorsque les précipitations entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol.

L'origine domestique concerne les eaux usées ménagères (salle de bains, cuisine, ...etc.), les eaux de vannes (WC...etc.), ainsi que les eaux rejetées par les hôpitaux, commerces...etc. Quant à l'origine agricole et industrielle, elle concerne par exemple les eaux surchargées par des produits issus de l'épandage (engrais, pesticides) ou encore les eaux contaminées par des résidus de traitement métallurgique, et de manière plus générale, par des produits chimiques tels que les métaux lourds, les hydrocarbures...etc (Afir D et Mezaoua, 1984).

I-4.3. Les types de la pollution

I-4.3.1. Pollution physique

*** pollution mécanique**

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension (Ghanna M, 2003).

*** Pollution thermique**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries...) ; l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution (Galaf F , 2003).

*** Pollution radioactive**

La pollution des eaux par des substances radioactives pose un problème de plus en plus grave, a un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérogènes et mutagènes de ses rayonnements.

I-4.3.2. Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

*** Organique** (hydrocarbures, pesticides, détergents).

*** Minérale** (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

a- pollution organique

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses, ...etc.).

La première conséquence de cette pollution consommation d'oxygène dissous de ces eaux.

Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures.

*** Les détergents**

Sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est d'eaux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont

- L'apparition de goût de savon.
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

***Les pesticides**

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture les conséquences néfastes des aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- Rémanence stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaires.
- Rupture de l'équilibre naturel.

***Les hydrocarbures**

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère.

b- Pollution minérale

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs (Mayet J, 1994).

***Les métaux lourds**

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb (pb), l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn).

Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique (Keck G. et Vernus E, 2000).

***Les éléments minéraux nutritifs**

(Nitrates et phosphates) : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, Il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques.

I-4.3.3. Pollution microbiologique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Lefranc A, Franconie A, 2004).

a. Les virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement.

L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (Cshapf, 1995).

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10³ et 10⁴ 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 entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A (Asano T, 1998).

b. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm. La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g (Asano T, 1998).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁶ à 10⁷ bactéries/100 ml dont 10⁵ Proteus et entérobactéries, 10³ à 10⁴ streptocoques et 10² à 10³ clostridiiums. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo tolérants.

c. Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. 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 importants du point de vue sanitaire, (Asano T,1998).

I-5. Impacts de la pollution des eaux usées

I -5.1. Sur l'environnement

L'augmentation des volumes de rejets et les flux polluants font que le pouvoir auto épurateur des eaux de surface devient largement insuffisant pour recevoir toutes les eaux d'égout sans causer des effets néfastes sur la santé, le sol et la couverture végétale (Rijnat ,1990).

I -5.2. Sur la santé

L'identification de risque éventuel est liée à la présence d'un large spectre de pathogènes intestinaux dans les eaux usées. Ainsi l'isolement de ces derniers, dans l'environnement (eau, sol, végétaux...) est souvent pris comme risques pour la santé des populations avoisinantes. (Boutin, 1981). Par ailleurs la transmission des pathogènes et l'intoxication par les substances chimiques peuvent avoir lieu selon deux modes :

- Par contact direct : avec les eaux usées : c'est le cas des ouvriers agricoles.
- Par contact indirect : lors de l'ingestion des aliments qui fixent et amplifient le risque apporté par les eaux usées. Dans le milieu continental, le risque est souvent indirect, par la contamination des aliments irrigués par les eaux usées brutes, notamment ceux qui consomment. En effet le risque sanitaire d'une réutilisation des eaux usées brutes peut se situer en deux niveaux :
 - Un risque réel et effectif : c'est le risque de contracter la maladie ;
 - Un risque théorique et potentiel : il représente une étape d'identification des risques mais il ne peut pas assimiler un risque réel. (OMS, 1992).

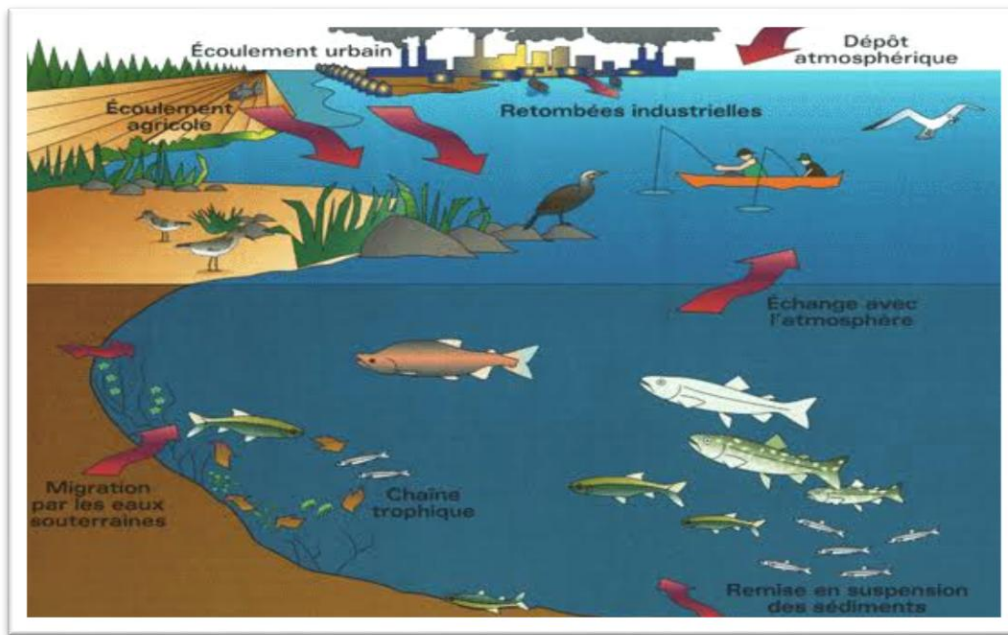


Figure N°2 : impacts de la pollution de l'eau (web site)

I-5.3. Maladies à transmission hydriques (MTH)

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie, loin s'en faut. Elle véhicule nombre de micro-organismes, bactéries, virus et protistes en tout genre, qui y vivent et s'y développent, ainsi que nombre de parasites dont les hôtes ont besoin d'eau pour vivre ou se reproduire.

Tableau 1 : Maladie à Transmission Hydrique (Larousse médicale 2006)

Origine des maladies	maladies	Agents ou Germes pathogènes	Voies De transmission	Symptômes
Bactérienne	Choléra	Vibrocholerae	Ingestion d'eau Polluée, d'aliment ou de boissons souillés.	Diarrhée, vomissements abondants et crampes musculaires.il n'ya pas de fièvre
	Fièvre typhoïdes, Paratyphoïdes	Salmonella typhi ou paratyphi	Eau de boisson ou d'aliment souillés	Fièvre, troubles digestifs et nerveux et diarrhée
	Shigelloses ou Dysenteries bacillaires	Shigellaspp	Eau ou les mains, souillées des déjections des malades, ou par les mouches	Diarrhée liquide, glai-reuse et sanglante et une déshydratation Aigue
virus	Poliomyélite	Poliovirus	Voie digestive par l'eau, les matières fécales et la consommation de fruits de mer	Fièvre, jaunisse, douleurs articulaire et musculaire, parfois une éruption cutanée et Fatigue
	Hepatitis A et E	Virus de l'hépatite A et E	Voie digestive par l'eau, les matières fé-	Fièvre, jaunisse, douleurs articulaires et

			cales et la consommation de fruits de mer	musculaire, parfois une éruption cutanée et fatigue
Parasitaire	Schistosomiasis	Bilharzies (ou schistosomes).		Diarrhées et des douleurs abdominales et une hématurie
	Dracunculose	Dracunculus medinensis.	Absorption de l'eau d'étang de mare, de ruisseau contenant des cyclops	Apparition d'une cloque plaie sur la cheville ou le pied, cette plaie peut se surinfecter et favoriser un tétanos.
	Gastro-entérites	Giardia lamblia, Cryptosporidium parvum	Se transmet tel quel d'un individu malade à un individu sain.	Aucun symptôme Particulier

(Larousse médicale 2006)

I-5.4. Sur les cultures

Parmi les problèmes qui peuvent se poser suite à l'utilisation des eaux usées à des fins agricoles, celui de la salinité. Dès l'instant où l'accumulation des sels dans la zone racinaire atteint une concentration, on assiste à une baisse de rendement ou arrêt de la croissance du végétale. (Ayers, Westcot , 1988). Cette action inhibitrice est attribuée à :

*L'augmentation de la pression osmotique qui entraîne la diminution ou l'arrêt de l'absorption de l'eau ;

*L'accumulation de certains ions (Cl^- , Na^+ ...), au niveau des feuilles de la plante après assimilation qui se traduit par des effets toxiques. De même, un excès en azote peut causer un retard de maturation et une grande sensibilité aux maladies.

I-5.5. Sur le sol

Les propriétés du sol peuvent être modifiées par les pratiques d'épandage. La connaissance du SAR (Rapport d'Absorption du Sodium) de l'effluent, est alors importante. Il y a un danger si le SAR approche la valeur de 10 (DEGREMENT, 1989) Outre la perte de sa structure par l'apport de fortes quantités en sodium et/ou en autres élément salinisant, le sol peut être le siège d'accumulation d'élément traces au niveau des premières couches à cause de leur mobilité réduite ; ce qui peut conduire à la déstabilisation des équilibres biologiques et donc à la stérilisation progressive du sol (Jellal, 1996).

I-5.6. Rejet dans l'atmosphère

La collecte et le traitement des eaux usées entraînent également le rejet dans l'atmosphère de certains produits chimiques volatils, notamment le méthane, le dioxyde de carbone, d'oxyde d'azote, de sulfure d'hydrogène, de thiol, du chlore (s'il il est utilisé dans le processus de traitement).

Divers produits chimiques peuvent également être libérés dans l'atmosphère mais à des quantités moins élevées.

I-6. Paramètres de pollution

Les paramètres de pollutions concernent les trois catégories principales (physiques, chimiques et biologiques). Nous allons donner des définitions succinctes à tous ces paramètres.

I-6.1. Paramètres physiques

I-6.1.1. 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. La nitrification est optimale pour les températures variant de 28 °C à 32 °C par contre, elle est fortement diminuée pour les températures 12 °C à 15°C. Et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C. La température est mesurée par thermo sonde (ou par thermomètre). (Rodier 2005)

I-6.1.2. Odeur

Le test d'odeur ne constitue pas une mesure mais une appréciation, et/ou un caractère personnel. Les odeurs proviennent des produits chimiques, des matières organiques en décomposition et des protozoaires ou d'organismes aquatiques (RODIER.J 2005).

I.6.1.3. Couleur

La couleur de l'eau résulte des éléments qui s'y trouvent à l'état dissous colloïdal. Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques. (Eau de boisson), car elle présente toujours un doute sur la potabilité. La couleur grise de l'égout est d'origine domestique, alors qu'une couleur noire indique une décomposition partielle. Les autres nuances indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle (GOMELLA C,1978).

I-6.1.4. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension représentent la fraction non solubilisée ou non colloïdale, donc retenue par un filtre. Les MES sont composées des parties minérales et organiques.

Elles constituent un paramètre important qui indiquent le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. Elles permettent ainsi une mesure directe de la turbidité et une bonne corrélation avec les autres paramètres. L'analyse au laboratoire s'effectue selon la méthode par filtration ou par centrifugation.

Les MES s'expriment en milligramme par litre d'effluent (mg/l) ou en gramme par habitant et par jour (g /hab. /j) (BOURRIER.R, 2008).

I.6.1.5. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de matières en suspension colloïdales finement dispersées (argiles, limons, grains de silice, matières organiques...etc.) (YAHY H, 2011).

I-6.2. Paramètres chimiques

I-6.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH représente la concentration en ions $[H_3O^+]$ contenue dans une eau. Il exprime le degré d'alcalinité ou d'acidité des eaux. Seul le pH des eaux urbaines est généralement près de la neutralité, il avoisine [7 et 7.5] (DEGREMENT, 1989).

I-6.2.2. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique est facile et rapide. Elle nous donne une idée sur les présences des sels dans l'eau. Elle permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau, une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée.

Tableau 2 : Minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité (RODIER J, 1978).

