

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection de la Ressource Sol-Eau et Environnement

Présenté par :

M^{elle} ALILI Saida & M KERRACHE Tidjani

THEME

**EFFET DES EAUX USÉES TRAITÉES SUR LES
PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUE DU SOL CAS DE LA
STATION WWG TĒMACINE**

Soutenu publiquement :

Le .. /06/2023

Devant le jury :

M DADDIBOUHOUN Mustapha	Présidente	Professeur UKM Ouargla
Mme LAMRANI Cherifa	Examineur	M.A.A. UKM Ouargla
M. IDDER Med Adelelhak	Promoteur	M.C.A. UKM Ouargla
M. SAGGAI Med Mounir	Co- Promoteur	M.C.B. UKM Ouargla

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2022/ 2023

Remerciements

Tout d'abord, louanges à Dieu, qui nous a donné le courage et la patience d'accomplir cet humble travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement M. SAGGAI Mounir et IDDER Med Abdelhak de l'Université de Kasdi Merbah Ouargla pour leur direction de cette recherche.

Nous tenons à remercier Monsieur DADDI BOUHOUN Mustapha, professeur à l'Université de Kasdi Merbah Ouargla, qui nous a fait l'honneur de la présidence du jury.

Nous remercions également Mme LAMRANI Cherifa, professeur au Département des sciences agricoles, qui a bien voulu examiner notre travail.

Mention spéciale au responsable, au personnel technique et à l'équipe administrative de la station d'épuration (Touggourt et Témacine).

Un grand merci à tous les enseignants de l'Université Kasdi Merbah, ainsi qu'à tout le personnel de la bibliothèque et aux techniciens de laboratoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

-A celle qui m'ont comblé d'amour, de soutien et de tendresse. A vous ma signe de douceur, de joie et bonheur à vous ma volonté, ma fierté et mon honneur ;

-À celui qui ont consacré leur vie pour me guider et m'assister : *Mes Chers Parents*

-Je souhaite qu'à travers ce souvenir ils trouveront le fort témoignage pour leurs efforts et leurs sacrifices.

– A mes frères :Khaled &Sghire &Ahmed & Abd alghani & Salah.

– À mes sœurs : Saida, Fatima

– A mes amis Mouad, Yazid, Marwa et Samah. A tous ceux qui m'ont aidé

-À ma famille qui m'a embrassé et a été mon havre de paix et mon soutien dans tous les sens du terme.

-A mes amis, professeurs et tous ceux qui m'ont accompagné dans ce travail

-A tout promotion de Sole et L'eau

-A tous ceux qui ont contribué par leur amitié et leurs encouragements à la réalisation de ce travail.

TIDJANI

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

-A celle qui m'ont comblé d'amour, de soutien et de tendresse. A vous ma signe de douceur, de joie et bonheur à vous ma volonté, ma fierté et mon honneur ;

-À celui qui ont consacré leur vie pour me guider et m'assister : *Mes Chers Parents*

-Je souhaite qu'à travers ce souvenir ils trouveront le fort témoignage pour leurs efforts et leurs sacrifices.

- A mes frères Mohmmmed said & Siradj eddine .

- À mes sœurs Dounia ikhlas .

- A mes mes amis, Wafaa, Iman, Fouzia, Hadja, Habiba, Samah, Marwa. À tous ceux qui m'ont aidé, oncle Hamad. Mon oncle Hassan. Et qui m'a dit bonne chance

-À ma famille qui m'a embrassé et a été mon havre de paix et mon soutien dans tous les sens du terme.

-A mes amis, professeurs et tous ceux qui m'ont accompagné dans ce travail

-A tout promotion de Sole et L'eau

-A tous ceux qui ont contribué par leur amitié et leurs encouragements à la réalisation de ce travail.

SAIDA

Table des matières

Introduction.....	10
Chapitre I : Généralités Sur les Eaux Usées	11
1 Définition.....	12.
2 système d'assainissement.....	13
2.1 Notions- d'assainissement.....	13
2.2 Assainissement non collectif.....	13
2.3 Assainissement collectif.....	14
3 origine des eaux usées.....	14
3.1 Les eaux usées domestique	14
3.1.1 Les eaux usées agricole	15
3.1.2 Les eaux usées industrielles	15.
3.2 Le pollution des eaux.....	16
3.2.1 Définition de pollution.....	16
3.2.2 type de pollution.....	16.
a. La pollution chimique	16
b. Pollution physique	17.
c. pollution biologique.....	17.
4 Les paramètres des pollutions.....	17.
4.1 Les paramètres physique.....	17
a. La température :.....	17
b. La matière en suspension (MES) :	17
c. La Turbidité	17.
d. La couleur.....	17
e. L'odeur	17.
f. Le débit	17.
4.2 Les paramètres chimique :.....	17.
a. Le potentiel Hydrogène (pH).....	17.
b. La Conductivité.....	18
c. Demande chimique en oxygène (DCO).....	18.

d.	Demande biologique en oxygène (DBO5).....	18
4.3	Paramètres Bactériologiques	19.
a.	Les coliformes.....	19.
b.	Les entérocoques	19.
c.	Les bactéries sulfito-réductrices	20
5	Méthode du traitement des eaux usées.....	20
5.1	Le traitement.....	20
5.1.1	Les traitements des eaux et leurs objectifs	20.
5.1.2	Techniques de traitement des eaux usées	20
5.1.2.1	Les étapes de traitement	20
A.	Le prétraitement	20
a.	Le dégrillage.....	20
b.	Dessablage	20.
c.	Le dégraissage-déshuilage.....	21
B.	Le traitement primaire (traitement physico-chimique)	21.
a.	La décantation	21.
b.	Coagulation-floculation.....	21.
C.	Traitement secondaire (traitement biologique).....	21
D.	Le traitement tertiaire.....	21
E.	Les différents procédés d'épuration biologiques	22.
a.	Les procédés biologiques extensifs.....	22
b.	Les procédés biologiques intensifs.....	22
6	Réutilisation des eaux usée traitées	23.
6.1	En agriculture.....	23
A.	Irrigation des pelouses vertes destinées aux loisirs publics	23.
B.	Irrigation des pelouses vertes non attribuées Pour les loisirs publics	23.
C.	L'eau d'irrigation dans ce cas n'est pas en contact avec des personnes	23.
D.	Cultivé avec des plantes proches des personnes	23
E.	Irrigation des cultures vivrières non consommées crues.....	24
F.	Irrigation des cultures vivrières qui poussent au-dessus du sol et n'entrent pas en contact avec l'eau d'irrigation	24