Conductivité Appréciation	Conductivité Appréciation
Conductivité < 100 $\mu S/cm$	Minéralisation très faible
100 $\mu S/cm$ < cond < 200 $\mu S/cm$	Minéralisation faible
200 $\mu S/cm$ < cond < 333 $\mu S/cm$	Minéralisation moyennement accentuée
333 $\mu S/cm$ < cond < 666 $\mu S/cm$	Minéralisation moyenne
666 $\mu S/cm$ < cond < 1000 $\mu S/cm$	Minéralisation importante
Conductivité > 1000 $\mu S/cm$	Minéralisation excessive

* $\mu S/cm$: l'unité mesure de la conductivité, micro siemens par centimètres.

I-6.2.3. Oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; L'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l (Ladjel, 2006) .

I-6.2.4. Demande biochimique en oxygène (DBO)

Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation et au moyen des bactéries aérobies, les matières organiques des eaux usées. Cette oxydation s'effectue en deux stades :

- Oxydation des composés de carbone, phénomène qui à 20°C, se trouve Pratiquement terminer en 20 jours.
- Oxydation des combinaisons comprenant de l'azote, réaction qui ne s'amorce qu'au bout d'une dizaine de jour.

La mesure de la DBO est effectuée généralement après 05 jours (DBO₅) qui est exprimée en mg d'oxygène consommée par litre. Elle se détermine de façon courante parla méthode dite de dilution qui consiste à diluer l'eau à analyser dans un certain rapport avec une eau propre et saturé en oxygène dissous (C. GOMELLA et H. GERREE ,2006).

I-6.2.5. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide de bichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables.

I-6.2.6. Notion de biodégradabilité (DCO/DBO5)

Ce rapport évalue la biodégradabilité d'une eau usée, c'est -à -dire la faculté de transformation de la matière organique en matière minérale, admissible par le milieu naturel, elle est exprimée par un coefficient : $K=DCO/DBO5$

Le tableau nous renseigne sur les valeurs d'un coefficient et l'état de biodégradabilité d'un effluent.

Tableau 3 : Les valeurs de la biodégradabilité d'un effluent (ROUABAH.N, 2008).

Coefficient	Appréciation
K=1	DCO =DBO ₅ l'effluent est complètement Biodégradable
1 < K < 1.5	l'effluent est biodégradable
1.5 < K < 2.5	l'effluent est moyennement biodégradable
K > 2.5	l'effluent n'est pas biodégradable

I-6.3. Nutriments

Ce sont l'azote et le phosphate présent dans l'eau usée qui sont responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques. La connaissance de leurs quantités est nécessaire pour contrôler les rejets d'une part et pour assurer le traitement par voie biologique d'autre part.

I-6.3.1. L'Azote

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale. On le dose par mesure du N-NTK et la mesure du N-NH₄. La concentration du N-NTK est de l'ordre de 15 à 20% de celle de la DBO. L'apport journalier est compris entre 10 et 15g par habitant (GROSCLAUDE, 1999).

I-6.3.1.1. Azote Kjeldahl

Il comprend l'azote sous les formes organique et ammoniacale (NH₄⁺), à l'exclusion des formes nitreuses (nitrite) et nitrique(nitrate). L'origine de l'azote organique peut être la décomposition des déchets organiques, les rejets organiques humains ou animaux (urée), et les adjuvant de certains détergents. La présence d'azote organique est donc souvent un signe de pollution des eaux usées (KESSI.K & IHADADENE.S 2012).

I-6.3.1.2. Azote ammoniacal NH₃

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. C'est un gaz soluble dans l'eau mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé combiné soit sous forme ionisée (POTELON.J,1998).

I-6.3.1.3. Ammonium (NH₄⁺)

L'ammonium est un indicateur de pollution. Il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution, et provoquer des goûts désagréables quand il réagit avec le chlore pour former chloramines (ALPHA SEDDIKI.M,2005).

I-6.3.1.4. Nitrites (NO₂⁻)

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier J, 2009).

I-6.3.1.5. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites (Rodier J, 2009).

a) Dénitrification

C'est une réaction anaérobie, qui utilise l'oxygène des nitrates, pour réduire en azote gazeux (N_2) qui retourne ainsi sous sa forme primitive dans l'atmosphère (DEBIANE .DJ et DJENADIS.2004)

b) Nitrification

Le principe de la nitrification consiste en l'oxydation, par des bactéries autotrophes aérobies, de l'azote ammoniacal en azote nitrique (nitrate). Elle peut être représentée par la réaction suivante :



I-6.3.2. Phosphore

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, poly phosphates, phosphore organique ... ; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. Les composés phosphorés sont indésirables dans les réservoirs de distribution d'eau potable, parce qu'ils contribuent au développement d'algues et plus généralement du plancton aquatique (BONTOUX, 1993).

Agents d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel, les phosphates n'ont pas d'incidence sanitaire et les polyphosphates sont autorisés comme adjuvants pour la prévention de l'entartrage dans les réseaux (BONTOUX, 1993).

I-6.3.2.1. Phosphates (PO_4^{3-})

Les composés du phosphore qu'on trouve dans les eaux de surface proviennent des engrais et pesticides utilisés en agriculture introduits dans les eaux par lessivage des terrains cultivés, et des rejets domestiques et industriels contenant des détergents à base de phosphates.

Une eau riche en phosphore (élément nutritif) favorise le développement du phytoplancton (l'eutrophisation) entraînant des dépôts de matières organiques dans les réseaux de distribution et conférant à l'eau un goût et une odeur désagréable (GANI.F. 2001).

I-6.4. Paramètres biologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Baumont et al, 2004).

I-6.4.1. Bactéries

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont 10^5 porteuses et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridium. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 /l. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les *salmonella* dont on connaît plusieurs centaines de stéréotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo tolérants.

I-6.4.2. Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligés qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par titre. 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 entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), 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.

I-6.4.3. Protozoaires

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires.

I-6.4.4. Helminthes

Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 103/l.

Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire.

Tableau 4 : Caractéristiques épidémiologiques de quelques agents pathogènes des eaux usées (FAO 2003).

Type de pathogène	Temps de survie en jours			
	Dans les fèces, les matières de vidange et les boues	Dans les eaux claires et les eaux usées	Sur le sol	Sur les plantes
Virus				
Entérovirus	< 100 (< 20)	< 120 (< 50)	< 100 (<20)	< 60 (<15)
Bactéries				
Coliformes fécaux	< 90 (<50)	< 60(< 30)	< 70 (< 20)	< 30 (< 15)
Salmonella spp.	< 60 (< 30)	< 60 (< 30)	< 70 (< 20)	< 30 (<15)
Shigellaspp.	< 30 (<10)	< 30 (< 10)	-	< 10 (< 5)
Vibriocholerae	< 30 (< 5)	< 30 (< 10)	< 20 (< 10)	< 5 (< 2)
Protozoaires				
Entamoeba	< 30 (< 15)	< 30 (< 15)	< 20 (< 10)	< 10 (< 2)
histolyticacysts	< 30 (< 15)	< 30 (< 15)	< 20 (< 10)	< 10 (< 2)
Helminthes				
Ascaris	Plusieurs	Plusieurs	Plusieurs	< 60 (< 30)
Lumbricoidesoefs	mois	mois	mois	

Les valeurs entre parenthèses montrent le temps de survie habituel . Source : FAO (2003)

Les données du tableau(x) indiquent que presque tous les pathogènes excrétés peuvent survivre suffisamment longtemps dans l'eau, le sol, et sur les cultures pour engendrer des risques potentiels vis à vis des ouvriers agricoles et des consommateurs.

DI 50 : dose suffisante pour provoquer l'apparition de symptômes cliniques chez 50 % des Individus soumis au test (source : adapté de Feachem e 1983)

Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et diverses origines constituent un fléau pour la nature lors du rejet sans subir des traitements. D'où la nécessité impérieuse de l'épuration à moindre coût et à basses nuisances auditives et olfactives et même nulle ce qui peut être achevé avec des méthodes près de la nature tel que la phyto épuration.

La réutilisation des eaux usées est une technique en pleine expansion, principalement associée à l'agriculture. Dans les pays où les réserves actuelles d'eau douce sont, ou seront prochainement, à la limite du niveau de survie, le recyclage des eaux usées semble être la technique alternative la plus abordable, tant au niveau financier (les traitements extensifs sont les plus adaptés) qu'au niveau technique pour les réutilisations agricoles, industrielles et urbaines ne nécessitant pas une eau de qualité potable. Dans ce contexte ce chapitre a eu pour objectif de donner un aperçu sur les origines des eaux usées, leurs caractéristiques et leurs compositions.

Chapitre II

La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation

II-1. Introduction

La réutilisation des eaux usées traitées se présente comme un enjeu politique et socio-économique 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.

II-2. Réutilisation des eaux épurées

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 de l'environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques. (David Ecosse, 2006)

La réutilisation des eaux usées traitées est une forme de valorisation d'un potentiel en eau très important. Cette valorisation permet d'alléger le recours aux eaux conventionnelles et essentiellement les eaux souterraines très vulnérables (LAHACHE GAFREJ, 2005).

Les applications de la réutilisation des eaux usées traitées sont nombreuses, qu'il s'agisse d'irrigation agricole, utilisation urbaines (nettoyage, espace verts), industrielles (refroidissement, protection contre les incendies), d'usages récréatifs, d'entretien d'habitats naturels et de zones humides, ou de recharge de nappe (RINGOT ,2010.)

II-2.1. Avantages et inconvénients de la réutilisation

a) Avantage

* Prévention de la pollution des eaux de surface qui se produirait si les eaux usées étaient rejetées dans les cours d'eau ou les lacs .

* Conservation des ressources en eaux douces et leurs utilisations rationnelles, ce qui est d'une grande importance dans les régions arides et semi-arides comme la méditerranées.

* Accroissement de la fertilité du sol, puisque les effluents sont riches en éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium notamment) et permettent ainsi de réduire l'application d'engrais artificiels.

* Amélioration des caractéristiques physique du sol grâce à l'apport de matière organique.

b) Inconvénients

* Risque sanitaire lié à la présence des germes dans les eaux usées traités aussi bien pour le travailleur que pour le consommateur ;

* En raison de la salinité élevée de l'eau usée, il peut résulter certains effets négatifs sur le sol et sur les plantes ce qui entrainerait une chute de la production végétale et même une dégradation des sols par accumulation de sel.

* L'apport en quantité importante des doses de l'azote et de phosphore peut nuire la production agricole et contribue a la pollution des nappes :

* Les sites d'utilisation doivent se trouver à proximité des stations d'épurations, c'est-à-dire dans les zones périurbaines peuplées ;

* La réticence des usagers à utiliser l'eau usée, soit pour des raisons culturelles, soit parce que les cultures proposés sont de faible rentabilités économiques ;

* Les rejets urbains ont des débits continus et presque constants durant l'année, alors que l'utilisation agricole est saisonnière et la demande est différente selon les saisons et les périodes de productions. (KESSI.K ET IHADADENE.S, 2012).

II-2.2. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde

Dans les pays développés, l'usage planifié des eaux usées est plus courant. La REUE a connu un développement rapide ces dix dernières années. Une croissance des volumes de l'ordre de 10% à 29% par an en Europe, aux Etats Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie (TAMRABET,2011). Le volume journalier des eaux usées est 1,5-1,7 millions de m³ dans plusieurs pays comme la Californie, la Floride, ou la Chine. Certains pays européens méditerranéens ont aussi des objectifs ambitieux : réutiliser 100% des eaux usées à Chypre et à Madrid (BEAUPOIL et al ,2010).

La ville de Mexico utilise les effluents traités par ses stations d'épuration pour l'irrigation des parcs et des jardins publics (PEASEY et al.,2000).

Au Tunisie, l'utilisation des EUT est déclarée comme un objectif national et on vise un taux d'utilisation de 50% dans l'agriculture irriguée (NEUBERT et BENABDALLAH, 2003). Une politique de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) a été adoptée au début des années 80. En effet, sur 170 millions m³ d'eaux usées collectées par an, environ 40 millions m³ d'eaux usées traitées sont valorisés en agriculture (BELAD, 2010).