G. Irrigation des pâturages	25
H. Irrigation des cultures industrielles Le contact de l'eau d'irrigation dans ce cas est loin des personnes.....	26
I. Sur les arbres fruitiers	26.
6.2 En industrie.....	26
6.3 Usages domestiques et municipaux.....	26.
A. Réutilisation pour un usage non-alimentaire.....	26.
B. Réutilisation pour un usage alimentaire (eau potable).....	27
6.4 Critères de qualité des eaux usées traitées l'irrigation	27
7 Les Normes.....	27.
Chapitre II : Généralités sur le Sol	28
1. Effets des eaux usées traitées sur le sol.....	31.
2. Les Paramètres physico-chimiques du sol :.....	31
2-1 Impact de l'irrigation avec les eaux usées sur les propriétés physicochimiques du sol :	31.
3. Les Paramètres chimiques du sol :.....	32.
3-1 Le pH :.....	32
3-2 Conductivité électrique et salinité :.....	33
3-3 Teneur en matière organique :.....	33.
4-Salinité du sol	33
• 4-1 Les causes de la salinisation.....	34
• 4-2 Mouvement des sels solubles dans les sols.....	34
• 4-3 Lixiviation des sels.....	34.
• 4-4 Impact de la salinisation sur les sols.....	34
• 4-5 Remonté capillaire.....	34
6-Alcalinité	35
7Sodisation.....	35
Chapitre III :Présentation du région d'étude.....	28
7.1 Localisation de la région de Touggourt.....	37.
7.2 Climatologie.....	37.
7.2.1.1 Température.....	38.
7.2.1.2 Précipitation.....	39

7.2.1.3	Evaporation.....	40.
7.2.1.4	Vent.....	40
7.2.1.5	Humidité relative	41
7.2.2	Synthèse climatique	41.
7.2.2.1	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	41
7.2.2.2	Climagramme d'Emberger.....	42.
7.2.3	Géomorphologie.....	43
7.2.4	Géologie.....	43.
7.2.5	Pédologie.....	43
7.2.6	Hydrogéologie.....	44.
Chapiter Iv	36
8	Station (WWG) de vieux K'SAR de Témacine.....	46
8.1	Présentation de la station d'épuration (WWG) de vieux K'SAR de Témacine.....	46
8.1.1	Situation géographique	46
8.1.2	Présentation de la station pilote WWG.....	46.
8.2	Avantage et inconvénients de la phytoépuration.....	47.
a-	Avantage.....	47.
b-	inconvénients.....	47
9	Les étapes et différents types des traitements de la station d'épuration (WWG) de vieux de k'sar Témacine.....	47.
9.1	Traitement primaire (traitement physique).....	48.
9.1.1	Fosse septique et ses composants.....	48
9.1.2	Filtre de la fosse septique.....	48
9.2	Traitement secondaire (traitement biologique).....	49
9.2.1	Bassin WWG	49
9.2.2	Boite de contrôle.....	49
9.3	Perspective sur l'utilisation de l'eau traitée de la station d'épuration WWG	50
9.3.1	Irrigation souterraine.....	50

9.3.2	La zone de drainage	50.
9.3.3	Sécurité du drainage.....	51.
9.4	Préparer du lieu d'étude	52.
10	Méthode d'arrosage	52.
11	Matériaux utilisés sur le terrain	53
12	échantillons	54
13	Prospection sur terrain.....	55
2	-Techniques des analyses physico-chimiques de l'eau et de sol	55.
2-1	L'eau usée traitée	55
2-2	Le sol	56.
2-2-1	Les méthode utilisées pour l'eau.....	56.
2-2-1-1	Dosage de MES	56.
2-2-1-2	La demande chimique en oxygène (D.C.O).....	56.
2-2-1-3	La demande biologique en oxygène (DBO5)	57
2-2-1-4	Détermination de conductivité électrique, salinité et la température.....	58
2-2-1-5	Détermination de pH.....	59.
2-2-2	Les méthodes utilisées pour le sol	60
2-2-2-1	L'humidité.....	60
2-2-2-2	La granulométrie	61
2-2-2-3	La conductivité électrique.....	61
3-3	analyses chimiques qui sont effectuées sur l'extrait (1/2,5).....	62
3-3-1	Dosage des cations solubles	62
3-3-2	la matière organique	63.
Chapitre V : Résultats et discussions.....		56
1Analyse de eaux.....		56
1.1	Granulométrie	57

1.2	Humidité	58
1.3	PH.....	59
1.4	CE.....	60
1.5	Matière organique :	61
	Conclusion	73
	Résumé :.....	75.
	REFERENCE :.....	76
	ANNEXE	710

Liste des figures

Figure 1:	Schéma du fonctionnement d'un traitement par boue activée (Ladjel, 2006).....	14
Figure 2:	Situation géographique de la ville de Touggourt (maps.google.fr).....	28
Figure 3:	Variations de la température pendant la période 1996-2015 dans la région de Touggourt	30
Figure 4:	la température pendant la période 1996-2015 dans la région de Touggourt	30
Figure 5:	Variations des précipitations durant la période (1996-2015).....	31
Figure 6:	Variations de l'évaporation durant la période (1996-2015).....	31
Figure 7:	Variations de la vitesse du vent durant la période (1996-2015).	32
Figure 8:	Variations de l'humidité de l'air durant la période (1996-2015).	32
Figure 9:	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens de la région de Touggourt (1996-2015).	33
Figure 10:	Situation de Touggourt selon le Climmagramme d'Emberger (1996-2015).	34
Figure 11:	Localisation de la station WWG (Anonyme, 2007).	36
Figure 12:	Schéma de la disposition des Plantes et Vue Globale de la Station WWG.	38
Figure 13:	traitement d'eaux par macrophyte dans région Témacine	39
Figure 14:	Granulométrie des sol	57
Figure 15:	pourcentage d'humidité dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.	58
Figure 16:	pourcentage de pH dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.	60
Figure 17:	pourcentage de CE dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.	61
Figure 18:	pourcentage de MO dans le sol irrigué avec de l'eau usée traitée et l'eau du robinet.....	62

Liste des photos

Photo 1:	Station d'Épuration des Eaux Usées Waste water Garden, Vieux Ksar de Témacine.	37
Photo 2:	Vue générale de la fosse septique	39
Photo 3:	Les composants de la fosse septique.	40
Photo 4:	bassins WWG (traitement secondaire).	40
Photo 5:	Le boîtier de contrôle.	41

Photo 6: La zone de drainage	42
Photo 7: La sortie du boîtier de commande afin de vider l'eau au cas où l'eau ne coule pas du réseau d'alimentation	43
Photo 8: Décapage du sol au niveau de la station WWG Témacine.	44
Photo 9: Apport du sable de dune.	44
Photo 10: Division de la zone d'étude.	44
Photo 11: Ruisseau.	45
Photo 12: Raclette.	45
Photo 13: Pioche.	45
Photo 14: Pompe à vide.	47
Photo 15: Matière en suspension	48
Photo 16: Réactifs DCO.	48
Photo 18: Spectrophotomètre	49
Photo 19: DBO-mètre.	49
Photo 17: Réacteur.	49
Photo 20: Conductimètre.	50
Photo 21: pH-mètre.	51
Photo 22: Sécher à l'air libre.	52
Photo 23: Pipette de Robinson-Kohn.	52
Photo 24: conductimètre (M 38).	53
Photo 25: solution du sol dans l'agitateur.	53
Photo 27: filtration des solutions du sol.	53
Photo 26: PH-mètre.	53
Photo 29: Mesure des échantillons	54
Photo 30: Étalonnage	Photo 31: échantillons
Photo 28: Préparer la solution de titrage.	54

Liste des tableaux

Tableau I: Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées OMS	19
Tableau II: Echelle granulométrique de la texture du sol	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
Tableau III: Echelle d'interprétation des résultats du pH de l'extrait 1/2.5 aqueux ...	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
Tableau IV: Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/2.5	24
Tableau V: Sodium adsorption Ratio et degré d'alcalinisation des sols	26
Tableau VI: Données climatiques de la région de Touggourt(1996-2015)	29
Tableau VII: paramètres physico-chimique d'eau usée traite dans la station épuration WWG Témacine	56
Tableau VIII: paramètres physico-chimique d'eau potable dans la station épuration WWG Témacine (2023).	57
Tableau IX: pourcentage moyen d'humidité dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.	58
Tableau X: pH dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.	59
Tableau XI: CE dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.	60

List des annexes

Annexe 1: Recommandations physico-chimiques pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture pour l'Algérie(JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE ,2012)....	71
Annexe 2: Norme d'interprétation de la réaction du sol (pH) selon Calvet et Villemin 1986.	71
Annexe 3: Echelle d'interprétation de la matière organique (%) MORAND ,(2001).	71
Annexe 4: Les normes de potabilité d'une eau de consommation (JO N° 51, 2011).....	72
Annexe 5: PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES D'EAU USEE (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41).....	72

List des abréviations

CEC :Capacité d'Echange Cationique

CRDP : Centre de Recherche en Droit Public

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

ERU : Les Eaux Résiduaires Urbaines

IANOR : Institut Algérien de Normalisation

MES : Matière En Suspension

MO : Matière Organique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PH : Potentiel Hydrogène

USDA : United States Department of Agriculture



INTRODUCTION

Introduction

Le traitement de l'eau est un enjeu important partout en France et dans le monde dont l'Algérie. Aujourd'hui, des procédés de traitement sont disponibles pour toutes les tailles de villes (grandes villes ou petites communes) avec une qualité de traitement atteignant souvent les limites autorisées pour le rejet des effluents traités dans le milieu naturel. Cependant, malgré les énormes avancées technologiques, la présence de polluants émergents, la modification de la charge ionique de ces effluents et la biomasse existante sous forme de matières en suspension (MES) peuvent contaminer ou affecter d'un point de vue environnemental et/ou sanitaire une surface milieu récepteur de l'hydroaccumulateur. (Julia et al 2020).

Le sol est un milieu complexe (Faybishenko et al., 2016) qui sous-tend la plupart des activités humaines et la vie biologique terrestre (Fig. 1). A l'interface avec d'autres parties de l'environnement telles que l'eau, l'air et la biosphère, il est peu connu (bien qu'il ait été largement étudié depuis les années 1960), et a des fonctions complexes. Les sols assurent une gamme de fonctions écologiques dans des conditions naturelles, en particulier des services de régulation de l'eau et de dépollution. Nous nous concentrerons sur ce dernier aspect tout au long de cette compilation, car la problématique du document présenté est de déterminer si, à partir des connaissances actuelles sur le terrain, au sens le plus large, il peut être mieux utilisé pour améliorer la qualité des eaux restituées au milieu naturel. .(Julia et al 2020).

Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels selon REJSEK (2002). Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles) (GROSCLAUDE, 1999).

Pour améliorer la qualité de l'eau rejetée, il est proposé dans certain cas d'infiltrer ces eaux usées dans le sol, c'est notamment le cas (de manière partielle) des zones de rejets végétalisées (ZRV) (Boutin et al., 2019). Dans le cadre du projet ZRV (Boutin et al., 2019), il a été montré que celles-ci peuvent apporter un plus dans la qualité de l'eau restituée au milieu sous certaines conditions de conception et d'exploitation. Un parallèle avec les dispositifs d'infiltration, c'est-à-dire lorsque les eaux usées traitées (EUT) sont en totalité et tout au long de l'année rejetées dans le sol, peut être conduit. Ainsi, le projet a mis en avant la difficulté de dimensionnement des ZRV, particulièrement pour celles ayant un objectif d'infiltration. En effet le sol et ses composantes représentent un milieu complexe et pour lequel les impacts réciproques du sol sur la qualité de l'eau et de l'eau usée traitée sur le sol sont mal connus. .(Julia et al 2020).

La phytoépuration est un système innovant, particulièrement efficace, qui utilise le pouvoir épurateur des plantes aquatiques et qui offre une alternative écologique, économique, durable et esthétique au système classique. Le principe est simple : les bactéries aérobies (qui ont besoin d'oxygène et ne dégagent pas de mauvaises odeurs) transforment les matières organiques en matières minérales assimilables par les plantes. En retour, les plantes aquatiques fournissent de l'oxygène par leurs racines aux bactéries.

Introduction

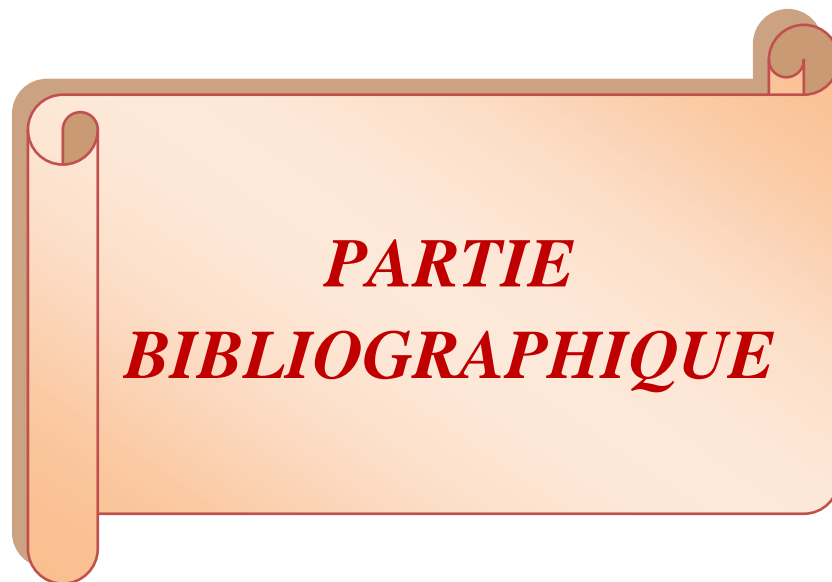
La technique d'épuration retenue, dans cette présente étude, est celle du traitement des eaux usées au niveau de la station pilote de vieux Ksar de Témacine (Touggourt) à l'aide du système d'épuration Waste Water Gardens (Wastewater Gardens® est une solution 100% écologique, peu coûteuse et nécessitant peu d'entretien au problème des déchets humains, qui est particulièrement important dans les régions côtières sèches de la mousson où la récupération de l'eau et le recyclage des déchets sont essentiels. N'utilisant aucune pièce mécanique ou mobile et aucun produit chimique, toutes les eaux usées sont recyclées via un système de gravité dans des jardins élégants et biodiversifiés qui produisent de belles fleurs ainsi que des fruits et légumes qui peuvent être consommés par les humains et des cultures fourragères pour la consommation animale. Les systèmes sont soigneusement scellés afin qu'aucune eau usée ne contamine le sol, les eaux souterraines ou les eaux côtières. Les Wastewater Gardens® ont été développés par la Biosphere Foundation il y a 25 ans. Ils ont depuis été installés avec succès au Mexique, à Bali, aux Bahamas, au Belize, en France, en Pologne, aux Philippines, aux Maldives, aux États-Unis et en Australie..) (Dr. Bill Wolverton (NASA)) . . Il s'agit d'un jardin qui prend en charge l'épuration des eaux usées qui passe par deux étapes : un traitement primaire dans une fosse septique suivi d'un traitement secondaire dans une unité WWG.