Au Maroc, le volume en ressources des eaux usées traitées est estimé à 300 millions de m³ dont 20% est réutilisées (EL MEKNASSI, 2013), les rejets épurés sont utilisés pour satisfaire les besoins des périmètres agricoles péri-urbains (TAMRABET, 2011).

II-2.3. Réutilisation des eaux usées en Algérie

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties, Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m³ /an par habitants, cette moyenne est très faible comparée à la moyenne mondiale qui est de 7,500 m³. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an / habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare, De plus, ces dernières années, l'accroissement de la demande en eau pour la consommation humaine, industrielle, agricole et les sécheresses répétées, ont sensibilisé les décideurs à considérer les eaux usées comme une ressource hydrique appréciable, d'où la nécessité de réfléchir à un programme national d'épuration et de réutilisation des eaux usées (ABBOU, 2010). Parmi les grands objectifs de la politique de gestion du secteur de l'eau, figurent la réhabilitation et la réalisation des systèmes d'épuration des eaux usées des zones agglomération dont la population est supérieure à 100 000 habitants et des agglomération situées à proximité des périmètres agricoles et des agglomération à haut risque de pollution environnemental (TAMRABET, 2011).

L'épuration des eaux usées constitue un axe stratégique pour l'équilibre hydrique et écologique. Par conséquent, d'importants programmes de réalisation de stations d'épuration ont été conçus et lancés pour protéger la ressource et le littoral, d'autant que l'Algérie a ratifié la convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée. L'ONA exploite **154 (75 stations de lagunage, 76 stations de type boues activées et 03 filtres plantés)** réparties sur l'ensemble du territoire national et toutes les stations à boues activées disposent de laboratoire de contrôle. Les procédés les plus répandus utilisés sont à boues activées et à lagunage naturel. Le facteur de la ressource est prédominant pour la majorité des stations. Cependant, depuis 2006 le facteur récupération des eaux usées est intégré progressivement dans le fonctionnement pour quelques stations d'épuration, le volume des eaux épurées durant le mois de Janvier (2019) **21 millions de m³**. (O N A)

Nombre de STEP en exploitation par l'ONA : **154**

- 76 stations de type boues activées.
- 75 stations par lagunage naturel ou aéré.
- 03 filtres plantés.

Capacités installées des STEP : 10 390 779 Millions Equivalent habitants

Volume mensuel des eaux épurées : 21 Millions de m³

Débit moyen journalier des eaux usées épurées : 668 396 millions m³/j.

II-2.4. 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-2.5. 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-2. 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 19^{ème} 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-2.6.1 - Intérêt agronomique des eaux usées épurées

L'utilisation des eaux usées résiduelles domestiques pour la production agricole constitue à priori une démarche séduisante à plusieurs titres. Elle permet en effet, de valoriser l'eau et les matières fertilisantes qu'elle contient au lieu de les rejeter (TAMRABET, 2011). L'eau usée traitée peut avoir des résultats agronomiques positifs (FAO, 2003). Selon ABOU (2010), l'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables dans les eaux usées épurées en agriculture. D'une façon générale. Une lame d'eau résiduelle de 100 mm peut apporter à l'hectare : de 16 à 62 kg d'azote, de 2 à 69 kg de potassium, de 4 à 24 kg de phosphore, de 18 à 208 kg de calcium, de 9 à 100 kg de magnésium et 27 à 182 kg de sodium.

II-2.6.2. Risques liés à la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture

Les risques liés à la réutilisation des eaux usées en agriculture sont multiples et de nature microbiologique, chimique ou environnementale. Ces risques sont MES, excès des nutriments (N, P, K), bactéries, helminthes, virus, les métaux lourds et la salinité (TAMRABET, 2011).

1. MES La plus part des micro-organismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES qui les protègent de beaucoup de traitement, d'autre part, si les MES sont présentes en trop grande quantité, elles peuvent entraîner le bouchage des canalisations et systèmes d'irrigation.

2. Excès des nutriments Les éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) 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. Une apport d'azote excédentaire par rapport aux besoins des cultures, peut provoquer dans un sol très perméable la lixiviation du nitrate dans la nappe phréatique ; La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l. s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation, cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes. La concentration en potassium dans les effluents secondaires varie de 10 à 30 mg/l et permet donc de répondre partiellement aux besoins.

3. Bactéries La plus grande préoccupation associée à la réutilisation des eaux usées, même traitées, est la transmission potentielle de maladies infectieuses. Les eaux usées urbaines contiennent en moyenne environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml.

Des germes témoins de contamination fécales sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo-tolérants.

4. Virus Les virus sont des parasites intracellulaires obligés qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles.

5. Protozoaires Les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires.

6. Helminthes Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires.

Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 103/l. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs.

7. Risque chimique Concernant les éléments traces métalliques : bore, fer, manganèse, zinc, cuivre et molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments, mais aussi d'autres oligo-éléments, non indispensables à la plante tels que le plomb, le mercure, le cadmium, le brome, le fluor, l'aluminium, le nickel, le chrome et le sélénium.

8. 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. Les eaux usées épurées sont habituellement très salées, leur utilisation pour l'irrigation nécessite des suivis très ambitieux des impacts sur les sols et les cultures.

II-2.7. Impact de la réutilisation des eaux usées sur le sol

La réutilisation des eaux usées est justifiée dans beaucoup de cas, par le fait qu'elles contiennent divers éléments nutritifs pour le sol, notamment les composés à base de nitrates, de phosphore et de potassium. L'utilisation des eaux usées épurées sur sol entraîne des variations importantes de la composition chimique du sol, notamment la salinité, la fertilité (N, P, K) et en certains éléments traces (Cu, Pb, Zn), la sodicité ainsi que les caractéristiques physiques des sols notamment la stabilité structurale. En plus la contamination des sols irrigués par les eaux usées épurées est constatée par nombreux recherches.

Les modifications observées après plusieurs apports conjugués d'eaux usées traitées sur le sol sont en relation directe avec leurs compositions chimique.

II-2.8. Impact de la réutilisation des eaux usées sur les cultures

Nombreux études sont réalisées sur l'effet de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les cultures, tous ces travaux se concordent sur l'impact positive de l'irrigation par les eaux usées épurées sur l'augmentation des rendements des cultures. Les lignes directrices interdisent actuellement l'irrigation avec les eaux usées de légumes qui sont augmenté au niveau du sol ou avec une courte tige, et qui sont consommés crus, même lorsque les eaux usées sont traitées. Les cultures céréalières, les cultures fourragères et les arbres fruitiers nécessitent un traitement secondaire (FAO., 2003).

II-2.9. Réutilisation agricole des eaux usées en Algérie

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

D'après TAMRABET (2011), l'Algérie se penche actuellement, sur la régularisation de la réutilisation des eaux usées en agriculture. Ceci nécessite dans un premier temps d'identifier et de quantifier les volumes d'eaux usées rejetés par les agglomérations à travers le pays. Le volume d'eaux usées rejetées annuellement par les agglomérations supérieures à 20.000 habitants est estimé à $550 \times 10^6 \text{ m}^3$.

II-2.10. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation

Doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau naturelle afin de soulager cette ressource conventionnelle, qui devient de plus en plus rare. De ce fait de gros efforts sont à déployer à tous les niveaux aussi bien techniques, institutionnels, que règlementaires, pour améliorer le niveau d'utilisation avec le minimum de risques. La confrontation besoins-ressources en eau, à l'horizon 2013, fait apparaître un déficit important qui sera comblé par l'introduction des eaux usées traitées des périmètres agricole (M.R.E., 2001).

* L'aquaculture : Cette valorisation est encore relativement embryonnaire à travers le monde mais elle est déjà pratiquée en Inde ainsi que des pays asiatiques à la fois comme procédé d'épuration et pour l'économie piscicole qui en résulte (ROTBARDT, 2011).

* **Usages urbains** : Dans cet usage figure le lavage des rues et des marchés, des recyclages d'eaux grises à l'échelle d'un immeuble en vue d'alimenter des circuits particuliers de chasse.

*** Valorisations indirectes**

Ces modes de valorisation peuvent être plus délicats car ils supposent qu'on puisse suivre efficacement le devenir des eaux injectées dans le milieu. C'est le cas d'une recharge des nappes et alimentation des zones humides (ABBOU, 2010 ; ROTBARDT, 2011). Les techniques de recharge reposent sur l'infiltration depuis la surface, dans des bassins ou des lits de cours d'eau ou l'injection profonde, par puits ou forages, ou l'eau est introduite directement dans la nappe souterraine.

*** Recharge de nappes** Le dispositif de la recharge de nappe consiste à faire infiltrer ou percoler les EUT dans le sous-sol (CONDOM et al., 2012). On vise plusieurs objectifs :

1. La restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable.
2. La protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée.
3. Le stockage des eaux pour une utilisation différée.
4. L'amélioration du niveau de traitement de l'eau en utilisant le pouvoir auto épurateur sol.

*** Alimentation des zones humides** La sauvegarde de zones humides par des EUT constitué à ce jour un domaine non négligeable de la REUT. Là aussi ce sont principalement les enjeux floristiques et faunistiques qui sont ciblés, et plus globalement la sauvegarde et la valorisation du patrimoine environnemental (ROTBARDT, 2011).

II-3. Etat actuelle de la réutilisation des eaux en Algérie

eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau au même titre que les Les eaux superficielles et souterraines. En Algérie, leur volume annuel est estimé à 600 millions / m³ correspond aux agglomérations de taille supérieure à 50000habitants .La capacité totale de traitement est de 4 millions / m³ EQ/H pour une population de 2.5millions d'habitants raccordés à un réseau, cela signifie que seulement 20% de la population recordée à un réseau d'assainissement bénéficie du traitement de ces eaux usées. Notant que 60% de ces eaux sont rejetées sois loin des périmètres d'irrigation et des barrages sois en mer ce qui rend leurs réutilisation en irrigation peu rentable, ainsi, seulement 240millions m³ sont potentiellement utilisables en irrigation en raison de la localisation des points de rejet (D.KOLAI ,2007-2006) .

II-4. Règlements

Comme pour tout projet hydraulique, les projets de REUT doivent répondre à des contraintes de transfert, de stockage et de qualité des eaux (notamment en matière de bactériologie, de salinité et de métaux lourds), donc pour garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures (BAHRI et HOUMANE, 1987).

II-4.1. Réglementation algérienne

Loi 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau fixe les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien pour la collectivité nationale (ABBOU, 2010).

Le décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (Tableaux I et II). Les principaux axes de ce décret sont les modalités de concession d'utilisation des EUE, les risques liés à l'usage des EUE (interdictions, distance à respecter...), les contrôles sanitaires, le cahier des charges-type relatif à la REUE (Journal Officiel de la République Algérienne, 2012).

II- 4.2. Normes internationales

A l'échelle internationale, la réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue, de nombreuses associations scientifiques ont mis des recommandations et normes pour une réutilisation de ces eaux sans danger. Parmi ces recommandations nous avons les recommandations OMS, Californienne et USEPA.

II- 4.3. Normes de réutilisation OMS et Californiennes

Il existe deux grands groupes de normes : les recommandations de l'O.M.S., 1989 (Tableau III) et la réglementation californienne titre 22, (1978). L'objectif principal est d'éliminer les risques sanitaires. Ainsi, pour l'irrigation sans restriction, la pollution microbiologique des eaux usées utilisées doit, selon l'OMS, rester au-dessous de 1000 coliformes fécaux (CF)/100 ml et moins de 1 œuf d'helminthe/l. Le Titre 22 californien fixe

des restrictions plus sévères, voire l'absence totale de germes-tests : moins de 2,2 coliformes totaux (CT)/100 ml (ABBOU, 2010).

Dans certains pays, les normes sont draconiennes pour les végétaux destinés à la consommation. L'Afrique du Sud exige une qualité d'eau potable, l'Etat d'Arizona a introduit l'absence de virus comme nouveau paramètre microbiologique (F.A.O., 2003).

Selon TAMRABET (2011), certains pays comme l'Australie, l'Italie, le Canada, Israël et certains pays du Golfe Arabe adoptent dans les grandes lignes l'approche californienne dans leur réglementation de réutilisation des eaux usées. Dans d'autres pays où la réglementation et les directives nationales de réutilisation des eaux usées n'existent pas, ils font, souvent, référence aux recommandations de l'OMS.