Le but de cette étude est de connaître l'effet de l'irrigation avec de l'eau traitée sur les propriétés physiques et chimiques du sol dans la station d'épuration de la région de Témacine (Touggourt).

Le présent travail est représenté par cinq (05) chapitres :

- ❖ Le premier chapitre généralités sur les eaux usées.
- ❖ Le deuxième chapitre généralités sur le sol.
- ❖ Le troisième chapitre présentation de la région d'étude.
- ❖ Le quatrième chapitre explique les différentes méthodes analytiques ainsi que les matériaux utilisés.
- ❖ Le cinquième chapitre présente des résultats et discussion .

Conclusion.



***PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE***

Chapitre I : Généralités Sur les Eaux Usées .

14 Définition

Les eaux usées sont des eaux issues des activités domestiques, agricoles et industrielles emmagasinant des substances toxiques qui se déplacent au travers les canalisations d'assainissement. Les eaux de pluie sont également munies d'une charge non négligeable de substances toxiques, provoquant au milieu récepteur un impact nuisible **(Dugniolle, 1980)**.

Une eau usée est une eau chargée de substances minérales ou biologiques ,issues de l'activité humaine provoquant , sous une concentration anormale, une dégradation de la qualité de l'eau naturelle du milieu récepteur **(S,T,E,P Touggourt, 2008)** .

. Suivant des catégories de type chimique, les substances rejetées dans l'eau se répartissent en:

- ❖ matières organiques biodégradables (protéines, graisses, hydrates de carbone) qui peuvent servir de nourriture à des micro organismes et que ceux-ci vont transformer, en partie, en composés minéraux simples; • sels inorganiques (sodium, potassium, Calcium, Magnésium, chlorures, sulfates, phosphates, nitrates,...) dont l'origine vient des savons et des produits de nettoyage et aussi de la minéralisation initiale de l'eau; • produits minéraux éliminés par l'organisme (ammoniaque, phosphates ...) • micro organismes apportés par les matières fécales ;
- ❖ substances dangereuses indésirables et toxiques, très peu biodégradables dans le milieu aquatique telles que;
 1. métaux lourds : Mercure Hg, Plomb Pb....
 2. hydrocarbures : huiles minérales de vidange, solvants pour peinture.

15 système d'assainissement

15.1 Notions- d'assainissement

L'assainissement a pour objet de permettre l'évacuation des eaux usées via les exutoires naturels, pluviaux et de ruissellement, par moyens techniques individuels ou collectifs, de telle manière que la salubrité, la santé publique et l'environnement ne soient menacés **(Eric et al, 2009)**

15.2 Assainissement non collectif

C'est un système d'assainissement effectuant la collecte, le prétraitement, l'épuration, l'infiltration ou le rejet des eaux usées domestiques des immeubles non raccordés au réseau public d'assainissement il est aussi appelé réseau d'assainissement autonome ou individuel.

Exemple : les fosses septiques (Eric et al, 2009).

15.3 Assainissement collectif

Est synonyme de réseau public d'assainissement qui peut prendre deux formes selon les modalités de collecte des eaux usées domestiques qui peuvent être unitaires ou séparatives (Eric et al, 2009).

16 origine des eaux usées

D'après **RODIER et al (2005)**, 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 de fèces 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 ajouter suivant les cas les 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. Selon **GROSCLAUDE (1999)**, une eau usée est une eau rejetée après usage industriel, domestique ou agricole.

. Ces polluants proviennent principalement de quatre sources :

16.1 Les eaux usées domestique

-Les eaux d'origine domestique sont constituées d'une combinaison des eaux domestiques (habitations, bureaux, bains publics), et en moindre quantité d'eaux issues de fonds de commerce et de petites industries. Les eaux domestiques sont constituées d'eaux de bain, lessive, urines, fèces et résidus alimentaires. Les eaux commerciales sont issues principalement de lavage de voitures, restaurants, cafés et pressing. Ces eaux sont chargées en matières organiques, graisses et produits d'entretiens ménagers. Elles présentent en général une bonne biodégradabilité. Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des excréctions 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, (**Rejsek F., (2002)**, Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, Éd. CRDP, Aquitaine, France). . Les eaux usées véhiculent aussi les microorganismes pathogènes ou sporophytes et virus. Selon **RICHARD**

(1996), cette eau contient des détergents anioniques (alkyl sulfates alkylaryl sulfaté) qui agissent comme émulsionnants, moussant mouillants. Ils ont la faculté de diminuer la capacité de ré oxygénation des eaux de surface et d'inhiber l'épuration biologique par des bactéries (COLLAS, 1962)

16.1.1 Les eaux usées agricole

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

le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées , la remise en suspension des dépôts des collecteurs.

- 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

16.1.2 Les eaux usées industrielles

- Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui, tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. Il a été fait un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- ❖ Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....) ;
- ❖ Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...)
;
- ❖ Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...)
;
- ❖ Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....) ;
- ❖ Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires....).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propre liée aux produits chimiques transportés (RODIER, 2005).

16.2 Le pollution des eaux

16.2.1 Définition de pollution

- la pollution est toute modification de milieu naturel qui s'exerce dans un sens défavorable, qui apparaît en totalité ou en partie, sous l'effet des activités humaines directement ou indirectement .

Ainsi le terme (pollution) désigne l'ensemble des rejets des composés toxiques que l'homme libère dans l'écosphère. Mai aussi les substances qui, sans être vraiment dangereuses pour les organismes vivants, exercent une influence perturbatrice sur l'environnement (**Gondard, 2003**) .

Et plus spécifiquement la pollution des eaux est le fait de divers types de rejets qui apportent au milieu soit des calories (pollution thermique) soit des substances minérales (métaux lourds) ou organiques (déchet des être vivants) c'est la pollution chimique, soit des microorganismes pathogènes (pollution microbienne) (**Dégrement, 1989**).

16.2.2 type de pollution

d. La pollution chimique

La pollution chimique est due à l'introduction d'un (ou plusieurs) éléments indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'ampleur de cette pollution à savoir :

- ❖ les paramètres globaux qui résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps exemple pH, conductivité, turbidité, Demande Chimique en Oxygène (DCO), etc. La DCO, permet d'évaluer l'ensemble de toutes les espèces chimiques oxydables, organiques et minérales, dissoutes ou en suspension.
- ❖ les paramètres spécifiques Qui caractérisent un composé particulier ou plusieurs de propriétés chimiques semblables. (Djilani, 2006). Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :
- ❖ Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..).
- ❖ Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...)

e. Pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effet réfractaire de l'eau. Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermique dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure de nombreux pays. (Djilani, 2006).