L'OMS a publié en (2006), selon BELAID (2010), de nouvelles lignes directrices sur l'utilisation des eaux usées (WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater), qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire au minimum les risques sanitaires posés par ces eaux.

II- 4.4. Recommandation 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 réutilisation des EUT, intitulées « Guidelines for Water Reuse ». Contrairement à l'OMS, ces recommandations ne sont pas basées sur des études épidémiologiques ni sur une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Ces normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes. Dans ces recommandations plusieurs paramètres sont pris en compte : le pH, la Demande Biologique en Oxygène (DBO₅), la turbidité ou les solides en suspension et les coliformes fécaux (BELAID, 2010).

Les trois recommandations (OMS, USEPA et Californienne) s'opposent à plusieurs niveaux. Une des différences concerne le niveau de traitement recommandé. Il est dit dans le document de l'OMS qu'un traitement extrêmement efficace peut être atteint par des bassins de stabilisation, alors que l'USEPA n'évoque que des traitements de désinfection tertiaire type chloration, ozonation, etc. Les modes de contrôle varient aussi : alors que l'OMS préconise de contrôler le nombre de nématodes, l'USEPA recommande le comptage des coliformes totaux comme unique contrôle de la qualité microbiologique.

Tableau 5 : 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 6 : 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 =	ds/m	
	0-3 CE		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 à texture fine, neutre et alcalin

Tableau 7 : Recommandations microbiologiques de l'OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l'irrigation (OMS., 1989).

Catégorie	Condition de réalisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux a (nombre, d'œuf/litre) moyenne arithmétique	Coliformes intestinaux (nombre/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- 5 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 site D'étude

III-1.Introduction

Les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées sont des eaux chargées de polluants provenant essentiellement de l'activité humaine. Les réseaux d'assainissement constituent un élément essentiel : ils collectent ces eaux et les transportent vers les installations de traitement de la pollution, avant le rejet dans le milieu récepteur. Ces traitement sont réalisés dans des stations d'épurations où se dégradent et se séparent les polluants de l'eau (particules et substances dissoute) par des procédés physique, chimique et biologique ,pour ne restituer au milieu récepteur qu'une eau de qualité acceptable.

III- 2. Définition d'une station d'épuration (STEP)

Elles constituent une autre voie d'élimination des eaux usées dans la mesure où celles-ci y subissent toute une batterie de traitements avant leur déversement dans le milieu naturel. Une STEP, généralement placée à l'extrémité aval d'un réseau est conçue pour épurer les eaux usées et limiter l'apport en excès de matière organique, substances minérales telles les nitrates et les phosphates dans les milieux récepteurs. Sachant que certaines substances contenues dans un effluent, à partir d'une certaine concentration, peuvent constituer un danger pour la communauté aquatique, l'épuration des eaux usées diminue l'impact sur les écosystèmes aquatiques .(Briere F.G,1994)

III-3. Situation géographique de la STEP de Touggourt

La station d'épuration des eaux usées de Touggourt est située à Ben Yass Oued, dans l'APC Tebesbest, sur la route d'El-Oued, elle s'étend sur une superficie de 5 Hectares. Latitude : 33° 16' Nord. Longitude : 6° 04' Est. Située au Nord Est de la wilaya d'Ouargla. Elle a été mise en service le 20/11/1991, réhabilitée en 2003 et traite aujourd'hui une partie des rejets des eaux usées déversées par la ville de Touggourt.

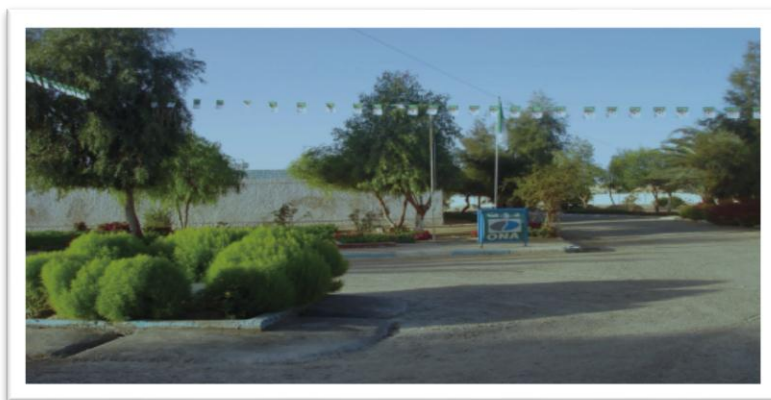


Figure 3: photo de la station d'épuration de Touggourt

III-4. Réalisation Génie Civil

Entreprise de réalisation : HYDRO-TECHNIQUE (Issue De La Restructuration SONAGHTER) Délai d'exécution : **24 mois**

Entreprise de réalisation : HYDRO-TECHNIQUE (Issue De La Restructuration SONAGHTER)

Délai d'exécution : **24 mois**

Ordre de service : **04-02-1987**

Début des travaux : **Octobre 1987**

Fin des travaux : **30-06-1989**

Réception provisoire : **02-07-1989**

Equipements :

Entreprise nationale : **HYDRO-TRAITEMENT Alger**

Début des travaux : **Janvier 1990**

Fin des travaux : **Septembre 1991**

Mise en service : **Novembre 1991**

Coût total de projet : **57.705.973,40 DA**

Réalisée dans le cadre du Programme Communal de Développement (PCD)

Arrêt de la station dépuracion : **Décembre 1995**

Réhabilitée en 2003 , Mise en service : **24/02/2004**

L'exploitation et la gestionnaire par : Office National D'assainissement ONA : **17/04/2005**

Jusqu' à ce jour.



Figure 4: Carte de localisation de la station d'épuration (STEP) - Touggourt.

III-5 . Données fondamentales

4 -1. Débits :

* Nombre d'équivalent habitant	62.500 EH
* Débit moyen journalier	9.360 m ³ /j
* Débit de point horaire	670 m ³ /h
* Débit moyen	390m ³ /h

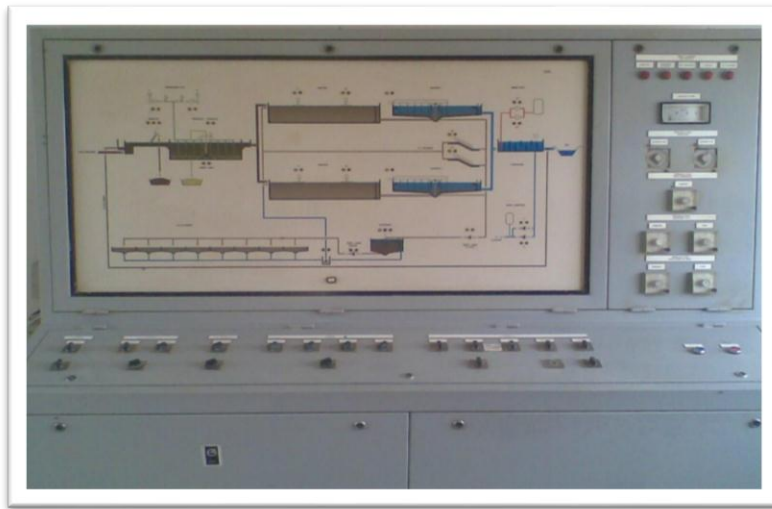


Figure 5: Schéma général du processus appliqué à la STEP de TOUGGOURT

III-6. Les différents systèmes d'épuration

Les eaux usées sont très chargées en matières polluantes nuisibles pour les êtres vivants et le milieu récepteur. Pour éviter toute pollution l'eau usée doit être épurée avant son rejet ou sa réutilisation.

Généralement quatre étapes de traitement doivent être respectées pour épurer une eau usée :

- Le traitement primaire.
- Le traitement secondaire.
- Le traitement tertiaire.
- Le traitement des boues

Le schéma donne la configuration d'une chaîne de traitement

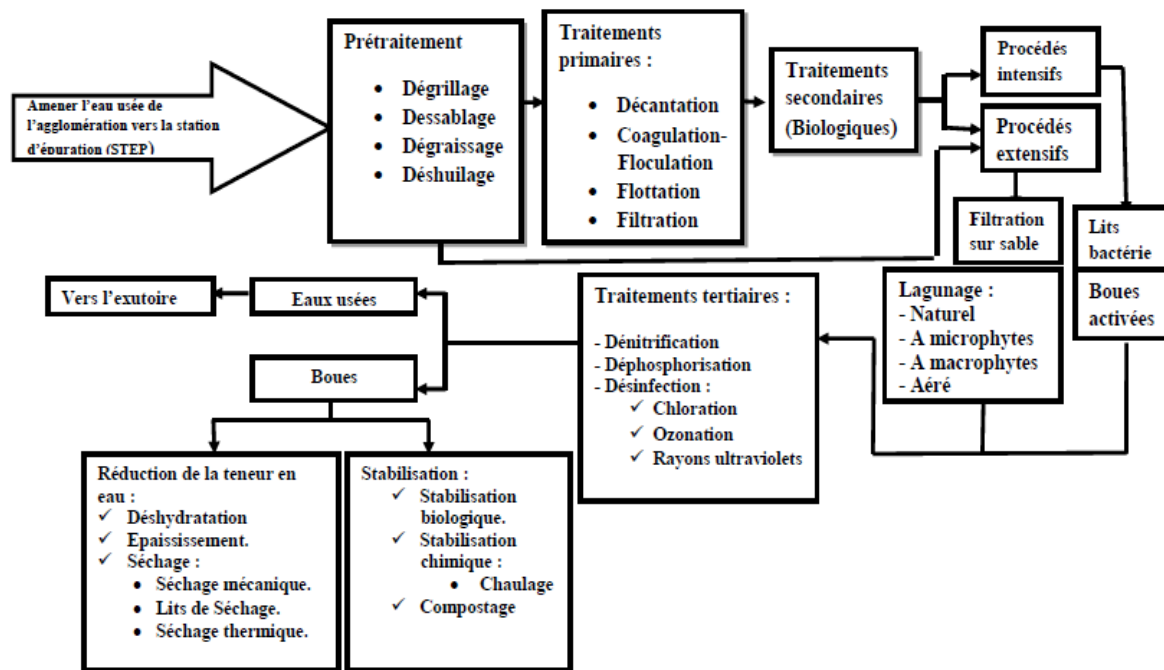


Figure 6: Schéma de principales voies de traitements des eaux usées et des boues
(Synthèse de la bibliographie)

III-6.1. Le traitement primaire

Le traitement primaire repose essentiellement sur le principe de la séparation des constituants solides de la phase liquide par un processus de décantation, de sédimentation. Le traitement primaire est réalisé souvent en deux parties :

Le prétraitement et une décantation primaire.

III-6.1.1 Le prétraitement

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptible de gêner les traitements ultérieurs et endommager les équipements. Le prétraitement est un ensemble des opérations suivantes :

- Le dégrillage ;
- Le tamisage ou dessablage ;
- Le déshuilage ou dégraissage ;
- La décantation.

a. Le dégrillage

Le dégrillage permet de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques serviettes hygiéniques.

En effet ces déchets ne peuvent pas être éliminés par un traitement biologique ou physique, il faut donc les éliminer mécaniquement pour ce faire, l'eau usée passée à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées, celles-ci sont généralement équipées de système automatique de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe (dans les cas où il y aura un système de pompage).

b. Le dessablage:

Le dessablage permet par décantation, de retirer les sables mélangés dans les eaux par ruissellement ou amenés par l'érosion des canalisations, ce matériau, s'il n'était pas enlevé se déposerait plus loin, gênant le fonctionnement de la station et provoquant une usure plus rapide des éléments mécaniques comme les pompes.

Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être en charge afin de limiter le pourcentage de matières organiques, ses dégradations provoquent des odeurs et une instabilité mécanique du matériau.

c. Le déshuilage

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles, son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes) leur élimination s'ensuit par recharge de la surface, il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages notamment des canalisations, leur élimination est essentielle également pour la décantation ou les perturbations des recharges gazeuses.

d. La décantation (décanteur primaire)

Une simple décantation dans un décanteur primaire permet de retenir la majeure partie des matières en suspension (dans plusieurs cas la décantation primaire est moins utilisée).