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (MIZI, 2006).

f. pollution biologique

-C'est une pollution d'origine humaine et animale ; elle est engendrée par les rejets urbains. Elle est dangereuse surtout s'il y a dans l'eau des microorganismes pathogènes qui peuvent être à l'origine des maladies infectieuses. (Ladjel et Bouchefer, 2004).

-Un grand nombre de microorganismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes.

L'importance de la pollution dépend également des conditions d'hygiène des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons. On parle ainsi de la pollution bactérienne, virale ou parasitaire(Thomas,1995).

17 Les paramètres des pollutions

17.1 Les paramètres physique

g. La température :

La température de l'eau La connaissance de la température est essentielle pour les réactions physicochimiques et biologiques régies par leurs caractéristiques thermodynamiques et cinétiques. A titre d'exemple, la concentration à saturation de l'oxygène dissous, plus l'eau est chaude et plus sa concentration limite diminue le pH et la conductivité est dépendante de la température de même que les processus de biodégradation carbonée (Thomas, 1995).

h. La matière en suspension (MES) :

3 Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées par les ERI. Mesuré par peser après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C. Les procédés de séparation par filtration font appel, soit à des disques en fibres de verre, soit à des couches d'amiante.

La méthode par centrifugation est plus particulièrement réservée au cas où les méthodes par filtration ne sont pas applicables par suite d'un risque élevé de colmatage des filtres. **(Mekhalif,2009).**

i. La Turbidité

2- L'importance des matières en suspension dans l'eau réduit la luminosité et abaisse la productivité du milieu récepteur du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse.

Les effets mécaniques des matières en suspension sont également importants. Les matières en suspension sont de nature à engendrer des maladies chez le poisson et même l'asphyxie par colmatage des branchies. Par ailleurs, les matières décantables sédimentent dans les zones de frayes et réduisent les possibilités de développement des végétaux et des invertébrés de fond (agissant ainsi sur l'équilibre global de la chaîne alimentaire du système aquatique). **(Emilian Koller, 2009)**

Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau, elle traduit la présence des MES **(Mékhalif, 2009).**

j. La couleur

3-La couleur des eaux varie du jaune pâle à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Ces matières sont le plus souvent d'origine naturelle et proviennent de la dégradation des matières végétales. La couleur dépend aussi du pH et de la turbidité **(Rejsek, 2002)**, ce qui explique les différentes méthodes proposées pour son examen. Parmi elle la mesure de la coloration par comparaison avec une gamme de concentration comme de solutions colorées, soit par mesure spectrophotométries **(Olivier, 1995).**

k. L'odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation elle dégage une odeur nauséabonde **(Ladjel, 2006).**

l. Le débit

Le principal intérêt de la mesure du débit est le fait qu'il permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de (équivalent habitant) qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour**(Ladjel,2006).**

17.2 Les paramètres chimique :

18 Le potentiel Hydrogène (pH)

pH Selon **Rejsek, (2002)** le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, et varie habituellement entre 7.2 et 7.6. Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvre en calcaire ou siliceux ont un pH faible de l'ordre de 7 et parfois un peu inférieur.

19 La Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. (REJSEK, 2002). La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm².

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

$$1 \text{ S/m} = 104 \text{ } \mu\text{S/cm} = 103 \text{ mS/m.}$$

20 Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales). Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2h .(Mékhalif , 2009).

21 Demande biologique en oxygène (DBO5)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. L'épuration biologique aérobie complète d'une ERI exige en fait un temps de 21 jours (DBO 21 dit ultime) nécessaire pour l'oxydation des composés azotés biodégradables, ou de 28 jours sinon 35 jours, qui représentent

le temps de dégradation de certaines familles d'hydrocarbures .

Le rapport DCO/DBO5 est l'indice de la biodégradabilité d'une eau. Pour qu'une pollution soit dégradable le rapport est inférieur à 2,5. (MIZIA, 2006 ; RODIER.J et all, 1996 ; BERNIE, CORDONNIER., 1991).

22 L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂/l (REJSEK, 2002).

22.1 Paramètres Bactériologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène (RODIER, 2005).

Il nous a paru utile l'étude de quelques bactéries les plus rencontrées :

a. Les coliformes

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae. Les coliformes comprennent les genres : Echerichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia et Serratia.

Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques de coliformes) après incubation à la température de 44 C°. Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : Citrobacter freundii, Citrobacter diversus, Citrobacter amalonaticus, Enterobacter aerogenes, Enterobacter cloacae, Echerichia coli, Klebsiella pneumonia, Klebsiella oxytoca, Moellerella wisconsensis, Salmonella (sous genre III Arizona), Yersinia enterocolitica (RODIER, 2005).

b. Les entérocoques

Les entérocoques sont des bactéries à métabolisme anaérobie, dite cocci à Gram positif, se présentant habituellement sous forme de chaînettes. Ce sont des pathogènes opportunistes causant des septicémies, infections urinaires, ou abdominales d'origine intestinale. Ils sont la cause de plus de 10% des infections nosocomiales .

Dans l'eau, ce sont des indicateurs de contamination fécale, comme les colibacilles .

c. Les bactéries sulfite-réductrices

Les bactéries sulfite-réductrices sont des bactéries anaérobies, comme par exemple Desulfovibrio ; ce sont les sulfates qui remplacent l'oxygène pour la respiration cellulaire. Au cours du métabolisme, les sulfates sont réduits en sulfures. Ces sulfures peuvent

provoquer une corrosion, appelée bio-corrosion, en particulier sur les palplanches et les réservoirs d'hydrocarbures . $SO_3^{2-} + 6H^+ + 6e^- \rightarrow S^{2-} + 3H_2O$

23 Méthode du traitement des eaux usées

23.1 Le traitement

23.1.1 Les traitements des eaux et leurs objectifs

Le traitement des eaux usées permet d'atteindre un double objectif:

- ü Epurer les eaux;
- ü Valoriser les eaux et les boues (**Ladjel et Bouchefer, 2004**).

Ainsi, une partie des eaux épurées seront utilisées pour régénérer les eaux de l'Oued et l'autre partie pour l'agriculture. La réutilisation des eaux épurées et des boues sous forme d'une valorisation en agriculture devient indispensable.

En effet, l'agriculture dans les environs d'Alger ne peut être pratiquée de manière productive que sous condition d'une irrigation et elle souffre gravement de la pénurie en eau.

L'eau prélevée dans la nappe souterraine est surexploitée car elle est utilisée pour l'irrigation agricole et l'alimentation en eau potable.

En conséquence, la réutilisation des eaux épurées offrirait une ressource en eau d'irrigation très importante en volume et pratiquement constante au cours de l'année. En outre, les eaux épurées contiennent des éléments assimilables par les cultures et leur utilisation permettrait de réduire les apports d'engrais (**Ladjel et Bouchefer, 2004**).

23.1.2 Techniques de traitement des eaux usées

23.1.2.1 Les étapes de traitement

24 Le prétraitement

Avant leur traitement, les eaux brutes subissent un prétraitement qui a pour objectif d'extraire la plus grande quantité possible de matières pouvant gêner le traitement ultérieur (**Mohammed Ouli, 2001**)

24.1 Le dégrillage

Le dégrillage a pour objectif:

- Elimination des déchets volumineux ;
- Protection de la station de traitement (**Dermont, 1989**).

24.2 Dessablage

Cette opération est indispensable pour éviter le colmatage des canalisations,

surtout si elles sont enterrées, et protéger les équipements à pièces tournantes de la corrosion (axe de chaînes, rotors de centrifugeuse, pompes de relèvement, etc.)

(Mohammed Ouli, 2001).

24.3 Le dégraissage-déshuilage

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

25 Le traitement primaire (traitement physico-chimique)

25.1 La décantation

La décantation, processus essentiel du traitement primaire, a pour but:

- ✚ De retenir une fraction importante de la pollution organique ;
- ✚ D'alléger la charge du traitement biologique ultérieure ;
- ✚ De réduire les risques de colmatage des systèmes de traitement biologiques
 - par culture fixée (lits bactériens, disques biologiques, etc).

D'éliminer 30 à 35% de la DBO5 et 60% à 90% des matières décantables (pour une eau usée domestique) (Ladjel, 2006)

25.2 Coagulation-floculation

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

26 Traitement secondaire (traitement biologique)

L'élimination des matières organiques implique le recours à des traitements biologiques qui font intervenir des organismes vivants, essentiellement des bactéries (Ladjel, 2006).

27 Le traitement tertiaire

Certains rejets d'eau traitée sont soumis à des règlements (actions spécifiques concernant l'élimination de l'azote, du phosphore ou des germes pathogènes qui nécessitent la mise en œuvre de traitement tertiaire (Ladjel, 2006)

L'élimination de l'azote concerne le traitement de nitrification-dénitrification qui ne peut être assurés que par voie biologique. L'élimination du phosphore concerne les

traitements de déphosphoration, soit physicochimique, soit biologique (Ladjel, 2006).

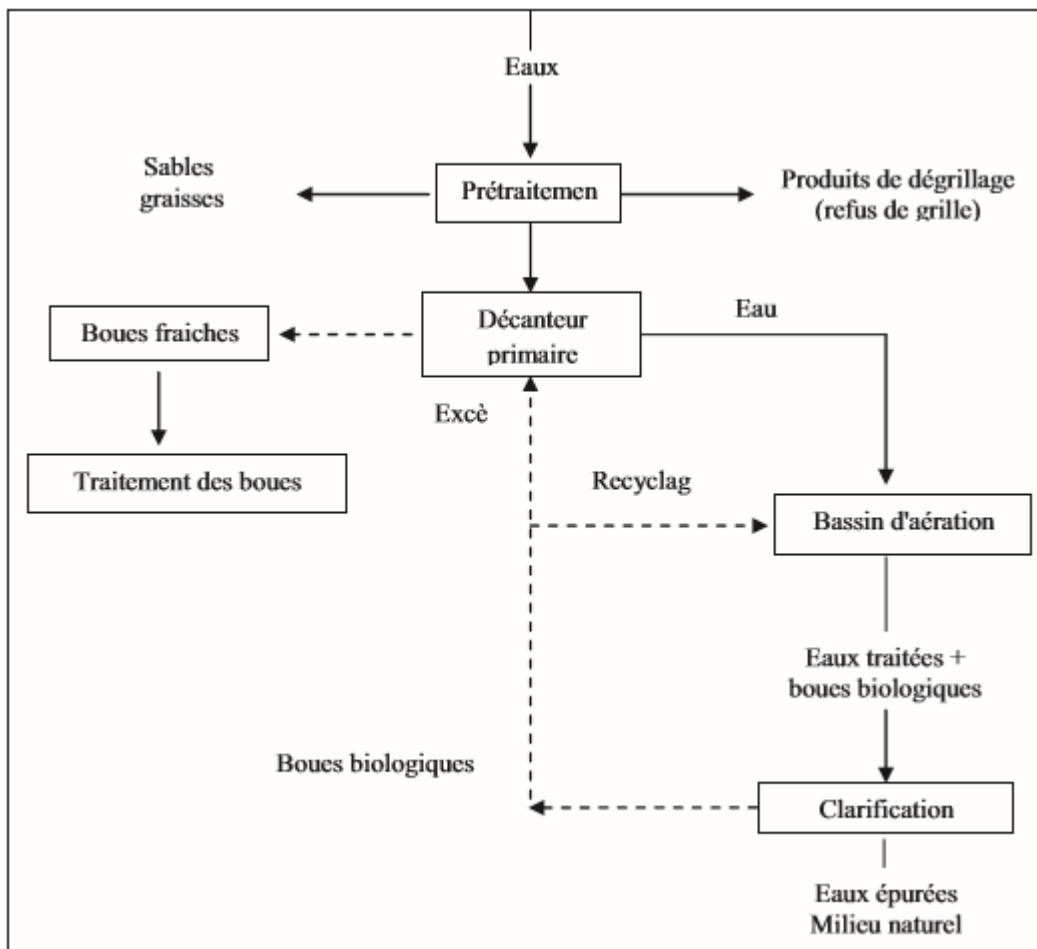


Figure 1: Schéma du fonctionnement d'un traitement par boue activée (Ladjel, 2006)

28 Les différents procédés d'épuration biologiques

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

28.1 Les procédés biologiques extensifs

Ce sont les procédés utilisant de grandes surfaces (lagunes, infiltration percolation) s'appuyant sur les propriétés épuratrices d'un plan d'eau peu profond.

28.2 Les procédés biologiques intensifs

Ce sont les procédés regroupant des techniques ayant en commun le recours à des cultures bactériennes qui consomment les matières polluantes.

Il existe deux grandes catégories de procédés biologiques artificiels : les installations à cultures fixées, les installations à cultures libres.

Principe du procédé de boues activées

Les boues activées sont des systèmes qui fonctionnent biologiquement essentiellement comme les lagunes aérées. L'aération est également artificielle, la

différence réside dans la recirculation des organismes actifs (les boues activées) du décanteur secondaire vers le bassin d'aération (**Ladjel, 2006**).

29 Réutilisation des eaux usées traitées

La réutilisation de l'eau est essentiellement utilisée pour l'irrigation (70%), mais aussi essentiellement par des utilisations qui ne nécessitent pas de l'eau potable (usages industriels à environ 20% et usages domestiques pour environ 10%) (**Lazarova et al, 1998**).

29.1 En agriculture

A. Irrigation des pelouses vertes destinées aux loisirs publics

étant donné que l'eau d'irrigation dans ce cas sera en contact direct avec les personnes, il est donc nécessaire de se concentrer non seulement sur l'absence de polluants organiques dans l'eau, mais également sur la pureté effective de cette eau et qu'elle ne contient pas de fortes concentrations de facteurs pathogènes afin de protéger la santé générale des personnes, et donc les eaux usées doivent être d'un autre type que l'eau, avec une désinfection efficace et un traitement tertiaire. En ce qui concerne les méthodes d'irrigation recommandées dans ce cas, il est nécessaire d'éviter une large diffusion à la santé générale des personnes, et il est donc recommandé d'adopter un système d'irrigation sous l'eau d'irrigation afin de préserver l'irrigation de surface ou locale (irrigation goutte à goutte) (Tableau 16).