III-6.2. Le traitement secondaire (biologique)

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégrade la matière organique. Ces techniques peuvent être aérobies ou anaérobies.

Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs.

a. Les procédés extensifs

Les traitements extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités. La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement.

Parmi ces procédés on distingue :

- L'épandage ;
- Le lagunage naturel ;
- Le lagunage aéré.

b. Les procédés intensifs

- Le lit bactérien

Dans un lit bactérien, l'eau usée, préalablement décantée pour éviter un colmatage rapide, ruisselle sur un lit de cailloux ou pouzzolane de diamètre variant entre 5 et 8 cm. Cette couche de matériau atteint plusieurs mètres de diamètre et entre 4 et 5 mètres de hauteur.

Les eaux issues du lit bactérien seront clarifiées puis désinfectées.

- Les boues Activées

Le principe du procédé est simple. Une biomasse libre élimine les composés polluants en mode aérobie. L'oxygène nécessaire aux réactions est apporté par aération. En première approximation, une station d'épuration à boues activées est une lagune dopée.

La pollution arrive continuellement. Sa dégradation est aérobie et assurée par une biomasse adaptée, suffisante et constante. Il faut ensuite séparer l'eau claire de la boue biologique.

Le couple aération- brassage permet de maintenir l'aérobie lors de la bio-élimination. La recirculation et l'extraction des boues biologiques, à partir du fond du clarificateur, maintiennent une biomasse constante dans le bassin.

Le clarificateur, ou décanteur secondaire, récupère l'eau claire traitée en fin de traitement.

Les boues activées traitent les eaux résiduaires par contact avec une biomasse maintenue en suspension et aérée dans un bassin d'activation.

III-6.3. Traitement tertiaire

En général, les techniques d'épuration, même les plus sévères, laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables et échappent à la meilleure

décantation. Ainsi même après un traitement secondaire l'eau véhicule presque toujours des microorganismes et des micropolluants. Si une éventuelle réutilisation de cette eau est envisagée, il convient par conséquent d'utiliser des procédés d'élimination de cette pollution résiduelle. On parlera donc de corrections chimiques ce qui permettra de donner à l'eau une qualité meilleure pour sa réutilisation. La principale méthode utilisée est la désinfection par le chlore, qui doit être appliquée avec des doses très fortes et des temps de contact long. Mais il convient de signaler suite à cette opération, des toxiques pour la vie aquatique peuvent être formés il faut donc procéder à une opération de dé-chloration avant le rejet.

À côté de la désinfection par le chlore, d'autres procédés existent également mais qui restent pratiquement inutilisables dans les domaines de l'épuration des eaux usées. Ceci s'explique par leurs coûts qui restent excessivement élevés, mais qui peuvent conduire à une eau de qualité.

On peut citer par exemple l'échange ionique et l'adsorption sur le charbon actif. Le coût excessif du traitement explique pourquoi dans la majorité des stations d'épuration ce type de traitement est inexistant. Ce coût ne se représente pas seulement le prix des réactifs ou des équipements mais aussi celui d'un personnel hautement qualifié.

III-6.4. Traitement des boues

Il n'existe pas d'épuration d'eau qui n'aboutisse à la production de résidus concentrés contenant les matières de pollution et les produits de transformation insoluble.

Ces résidus appelés boues, ont diverses origines. Il convient de les traiter d'une manière rationnelle, économique, sans pour autant conduire à d'autres nuisances.

Selon leur origine, les boues ont une composition différente qu'elles proviennent d'un traitement d'eau potable, d'un procédé physico-chimique ou biologique, d'une eau urbaine ou industrielle. La nature de la boue est donc liée à la composition de l'effluent traité, et aussi aux techniques de traitement utilisées.

a. Epaissement des boues

Cette opération a pour objet la séparation de l'eau interstitielle des particules de boue, elle peut être utilisée comme première étape de traitement.

Stabilisation ou digestion des boues :

On distingue les stabilisations chimiques ou biologiques, pour ce dernier cas, les phénomènes peuvent être aérobies ou anaérobies.

b. Stabilisation des boues

La stabilité des boues est obtenue, lorsque les matières organiques contenues dans les boues n'évoluent plus en dégagement par exemple, des odeurs émanant du processus de fermentation. Il suffit de contrôler cette phase par une diminution des matières organiques présentes dans les boues.

c. Déshydratation

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à une consistance plus ou moins solide. On distingue trois types de déshydratations :

- Déshydratation naturelle dans des lits de séchages;
- Déshydratation mécaniques par principe de filtration ;
- Déshydratation par centrifugation.

III-7. Description du procédé de fonctionnement de la STEP de Touggourt

Le procédé d'épuration par boues activées est le plus répandu dans le STAP de touggourt, ce procédé est assurant un traitement secondaire. Les boues activées sont utilisées comme épuration biologique dans le traitement des eaux usées.

La boue activée, composée essentiellement de micro-organismes floculants, est mélangée avec de l'oxygène dissous et de l'eau usée. C'est ainsi que les micro-organismes de la boue activée entrent constamment en contact avec les polluants organiques des eaux résiduaires, ainsi qu'avec l'oxygène, et sont maintenus en suspension. Ce processus est en fait une intensification de ce qui se passe dans le milieu naturel. La différence provient d'une plus grande concentration en micro-organismes, et par conséquent, d'une demande volumique en oxygène plus importante.

III-7.1. Le relevage

L'eau brute arrivée sous pression par une conduite de refoulement à partir de réseau de la ville, l'eau chargée coule gravitairement dans un canal de 800 mm de diamètre. Au moment où le débit se présente, on démarre une seule pompe de relevage.

Hauteur manométrique totale : 06 m

Débit de chaque pompe : 586 m³/h

Marque : HOMA

Puissance : 55 Kw



Figure 7: photo station de relevage

III-7.2. Le Dégrillage

Ce dégrillage prendra place dans un regard en tête de la station, après le poste de relevage.

L'installation comporte:

- Une grille mécanisée, type inclinée.
- Une grille de by-pass à raclage manuel.



Largeur du canal : 800 mm
Hauteur d'eau : 400 mm
Surface mouillée : 0.32 m²
Espace entre barreaux : 20 mm
Epaisseur des barreaux : 40 mm
Angle d'inclinaison : 60°
Moto-réducteur : FLENDER-
HIMMEL
MOTOX Type CA 80 / A 9056 –
L 16 (DN 50)
220 / 380 V – 50 Hz , 4 / 2.3 A ,
IP 55
915 Tr / min , 0.75 Kw /

Figure 8: photo du dégrilleur

III-7.3. Dessablage-déshuilage

L'eau dégrillée passe dans le dessableur-déshuileur aéré. L'aération du dessableur-déshuileur est assurée par 02 surpresseurs d'air.

Le sable décanté est évacué par une pompe à sable submersible portée par un pont racleur qui fait le " va- et- vient", il est évacué dans un container en acier galvanisé. Les huiles sont piégées dans une zone de tranquillisation, elles sont raclées en surface pour être récupérées dans un container à huile.



Longueur: 15 m
Largeur du dessableur: 2 m
Largeur du déshuileur: 1.10 m
Hauteur d'eau maximum: 2.65 m
Dispositif d'aération (Surspresseur): 02
Débit: 70 m³/h
Puissance: 2.2 kw
14 cannes d'injection d'air
Dispositif d'évacuation automatique:
Débit de pompe a sable: 5 m³/h
Puissance: 2.5 kw submersible
Racleur :
Longueur: 2500 mm

Figure 9: photo du dessableur-déshuileur

III-7.4. Le bassin d'aération

L'eau est répartie dans deux bassins d'aération rectangulaires. L'apport en oxygène est assuré par 04 turbines d'aération, l'eau aérée est transférée vers les deux décanteurs à partir de deux goulottes installées latéralement.



Figure 10: photo du bassin d'aération

Type de traitement : biologique
Capacité de traitement en DBO5: 3.375 kg/j
Volume utile du 02 bassin :
7.200 m³
Longueur: 40 m
Largeur: 20 m
Profondeur d'eau: 4.5 m
Temps de passage moyen: 18.5 h
Charge massique moyenne:
0.078 kgDBO5/ kg .M.S.J
Charge volumique moyenne:
0.47 kgDBO5/kg .M.S.J
Apport oxygène : 80 kg O2/h
Vitesse entrée/sortie:
1450/31 tour/min
Concentration: 6 g/l
Moteurs électriques : UNELEC (FRANCE)
FT 25 M 34 V 1 IP 55
N° 701363 R00001 / N° 701363 R00002 / N° 701363
R00003 /
N° 701363 R00004
380 / 660 V. 50 Hz
87 A , 45 K w , 1480 Tr / min , COS Phi = 0.85
Réducteur de marque : licence HANSEN (FRANCE)
Type : RNE 36 AN
N° E 30.231/3RX176. N° E 30.232/3RX176. N°
E30.233/3RX176.
N° E 30.234/3RX176
Moteurs puissance : 45 Kw

III-7.5. décanteur secondaire

L'eau décantée est évacuée par des lames déversantes crantées disposées réglementé sur le pourtour du bassin de décantation. L'eau se déverse dans une goutlotte circulaire qui débouche dans un puisard au bassin de chloration.



Hauteur périphérique:
2.60 m
Dian ext.: 24 m
Surface unitaire: 452 m²
Volume cylindrique :
1.175 m³
Temps de passage moyen:
3.5 h

Figure 11: photo du décanteur secondaire

III-7.6. Bassin de chloration

La désinfection dans le bassin de chloration rectangulaire, elle est assurée par de l'hypochlorite de sodium, Le passage obligé imposé par la chicane entre l'entrée et la sortie du bassin de chloration garantit le respect de ce temps de contact pour l'intégralité de l'effluent à épurer.

L'eau désinfectée est évacuée à partir d'un puisard une conduite. Elle passe ensuite dans un regard avant d'être rejetée dans l'oued Rhig.



Longueur: 15.7 m
Largeur: 6 m
Profondeur utile: 2.96 m
Profondeur totale: 3.20 m
Volume utile: 278.8 m³
Temps de séjour pour le débit de pointe: 27 min

Figure 12: photo du bassin de chloration

III-7.7. Vis d'Archimède (boues de recirculation)

Les boues proviennent des fonds des deux décanteur. Elles sont raclées et collectées dans la fosse centrale à partir de laquelle, elles sont transférées gravitairement vers une bêche à boues par une conduite. La plus grande partie, dite " boues recirculation" est recyclée vers le bassin d'aération et l'autre partie, dite "boues en excès" est pompée vers l'épaississeur.



Débit de vis : 500 m³/h
Débit de pompe : 384 m³/h
Hauteur de relevage : 1.05 m
Angle: 30
Diam. Vis : 0.85 m
Diam. Poutre: 0.455
Hauteur de remplissage: 0.565m
Longueur vis : 3.23 m
Puissance installée : 4 kw
Vitesse d'entrée/sortie : 1500/50 T/min
Rendement de réducteur : 97 %
Rendement accouplement : 98%

Figure 13: photo vis d'Archimède



Pompe des boues en excès :
 Marque:ABS PUMPEN,GMBH-SCHUIDERHONE ,D5204
 LOHMAR
 Type : AF 15-4-LK-CB 12-HTA
 N° 653046 A-00706
 380 V , 6A , 50 Hz
 P1n: 1.95 Kw
 P1n: 1.50 Kw
 1415 Tr/min

Figure 14: photo pompe des boues

III-7.8. L'épaisseur (boues en excès)

Les boues en excès subissent l'épaississement avant d'être séchées. L'épaississement, dont l'objectif premier est d'augmenter la concentration des boues en vue de les rendre plus pelletables.