B. Irrigation des pelouses vertes non attribuées Pour les loisirs publics

L'eau d'irrigation dans ce cas ne sera pas en contact direct avec les personnes et sa présence sera indirecte par rapport aux personnes. En se concentrant sur ce qui suit, l'eau doit également être exempt de polluants organiques et la pureté effective de cette eau et qu'elle ne contient pas de substances nocives. Par conséquent, il est conseillé de traiter l'eau utilisée avec un autre type d'eau traitée, et il est interdit d'utiliser tout type avec une désinfection efficace et traitement tertiaire. En ce qui concerne les méthodes d'irrigation recommandées dans ce cas, il est possible d'adopter le système d'irrigation souterraine, l'irrigation de surface localisée ou non locale (irrigation goutte à goutte et irrigation par aspersion).

C. L'eau d'irrigation dans ce cas n'est pas en contact avec des personnes

car elle peut être tolérée en fonction du degré de traitement, ainsi qu'avec une désinfection normale, efficace ou secondaire. subir un traitement tertiaire et il est interdit d'utiliser de l'eau traitée non purifiée. Quant aux méthodes d'irrigation préconisées dans ce cas, il est possible d'adopter le système d'irrigation souterraine ou l'irrigation de surface localisée ou non locale (goutte à goutte & irrigation par aspersion). n'est pas en contact avec

D. Cultivé avec des plantes proches des personnes

il est donc possible de tolérer un peu de tolérance concernant le degré d'humain et de traitement, ainsi que l'efficacité de la désinfection, avec ou secondaire, afin que l'eau puisse être traitée tertiaire sur la base d'une désinfection efficace, et il n'est pas permis d'utiliser de l'eau traitée sans désinfection, ou si la désinfection de l'eau est inefficace. Quant aux modes d'irrigation préconisés dans ce cas, il est possible d'adopter un système d'irrigation souterraine ou une irrigation de surface localisée (goutte à goutte) ou non locale (aspersion) si seule l'eau a été traitée tertiairement.

E. Irrigation des cultures vivrières non consommées crues

L'eau d'irrigation dans ce cas sera en contact direct avec la santé des personnes, il faut donc mettre l'accent sur l'absence de polluants organiques dans cette eau et sa désinfection efficace pour assurer qu'elle ne contienne pas de grandes proportions de facteurs pathogènes, afin de protéger la santé. Par conséquent, les eaux usées doivent être traitées tertiairement avec une désinfection efficace, et il n'est pas permis d'utiliser tout autre type d'eau traitée. En ce qui concerne les méthodes d'irrigation recommandées dans ce cas, il est nécessaire d'éviter la grande diffusion de l'eau d'irrigation sur la santé générale des personnes, et il est donc conseillé, afin de préserver, d'adopter un système d'irrigation souterraine ou une irrigation locale. (irrigation goutte à goutte).

F. Irrigation des cultures vivrières qui poussent au-dessus du sol et n'entrent pas en contact avec l'eau d'irrigation

L'eau d'irrigation dans ce cas est en contact indirect avec les cultures vivrières proches des personnes, et donc une certaine tolérance peut être faite quant au degré de ainsi que l'efficacité de la désinfection, basée sur l'utilisation d'eau avec désinfection active et/ou secondaire afin que l'eau puisse être traitée tertiairement non désinfectée ou si la désinfection de l'eau est inefficace. Quant aux modes d'irrigation préconisés dans ce cas, il est possible d'adopter un système d'irrigation souterraine ou une irrigation de surface localisée (goutte à goutte) ou non locale (par aspersion) uniquement, si l'eau est traitée tertiairement.

G. Irrigation des pâturages

le contact de l'eau d'irrigation dans ce cas est avec les animaux, il est donc possible d'être indulgent quant au degré de traitement ainsi qu'à l'efficacité de la désinfection, car l'eau d'irrigation peut être traitée. Les agents pathogènes présents dans l'eau d'irrigation peuvent être transmis de l'animal à l'homme. Quant aux méthodes d'irrigation préconisées dans ce cas, il est possible d'adopter le système d'irrigation souterraine ou l'irrigation de surface localisée ou non locale (goutte à goutte & irrigation par aspersion).

H. Irrigation des cultures industrielles Le contact de l'eau d'irrigation dans ce cas est loin des personnes

le degré de traitement et l'efficacité de la purification deviennent des questions secondaires, et donc cela peut être avec ou sans purification également, ou de l'eau d'irrigation secondaire est traité tertiaire. En ce qui concerne les méthodes d'irrigation recommandées dans ce cas, divers systèmes d'irrigation souterraine ou d'irrigation de surface locale ou non locale peuvent être adoptés.

I. Sur les arbres fruitiers

le contact de l'eau d'irrigation dans ce cas est loin des personnes et, par conséquent, le risque de transmission d'agents pathogènes à l'homme est très faible. Sur cette base, le degré de traitement et l'efficacité de la désinfection peuvent être sous-estimée, et donc l'eau d'irrigation peut être traitée ou secondaire ou tertiaire.

29.2 En industrie

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau.

Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle. La part des eaux usées urbaines ne dépasse pas 15% du volume des eaux réutilisées en industrie. Aux Etats-Unis, par exemple, le volume des eaux résiduaires réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m³/j, dont 68 % pour le refroidissement (**Lazarova et al, 1998**).

Le secteur urbain et périurbain

29.3 Usages domestiques et municipaux

A. Réutilisation pour un usage non-alimentaire

Les usages urbains et périurbains des eaux usées correctement traitées se développent rapidement et deviennent un élément fondamental de la politique de gestion intégrée de l'eau dans les grandes agglomérations (**Renaud et al, 1997**). Plusieurs municipalités du Japon (pionnier des pays en voie de développement : 8 % du volume total des eaux usées réutilisées soit environ 8 millions de m³ par an) et des villes des Etats-Unis ont déjà construit des systèmes de distribution double : eau potable et eaux usées à réutiliser.

Les bénéfices obtenus sont importants. Il faut noter en premier, la réduction de la demande en eau potable qui peut atteindre 10-15 %, voire 40 % dans les zones résidentielles

avec beaucoup d'espaces verts (**Wright, 1995**). Missimer, Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie.

Une autre application importante est le recyclage en immeuble avec, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage des sanitaires. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à de tels usages sont très sévères et voisines à celles en vigueur pour l'eau potable.

Pour les usages urbains, l'Afrique du Sud et l'Australie sont les pays dont les normes sont les plus sévères. Ils exigent respectivement une qualité d'eau potable et l'élimination totale des virus. Dans ce cas, les filières de traitement se rapprochent de celles de production d'eau réutilisée pour des usages potables (**Lazarova et al, 1998**).

B. Réutilisation pour un usage alimentaire (eau potable)

Le progrès technologique du métier de l'eau permet de produire une eau de très bonne qualité, même à partir des eaux usées. De nombreuses études ont conclu à l'absence d'objection pertinente à la réutilisation des eaux résiduaires correctement traitées à des fins potables. Toutefois, les principales contraintes pour ce type d'usage sont psychologiques et culturelles associées à la perception de l'eau usée comme dangereuse et malsaine. De ce fait, la tendance principale aujourd'hui est l'usage indirect, après un séjour temporaire de l'eau usée traitée dans le milieu naturel. En fonction de la destination de l'eau réutilisée, ce type de réutilisation peut être classé soit dans la catégorie de réutilisation potable, soit pour des usages non potables. Dans le premier cas, il faut souligner l'impact psychologique très positif de ce détour par le milieu naturel qui permet à l'eau destinée à la réutilisation de perdre son identité d'eau usée (**Lazarova et al, 1998**).