Figure 15: photo de l'épaisseur

Débit de pompe : 20 m³/h
 Hauteur cylindrique : 4.3 m
 Hauteur d'eau en périphérie : 4 m
 Diamètre : 8 m
 Profondeur conique : 0.5 m
 Surface : 50 m²
 Volume : 208 m³
 Temps de stockage : 3.3 jour
 Vitesse de rotation : 450 T/min
 Concentration atteinte : 4 à 6 %
 Volume moyen des boues épaissies:
 62.5 m³/j
 *Moto-réducteur : SEW
 USOCOME
 Type : RF 96R60DT71C4
 N° 90 / 486618
 380 V , 1.47 / 0.85 A – 50 Hz
 0.25 Kw – cos Phi : 0.70 – 800
 Tr/min – IP 55

III-7.9. Les lits de séchage

Après épaissement, les boues sont transférées vers les lits de séchage par une pompe. Les boues expansées à l'air libre subissent une double déshydratation : par percolation interstitielle (drainage) et évaporation. Au bout d'un temps qui peut être plus ou moins long (en fonction de la température et de l'humidité).



Longueur: 25 m
Largeur: 8 m
Surface unitaire : 200 m²
Nombre de lits: 16
Hauter de remplissage:
0.4 m
Volume total annuel vers
le lit de séchage:
18.250 m³/an

Figure 16: photo de lits de séchage

III-8 Conclusion

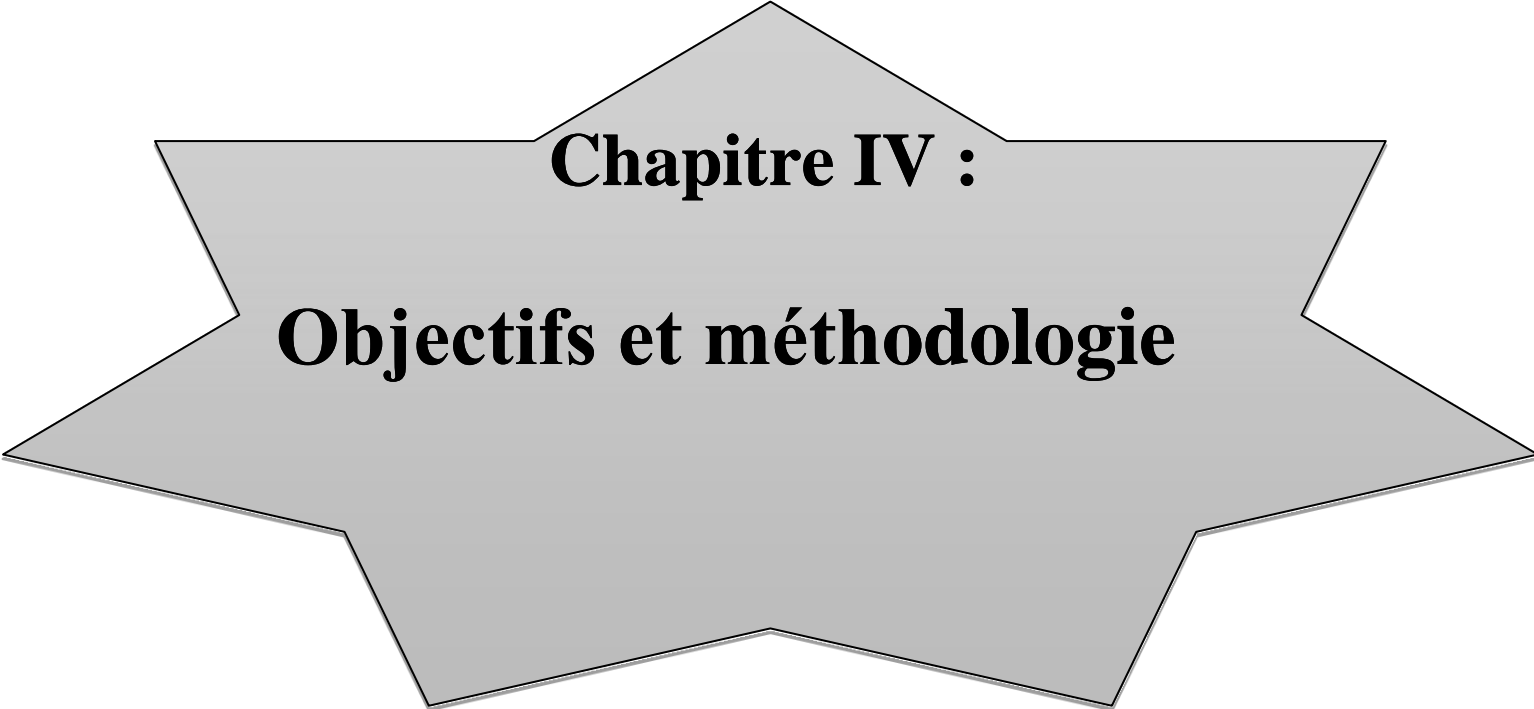
Ce chapitre nous a permis de donner une description sommaire de la station d'épuration de la ville de Touggourt et décrire les différents procédés de traitement des eaux usées utilisées dans cette station à savoir : les prétraitements, traitement biologique, décantation et le traitement des boues.

L'assainissement des eaux usées est une étape importante et décisive pour préserver la ressource en eau. Sans elle, les rivières se transformeraient en égout. Par le traitement des eaux usées, deux sous produit essentiel sont générés (l'eau épurée et la boue) . Ces deux éléments peuvent constituer des appoints dans le domaine de l'agriculture tels que l'apport de nouvelles ressources hydrique et l'amendement en fertilisant et en engrais naturels.

Le traitement des eaux usées permet de maintenir la qualité de notre environnement et d'obtenir toute une gamme d'eaux de qualité différente pour les réutilisations agricoles, industrielles et urbaines.

Les filières de traitement utilisées ainsi que les traitements biologiques appropriés constituent les techniques de base pour l'épuration des eaux et par conséquent la protection de l'environnement.

La réutilisation des eaux usées permettra un gain en ressources naturelles, une protection de l'environnement et l'équilibre écologique .



Chapitre IV :
Objectifs et méthodologie

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. Généralités sur *Portulaca oleracea* L

Portulaca est une famille de plantes dicotylédones qui comprend 20 genres et 500 espèces. Ce sont des herbes vivaces ou annuelles, souvent succulentes.

Le genre *Portulaca* comprend plus de 100 espèces de plantes herbacées annuelles, charnues ou sarmenteuses (Bailey et Bailey, 1976). Le pourpier, En arabe 'Rejlah', se produit dans la péninsule arabique et les zones adjacentes, y compris, Émirats arabes unis et Oman. Le pourpier est également consommé comme légume dans certaines provinces de la Chine. La partie utilisée est la tige, feuillée et la partie aérienne. Un membre de la famille Portulacaceae, est l'un des 25 genres de plantes succulentes et arbustes de cette famille. Le genre *Portulaca* comprend environ 40 espèces de tropicales et des espèces de climat chaud. Cette plante a une vaste distribution du vieux monde s'étendant de Nord d'Afrique à travers le Moyen-Orient et sous-indien continent en Malaisie et en Australie. *Portulaca oleracea* est listé dans l'Organisation mondiale de la santé comme une des plantes médicinales les plus utilisées et il a été donné le terme. Elle est une plante annuelle de la famille des Portulacaceae. C'est une plante aux tiges rampantes, longue de 10 à 30 cm, à feuilles opposées, rondes, épaisses fleurs jaunes, solitaires, 5 pétales libres avec 6-12 étamines, les grains sont ovales, très petites et généralement de couleur noire (MIYANISHI et CAVERS, 1980).



Figure 17 : *Portulaca oleracea*(Clark, 2007).

IV.4. Caractères morphologiques de *Portulaca oleracea*

Portulaca oleracea est une plante herbacée annuelle (Bermejo et Leon, 1994). Il se développe en touffe et peut atteindre 30 cm de hauteur (Bourgeois, 1993).

La tige est cylindrique, épaisse, plane, succulente et totalement glabre (Akobundu, 1989), souvent rougeâtre mesurant de 0.2 à 0.5m de longueur (Holm et al., 1977).

Les feuilles sont opposées et parfois alternes (Beloued, 2009), à pétiole mesurant entre 1 et 3mm de long, Le limbe obovale à spatulé, épais et succulent de 0,5 à 2cm, La nervure principale est marquée par une dépression longitudinale sur la face supérieure du limbe (Bourgeois et Merlier, 1995).

La racine est pivotante, épaisse, mesurant entre 2 à 11cm (Reaume, 2009). De nouvelles racines peuvent se développer à partir des rameaux (Bourgeois et Merlier, 1995).

Les fleurs sont axillaires et solitaires. Elles sont sessiles, de couleur jaune, mesurant entre 5 à 10mm de large et 4 à 6mm de long. 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. La corolle comprend 5 pétales libres, bilobés ou trilobés au sommet d'une largeur de 3 à 6mm. L'androcée porte de 6 à 15 étamines, insérées au fond du tube, à filet jaunâtre (Reaume, 2009). Le gynécée est à ovaire semi-infère surmonté d'un style jaune de 4 à 6 stigmates linéaires ciliés (Bourgeois et Merlier, 1995).

Le fruit est une capsule déhiscente, de forme globuleuse mesurant de 4 à 8 mm et contient de nombreuses graines. Ces dernières sont noires, orbiculaires et réniformes d'un diamètre de 0,5 à 1mm.

Portulaca oleracea. est une adventice cosmopolite qu'on rencontre surtout dans région chaudes et tempérées de la terre, pourrait être originaire d'Asie et s'étendre à d'autres parties du monde, notamment en Afrique et dans la région méditerranéenne, au Moyen-Orient, en Asie du sud, en Europe, en Amérique et en Australie (Dugawale et al, 2019).



Figure 18 : Morphologie de *Portulaca oleracea* (CHANGIZI et al., 2013).

IV.5. Classification de *Portulaca oleracea*

La classification de la plantes *Portulaca oleracea* est selon le tableau 08.

Tableau 08 : Classification de *Portulaca oleracea*

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Superdivision	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Portulacaceae
Genre	<i>Portulacae L</i>
Espèce	<i>Portulacae oleracea L</i>

IV.6. Utilisation de *Portulaca oleracea*

Il 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, Il est actuellement considéré comme un aliment très intéressant et inclue dans la liste des « World Economic Plants », Au même temps, il est employé en médecine populaire depuis très longtemps, afin de traiter les maux de tête, les maux d'estomac, les mictions douloureuses, l'entérite et la mammite (Leung et Foster, 1996).

Le pourpier est une plante médicinale agréable qui a de multiples usages on attribue au pourpier les propriétés suivantes; antiscorbutique, relaxante et vermifuge, anticancéreuses, inflammatoires, anti ulcéreuse, antimicrobiennes et anti-oxydantes (Dugawale et al., 2019).

Dans le sud algérien et en particulier dans la région de Touggourt, il est utilisé avec d'autre légumes, dans le couscous et lui donne un gout appétissant. Il est laxatif et bénéfique en cas d'irritation des muqueuses.

IV.7. Culture et récolte de *Portulaca oleracea*

Le pourpier se développe rapidement en atmosphère chaude, sur des terrains légers et riches. La culture à l'air libre doit être réalisée au printemps mais il peut être cultivé en serre, en semant à la volée et en enterrant les graines à l'aide d'une légère pression. Le premier et le deuxième arrosage sont essentiels pour la germination et la croissance de la plante. 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.8. Protocole expérimentale

IV.8.1. Matériel expérimental utilisé

Cette étude a été menée en 05/08/2020 dans la zone agricole sidi amrane à Djamaa, 3acres ont été préparés :

Le premier est le témoin : eau de la nappe (nappe du complexe terminal dont leurs analyses physico-chimiques sont présentés dans le tableau 03 en annexe) + matière organique naturelle.

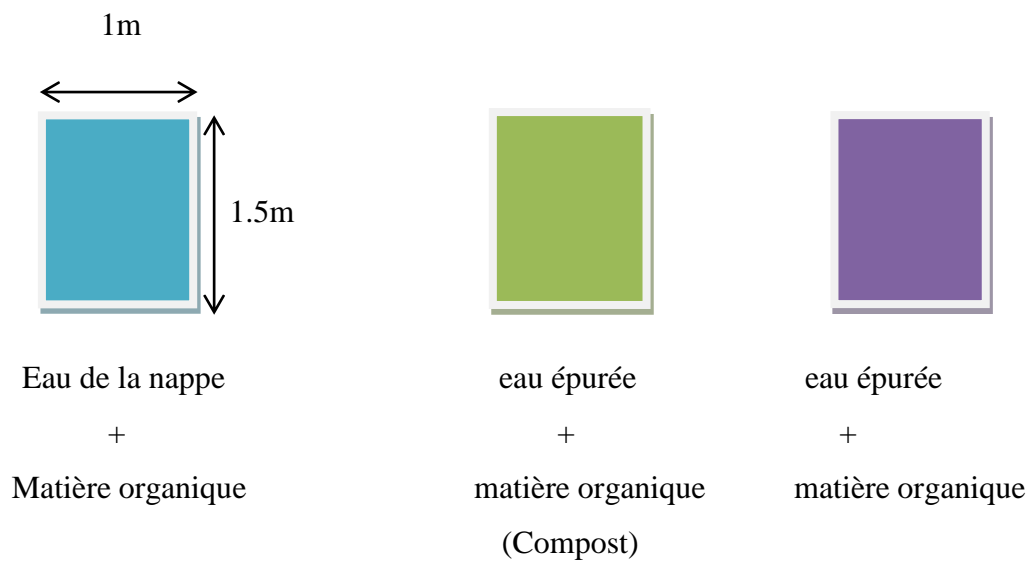
Le deuxième : eau épurée + matière organique naturelle.

Le troisième : eau épurée + matière organique extraite de la station (STEP).

Le 05/08/2020 c'était une greffe de grains (*Portulaca oleracea*), La sol a été retourné avec des lingettes et appliquer matière organique en quantités égales en suite nous mélangeons la matière organique avec de la terre, nous pulvérisons régulièrement les graines de (*Portulaca oleracea*), En suite les grains ont été déposés et couverts puis le processus d'arrosage trois fois par semaine.



Figure 19 : Acres après la transplantation



IV.8.1.1. Processus de préparation de la terre

La terre a été retournée avec une vadrouille nivelée avec un peigne et préparée pour le semis.



Figure 20 : Acres prêt à semer

IV.8. 1.2. Le processus de fertilisation organique des soles

Le compost a été ajouté uniformément sur les acres, puis le compost a été mélangé dans le sol avec une vadrouille et le sol a été nivelé avec le peigne, puis arrosé directement pendant plusieurs jours.

Après la germination et le développement du processus de croissance de la plante 'Portulaca oleracea', des mesures morphologiques ont été prises pendant la phase de croissance végétale de la plante la phase de croissance végétale de la plante étudiée.

IV.8.1.3. Mesures morphologiques

* Hauteur de la plante (HP)(cm) :

La longueur de la plante a été prise du début de la tige (surface du sol) à l'extrémité des feuilles.



Figure 21 : Acres après la croissance de la plante ‘bandrag’

IV.9. Paramètres physicochimiques de l'eau

IV.9.1. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dessous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, dans l'activité biologique, pour la connaissance de l'eau et des mélanges éventuelles,

D'une façon générale la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'aire et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde.

Dans le cas de station Touggourt le dispositif utilisée est le pH-mètre pour déterminer la température.



Figure 22: PH mètre pour mesurer la température.

IV.9.2. Potentiel hydrogéné (pH)

Le PH est relatif la concentration en ions (H^+) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. En absence d'influences externes le pH est le reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeurs du milieu mais il est également l'indicateur de certaine pollution directe ou indirecte. En retour, il influence de nombreux processus chimiques ou biologiques en régulant, d'une part les concentrations ou la spéciation d'espèces mineurs telle que les métaux (précipitation, dissolution, complexassions) d'autre part, les réactions enzymatiques très sensible à de petites variations de ce facteur, la plupart des bactéries vivent à pH entre 6.5 – 8.5, par contre les moisissures vivent en milieu acide, pH inférieur à 5. Le PH est déterminé à l'aide d'un pH mètre. La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil.

IV.9.3. Détermination de la conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de l'unité de la conductivité est le siemens par mètre (s/m).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivant :

Résistivité (Ωcm) = 1000000

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

- Matériel : Conductivitémètre
- Mode opératoire : d'une façon général, préparé de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée. Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner, faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées. Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.
- Expression des résultats : le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

IV.9.4. Détermination d'O₂

- Appareil : Oxymètre
- Mode opératoire : on prend une quantité de l'eau usée dans un bécher après on descend l'électrode d'oxymètre dans bécher.

IV.9.5. Détermination la NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}

- Appareillage : spectrophotomètre
- Mode opératoire : on vers 10 ml de l'échantillon dans la bouteille d'appareil. On ajoute le produit chimique et on agite la bouteille, ensuite on la pose dans l'appareil. On prend les résultats en (mg/l).
- Expression des résultats : le résultat est donné directement en mg/l .

IV.10. Les analyses biochimiques

IV.10.1. La matière en suspension (MES)

La détermination de la matière en suspension dans l'eau s'effectue par filtration et par centrifugation.

La méthode par filtration est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales pour être filtré de bonne condition, en particulier si le temps de filtration est supérieur à une heure.

IV.10.2. Méthode par centrifugation

L'eau est centrifugée à 1600 tr/mn pendant 10 à 15 mn le calot est recueilli, séché à 105 °C et laisser refroidir ou dessiccateur et pesé.

IV.10.3. Expression des résultats

La teneur de l'eau en matière en suspension mg/l est donnée par l'expression (1).

$$[(M1 - M2) / V] \cdot 1000 \text{ mg/l (1)}$$

- M1 : la masse de capsule vide
- M2 : la masse de capsule pleine après dessiccation à 105 °C
- V : le volume d'eau traité en ml

IV.10.4. Matériels spéciaux

- Centrifugeuse susceptible de 2000tr/mn avec pots.
- Capsule en porcelaine.

IV.10.5. Détermination de DCO

- Appareillage : réacteur, spectrophotomètre DREL/820
Adaptation de tube DCO sur DREL/820
- Mode opératoire :
- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- Placer le tube bouché dans le réacteur DCO et chauffer deux heures à 150 °C.
- Lire la DCO directement avec un réacteur.

IV.10.6. Mesure de la DBO₅

La DBO₅ des eaux usées est un critère largement employé comme indicateur de la matière organique qui peut être décomposée par action microbienne dans une période et une température de 20 °C. Le teste de la DBO₅ est largement utilisé par les organismes de contrôle afin d'évaluer l'efficacité de leur station de traitement. Il repose sur la mesure de l'oxygène consommé dans un échantillon d'eau et de ces dilutions pour dégrader la pollution initiale par voie biologique. L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermo staté est

mis à incuber en présence d'air. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissout dans l'air d'un récipient fermé. Généralement l'intervalle de temps limité à 5 jours.

IV.10.7. Prélèvement et échantillonnage de l'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau conditionne les résultats analytiques et les interprétations pour ne pas y modifier les caractéristiques physicochimiques d'eau. (Amouria et Medjouri, 2007). Dans notre cas, nous avons effectué le prélèvement de l'échantillon d'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP de Touggourt. L'opération s'est faite manuellement à l'aide d'un petit récipient qui est ensuite transvasé dans des bouteilles avant de prendre l'échantillon au laboratoire de la station d'épuration pour effectuer les analyses appropriées.

La fréquence d'échantillonnage est de l'ordre d'une à deux fois par semaine pour les analyses de : DBO, DCO, NO_2^- , NO_3^- .

IV.11. Conclusion

Le but d'analyse des eaux usées urbaines est d'apprécier la qualité de ces eaux, autrement dit ; déterminer les différents paramètres physico-chimiques et biologiques. Cette étape est indispensable car elle nous aide de prévoir les traitements ultérieurs nécessaires. Les paramètres à analyser sont : le pH, la Température, MES, DCO, DBO₅, NO₂⁻, NO₃⁻.

Dans ce chapitre nous avons expliqué les paramètres utilisés pour constater les résultats de croissance de la plante récolté et rosier par deux types d'eaux et deux types de la matière organique.



Chapitre V

Résultats et discussions

V.1. Introduction

Toutes les analyses que nous avons effectuées correspondent à celles réalisées par les Techniciens dans la station d'épuration et sont portées sur les différents paramètres suivants :

PH, T, DCO, DBO, MES, le phosphore, l'azote ammonium, les nitrates et le nitrite

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

V.2. Résultats physico-chimiques

A travers les analyses physico-chimiques de l'eau utilisée dans l'irrigation du *Portulaca oleracea* (l'eau utilisée pour l'irrigation dans la nappe de culture CT2 et l'eau traitée STEP, on les retrouve toutes dans les normes d'eau traitée utilisée en irrigation selon les normes algériennes pour l'eau traitée destinée à l'irrigation (le journal officiel, l'histoire du journal dans le tableau des normes en annexe).

Après avoir effectué les mesures étudiées, les résultats obtenus ont été enregistrés dans la tableau suivant.

Tableau 09 : les résultats des paramètres d'eau épurée et d'eau nappe dans La Station d'épuration Touggourt

paramètres	Eau épurée	Eau de la nappe (CT2)
MES (mg/l)	21	12,5
DBO5 (mg/l)	14	
O2dissous (mg/l)	4,64	5,74
Salinité (mg/l)	2,80	1,6
Conductivité (µs/cm)	5,26	5,8
T (°C)	32,50	21,35
pH	7,92	7,2

V.3. 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 et d'engrais (eau d'irrigation pour la culture, eau de traitement, engrais ordinaire et engrais végétal).

Nous avons pris des photos de chaque type d'acres pendant la croissance par mois.



Figure 23 : Une photo d'acres prise après 10 jours.

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



Figure 24 : Une photo d'acres prise après 16 jours.

➡ Après 16 jours, nous remarquons dans l'acre 01 (matière organique de la STEP), est plus dense en termes de croissance par rapport aux acres 02 et 03. La Hauteur moyenne de la plante dans l'acre 01 à une longueur de (06 cm) et acres 02 (matière organique + eau épurée) et 03(matière organique+ eau de la nappe) (04 cm).



Figure 25 : Une photo d'acres prise après 23 jours

➔ Après 23 jours ; La plante *Portulaca oleracea* est entièrement cultivée par acre 01 (matière organique STEP+ eau épurée) et croissance intensive, la hauteur moyenne dans ce dernier 20 cm, Croissance incomplète dans les acres 02 et 03 la hauteur moyenne 15 cm.



Figure 26 : Une photo d'acres prise après 30 jours

➔ Après 30 jours, Une augmentation de la longueur de la plante, portant la longueur moyenne de la plante à 25 cm dans l'acre 01, et le acres 02, 03 Croissance terminée Divergence dans la croissance des plantes, la hauteur moyenne dans le tableau 12.

(1)



→ Eau épurée + Matière organique (STEP)

(2)



→ Eau épurée + Matière organique

(3)



→ Eau nappe (CT2) + Matière organique

Figure 27 : comparaison entre des acres diverses

En observant sur les photos on constate que l'acre 01 (matière organique de la STEP + eau épurée), Il a un grand nombre de plantes Par rapport aux acres irrigués avec de l'eau épurée + eau de la nappe + matière organique.

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

La croissance faible et lente de la plante de Portulaca oleracea est due au temps (La saison de la fin de la culture du Portulaca oleracea).

V.4. Hauteur de la plante HP

Les résultats présentés dans le tableau pour mesurer la hauteur moyenne des plantes (HP) ont montré que la moyenne la plus élevée était enregistrée dans une acre contenant des engrais végétaux et de l'eau végétale traitée, où la plante la plus haute de cette dernière atteignait 25 cm, tandis que dans les autres acres, elle était de 20 cm.

Tableau 10 : mesures de la hauteur moyenne des plantes (HP)

Eau + engrais	Hauteur moyenne de la plante
Eau épurée + Matière organique (STEP)	25
Eau épurée + Matière organique	20
Eau nappe (CT2) + Matière organique	20

V.5.Conclusion

Selon les résultats d'analyses effectuées dans le laboratoire de la station, nous remarquons la grande différence entre les valeurs des eaux épuré et celles des eaux de la nappe. Cela reflète le degré d'efficacité du traitement biologique des eaux résiduaires de Touggourt qui a un rendement pouvant atteindre 98%. Dont les résultats de chaque paramètre donnent une idée que les eaux usées traitées dans la station de Touggourt sont aptes pour irriguer les plantes.

NB / reste de compléter les résultats et de vérifier la possibilité de la consommation de ce genre des plantes irriguées par des eaux épurées et effectuées des analyses microbiologiques est obligatoire.

CONCLUSION GENERALE

Nous nous sommes intéressés dans ce mémoire de Master à l'étude de la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation. La technique proposée, l'étude a été divisée en Cinq parties.

Dans le premier chapitre nous avons présenté en premier lieu, 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 ensuite, les différentes méthodes utilisées pour leur épuration, où nous avons valorisé la technique d'épuration.

Le deuxième chapitre s'est intéressé à la présentation de la réutilisation des eaux usées, et les possibilités de réutilisation des eaux usées en agriculture.

Le troisième chapitre a pour but de présenter la station étudiée et ses paramètres ont suivis. Après la présentation de la station de Touggourt (station à boues activées ainsi que la description du procédé de fonctionnement de la STEP).

Le quatrième chapitre, a été consacré à la définition de la plante étudiée leur utilisation et sa morphologie, aux méthodes de préparation de la terre, l'implantation de la portulaca oleracea ainsi que les méthodes de fertilisation et d'irrigation.

Le cinquième chapitre a été consacré pour constater les résultats d'irrigation pour l'eau de la nappe et l'eau épurée de la station étudiée ainsi que l'utilisation de deux types des engrais. La hauteur de la plante irriguée et la concentration en DBO_5 .

Nous espérons que cette étude aura un impact sur les perspectives de la valorisation de la possibilité de la réutilisation des ressources en eaux non conventionnelles telles que les eaux usées, épurées aux boues activées, pour l'irrigation.

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

Bibliographie

A

ALPHA SEDDIKI.M (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 paper29,Révision1.

B

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) Institue d'aménagement et d'urbanisme de la région le de France.

Bechak, J. et Boutin, B. 1983. Traitement des eaux usées. 2eme 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.1er édition, 2e 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 urbaines 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. 8^{ème} 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, 5^e 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 ,(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.,Vermeij 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

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

DEBIANE .DJ et DJENADI.S.(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 Cinquanteenaire.9ème édition française. Paris

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

Dugawale T.P.,Khanwelkar C.C.,Durgawale P.P.,2019-Quautilatve 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

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. Eyrollss. 2eme edition, 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.

HAMI.A ;(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 KESSIKH (2012) : Evaluation des performances épuratoires de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou et calcule 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

Labed, F. et Meftah, S. 2007. Contribution à la caractérisation et l'effet de l'écosystème sur l'agrosystème dans la Daïra de Touggourt. Mém. Ing. Eco et

Env. Écosystème steppique et saharien. Uni d'Ouargla.130p.

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 rurale.

M

Mekkaoui, Y. et Hamdi, D. 2006. Etude de réutilisation des eaux usées traitées de laSTEP

deTouggourt dans l'irrigation. Mém. Ing. Génie des procédés. Génie de l'environnement. Univ. d'Ouargla.60p.

Mohammde Ouli, S. 2001. Procédés unitaires biologiques et traitement des eaux, Ed OPU, Alger. 70p.

N

Neggache N .,2016 .La réutilisation des eaux usés Epurées de la station d'épuration de Zemmouri .Mémoire de master en Géme de procediés ,Unifersité M'haed Bourgra Boumerdas.

O

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

17-60

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

R

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. 8 ème 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

Sahnoun A.Y.(2010) ,caractérisation et valorisation des boues des stations d'épurations des eaux usées ,USTO-MB.Oran ,P159,2010.

Syed S ., Fatima N., kabeer G ,2016.protulara L;A Mini Review on phytochemistry and pharmacology . International Journal of Biology and Biotechnology , 13(4);637-641.

T

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

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

Y

YAHJ.H. (2011) :Le traitement des eaux de consommation. Cours polycopie, 4ème année 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 de Bejaia » , 2013-2014 ,p3.

ANNEXE 01

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

	<u>Paramètres</u>	<u>Unité</u>	<u>CONCENTRATION</u> <u>ADMISSIBLE</u>
<u>Physiques</u>	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		
<u>Chimiques</u>	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (NO3-N)	mg/l	30
	Bicarbonates (HCO3)	meq/l	8.5
<u>Eléments</u> <u>toxiques (*)</u>	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
	Mercuré	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.00
	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.

ANNEXE 02
OFFICE NATIONAL DE L'ASSAINISSEMENT
DIRECTION DE L'XPLOITATION
BILAN MENSUEL DE L'EXPLOITATION DE STEP TOUGGOURT 2020

MOIS		Janv	fév	mars	avril	mai	juin	Juil
Débit m³/j	en	7524	6087,15	5464,8	6285,6	5421,6	4838,4	5227,2
	so	5720,8	6084,34	5458,6	6279,9	5416,4	4835,04	5224
T (°C)	en	21,40	22,20	25,60	24,6	29,30	30,7	34 ,30
	so	18,20	18,20	21,30	24,60	28,90	28,70	32,50
Conductivité (µ/cm)	en	5,32	6,12	6,22	4,88	7,78	4,78	5,17
	so	5,40	5,49	6,37	5,16	7 ,66	5,13	5,26
salinité	en	2 ,90	3,30	3,40	2,60	2,20	2,60	2,80
	so	2,90	3 ,00	3,40	2,80	3,30	2,80	2,80
PH	en	7,28	7,53	7,72	7,72	5,92	7,48	7,65
	so	7 ,12	7 ,10	7 ,71	7,57	7,12	7 ,45	7,92
O2(mg/l) Dissous	en	0,12	0,81	0,16	0,65	0,10	0,17	0,65
	so	6,13	4,54	4,25	5,60	3,09	4,31	4,64
N-NO2 Mg/l	en	0,032	/	/	/	/	/	/
	so	0,021	/	/	/	/	/	/
MES mg/l	en	113,2	116 ,3	88,5	76,9	133,20	150	116
	so	14,10	16,00	22,00	25,00	21,00	20,00	21,00
DCO mg/l	en	225	323	358	274	298	341	256
	so	44,8	59,00	30,00	39,00	35,60	24,30	42,50
DBO5 mg/l	en	90,00	150	150	130	150	200	150
	so	10,00	9,00	14,00	13,00	6,00	16,00	14

Tab. Analyses chimique de l'eau de la deuxième nappe de mio-pliocène(CT2)

AGENCE NATIONAL DES RESSOURCES EN EAU/TOUGGOURT

	CT 2 en mg/l						CT 2 en meq/l						CT 02								
	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	Ca	Mg	Na+K	Cl	SO ₄	HCO ₃	R,S	Ph	cond	D.H.T	SAR	ieb	ca/mg	ca/so4	Na/Cl
F01	198	337	411	934	1312	134	9,88	31,00	17,87	26,31	27,33	2,20	4,9	7	6,9	204,40	3,95	0,32	0,32	0,36	0,68
F02	135	367	443	1136	1060	132	6,77	30,20	19,28	32,00	22,08	2,17	4,7	7,1	6,9	184,87	4,48	0,40	0,22	0,31	0,60
F03	199	299	465	1113	1030	140	9,97	24,59	20,22	31,35	21,46	2,30	4,3	7,15	6,8	172,79	4,86	0,36	0,41	0,46	0,64
F04	114	327	1410	2496	968	151	5,71	26,92	61,28	70,31	20,17	2,48	3,9	7,2	4,9	163,13	15,17	0,13	0,21	0,28	0,87
F05	109	348	321	742	1205	144	5,45	28,59	13,94	20,90	25,10	2,36	4	7,2	5,8	170,22	3,38	0,33	0,19	0,22	0,67
F06	151	514	570	1590	1320	138	7,55	42,26	24,77	44,80	27,50	2,26	6,8	7,2	9,6	249,07	4,96	0,45	0,18	0,27	0,55
F07	134	410	967	1851	1335	119	6,68	33,72	42,04	52,14	27,81	1,95	7,3	7,3	10	201,99	9,36	0,19	0,20	0,24	0,81
F08	147	410	1410	2486	1370	166	7,37	33,74	61,32	70,04	28,54	2,73	7,2	7,25	10,2	205,53	13,53	0,12	0,22	0,26	0,88
F09	171	438	464	1218	1329	118	8,56	36,02	20,17	34,32	27,69	1,93	5,8	7,3	7,7	222,91	4,27	0,41	0,24	0,31	0,59
F10	163	450	323	1180	1156	129	8,14	37,02	14,03	33,24	24,08	2,11	6	7,1	7,9	225,82	2,95	0,58	0,22	0,34	0,42
F11	134	438	709	1531	1360	121	6,71	36,02	30,82	43,12	28,33	1,98	5,3	7,15	7,8	213,65	6,67	0,29	0,19	0,24	0,71
F12	156	410	536	1455	1040	128	7,80	33,70	23,30	40,99	21,67	2,09	5,5	7,2	7	207,50	5,11	0,43	0,23	0,36	0,57
F13	166	516	789	1961	1205	238	8,31	42,43	34,32	55,23	25,10	3,90	4	6,9	6,4	253,72	6,81	0,38	0,20	0,33	0,62
F14	201	455	684	1580	1480	162	10,05	37,42	29,74	44,51	30,83	2,66	4,2	7,3	5,8	237,34	6,10	0,33	0,27	0,33	0,67
F15	194	477	473	1325	1371	131	9,70	39,23	20,57	37,32	28,56	2,15	4,1	7,3	6	244,63	4,16	0,45	0,25	0,34	0,55

ملخص

قد ركز عملنا على دراسة تسيير نواتج تصفية مياه الصرف الصحي في محطة تقرت وآثارها الزراعية البيئية على محيط الاستصلاح، وقد أجريت دراسة مقارنة بين مساحات الاستصلاح الزراعي المسقية تقليديا بمياه طبقة المركب النهائي مع مساحات الاستصلاح الزراعي المسقية بالمياه الصرف الصحي المعالجة. وقد سمح نهج الدراسة المتبع من خلال التحقيقات والاعمال التجريبية على غرس نبتة البندراق التي تعتبر مستهلك طبيعي بهذه المنطقة باستنتاج بعض الملاحظات أجريت التجارب في أحواض مختلفة السقي.

النتائج الرئيسية التي تم الحصول عليها في هذا البحث تبين أن الري بمياه الصرف الصحي المعالجة يؤدي الى زيادة في طول النبتة مقارنة بالأحواض الأخرى. رغم الاستهلاك الكبير للمياه عند استعمال الطرق التقليدية مثل طريقة السقي بالغمر أو بالألواح. وتبقى الآثار الزراعية البيئية وخاصة مكونات النبتة من الناحية الميكروبيولوجية التي لم تدرس حاسمة للبحث فيها في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: المياه المستعملة، منتجات الصرف الصحي عملية السقي بمياه المعالجة، الزراعة، تقرت.

Résumé

Nos travaux se sont concentrés sur l'étude de la gestion des produits d'épuration des eaux usées à la station de Touggourt et de leurs impacts agro-environnementaux sur la zone de valorisation. Une étude comparative a été menée entre des zones de valorisation agricole traditionnellement irriguées avec de l'eau de la dernière couche composée avec des zones de valorisation agricole irriguées avec des eaux usées traitées. L'approche d'étude utilisée à travers des enquêtes et des travaux expérimentaux sur la plantation de la plante pendrague, considérée comme un consommateur naturel dans cette région, a permis de conclure à certaines observations que les expériences ont été menées dans différents bassins d'irrigation.

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 bassins. Malgré la grande consommation d'eau lors de l'utilisation de méthodes traditionnelles, comme la méthode d'irrigation par inondation ou par plaques. 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, agriculture, Touggourt.

Summary

Our work has focused on studying the management of wastewater purification products in the Touggourt station and their agro-environmental effects on the area of reclamation. A comparative study has been conducted between agricultural reclamation areas traditionally irrigated with final compound layer water with agricultural reclamation areas irrigated with treated wastewater. The study approach used through investigations and experimental work on planting the pendrague plant, which is considered a natural consumer in this region, allowed the conclusion of some observations that the experiments were conducted in different irrigation basins.

The main results obtained in this research show that irrigation with treated wastewater leads to an increase in plant length compared to other basins. Despite the high consumption of water when using traditional methods such as the flood or plate irrigation method. The agro-ecological impacts, especially the microbiological components of the plant, which have not been studied, remain crucial for future research.

Key words: wastewater, wastewater products, treated water irrigation process, agriculture, reports