29.4 Critères de qualité des eaux usées traitées l'irrigation

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation présente un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

30 Les Normes.

Norme internationales de rejets
Les quantités maximales de matières polluantes pouvant être rejetées dans un milieu récepteur

appelées normes de rejet, répondent à des lois nationales qui peuvent être adaptées localement par des textes législatifs et réglementaires qui définissent ces normes de rejets (Rejesk, 2002). La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi. Les normes internationales de rejets selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) (tableau I), respective pour les eaux usées sont représentées dans le tableau suivant, (Ladjet.2004).

Tableau I: Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées OMS

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6,5-8,5
DBO5	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l
NH ₄	<0,5 mg/l
NO ₂	1 mg/l
NO ₃	<1 mg/l
P ₂ O ₅	<2 mg/l
Température	T <30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

(source : OMS)

Cadre réglementaire en Algérie

- La loi n°05-12 du 04 Août 2005, relative à l'eau, a institué la concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60-année2005)
- Le décret n°07-149 du 20 mai 2007 fixe les modalités de concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent.
- Les arrêtés interministériels du 02 janvier 2012 qui prennent en application les dispositions de l'article 2 du décret exécutif n°07-149, publiés en Janvier 2012 par le ministère des ressources en eau. (JO n°41) Ces arrêtés fixent :
 - Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et notamment en ce qui concerne les paramètres microbiologiques et les paramètres physico- chimiques
 - La liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.
- La norme Algérienne N°17683 « Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles - Spécifications physico-chimiques et

biologiques » est disponible au niveau de l'Institut Algérien de Normalisation IANOR;

Chapitre II : Généralités sur le Sol

Le sol est la seule ressource très faiblement renouvelable, c'est-à-dire que sa dégradation peut être rapide (quelques années ou décennies) alors qu'il lui faut plus de plusieurs milliers d'années pour se former et se régénérer. Il s'agit d'une composition générale de mobilier constituée d'un composé organométallique produit par des procédés de transformation de surface sous l'action conjuguée de météorites et d'organismes. (DUCHAUFOR., 1977 in NEZLI I, 2009).

Le sol est la seule ressource très faiblement renouvelable, c'est-à-dire que sa dégradation peut être rapide (quelques années ou décennies) alors qu'il lui faut plus de plusieurs milliers d'années pour se former et se régénérer. Il s'agit d'une composition générale de mobilier constituée d'un composé organométallique produit par des procédés de transformation de surface sous l'action conjuguée de météorites et d'organismes. (DUCHAUFOR., 1977 in NEZLI I, 2009).

1. Effets des eaux usées traitées sur le sol

Ces effets préoccupent particulièrement les agriculteurs car ils peuvent réduire le rendement, la fertilité et la productivité de leurs terres. Le sol doit être maintenu à un bon niveau de fertilité chimique et physique, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une culture rentable. Les problèmes attendus au niveau du sol sont :

- ❖ salinité,
- ❖ Alcalinité et réduction de la perméabilité du sol.
- ❖ accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- ❖ Accumulation de nutriments (FAO, 2003).

2 . Les Paramètres physico-chimiques du sol :

La caractérisation physico-chimique d'un sol s'effectue le plus souvent par le prélèvement d'échantillons qui sont ensuite analysés au laboratoire (LOYER et al., 1978 in LÄUCHLI A et al., 2004).

2-1 Impact de l'irrigation avec les eaux usées sur les propriétés physicochimiques du sol :

Selon Belaid (2010) La qualité d'une eau d'irrigation est estimée en prévoyant son influence sur les propriétés du sol et en considérant la tolérance des cultures pratiquées à la salure. Une eau est dite "de bonne qualité" lorsqu'elle n'entraîne ni la salinisation du sol irrigué (CE du sol > 4 mS/cm), ni sa désagrégation (taux de sodium échangeable ESP du sol > 15%) (Brady et Weil, 2002). Les effets d'une eau d'irrigation sur le sol sont jugés à travers la concentration totale de cette eau en sels solubles et par son rapport de sodium absorbable (SAR) (Leone et al., 2007). Bien évidemment, l'irrigation avec les eaux usées, affecte avec le temps certains paramètres du sol. Ainsi, une légèrement diminution du pH est observée dans certains sols basiques, (Yadav et al., 2002; Abbass et al., 2006; Rattan et al., 2005; Solis et al., 2005; Herpin et al., 2007). Les eaux usées, à travers leur pouvoir fertilisant, entraînent également une augmentation du taux de la MO et des éléments nutritifs du sol (Rattan et al., 2005; Yadav et al., 2002). Toutefois, ces

éléments nutritifs stimulent l'activité microbiologique du sol (Magesan et al., 2000, Ramirez-fuentes et al.,2002), ce qui favorise la minéralisation de la MO entraînant du même coup la diminution de la CEC du sol (Solis et al., 2005; Herpin et al., 2007).

3 .Les Paramètres chimiques du sol :

3-1 Le pH :

Une variation du pH peut engendrer une modification des capacités de rétention du sol. En effet, à titre d'exemple, pour un pH égal à 4, un polluant comme les PCB (Polychlorobiphényles) est complètement retenu par la matrice de sable, indiquant un processus de précipitation. A un pH de 8, au contraire, le taux de restitution du PCP est de 100 % (phénomène de relargage). Ces résultats confirment que le pH du sol, dans lequel arrivent les polluants, joue un rôle prépondérant dans le comportement de certains micropolluants organiques en milieux poreux, en contrôlant notamment l'apparition de processus d'interactions irréversibles, voire la précipitation des micropolluants (Martins, 2008). D'autre part, de nombreuses études ont été réalisées sur la relation entre le pH et les matières organiques solubles (azote et phosphore notamment). Ces études ont montré qu'une augmentation du pH engendre une augmentation de la concentration de ces matières (Scanlan et al., 2016; Watros et al., 2018), ce qui augmente la fertilité du sol.

Enfin, le pH occupe un rôle crucial pour la mobilité des ions métalliques, car il influence le nombre de charges négatives pouvant être mises en solution. D'une façon générale, lorsque le pH augmente, les cations sont moins solubles et les anions sont plus solubles. De plus, l'augmentation de pH induit souvent la formation d'espèces précipitées qui peuvent limiter la solubilité et la biodisponibilité de toutes les espèces ioniques. Cependant, elle entraîne également la dissolution de matières organiques et la formation consécutive de complexes organo-métalliques plus solubles. Les variations de pH ont donc des conséquences complexes et parfois contraires sur la mobilité des métaux lourds, en particulier en présence de ligands organiques et inorganiques (Remon, 2006).

pH	Classe de sol
5 à 5,5	Très acide
5,5 à 5,9	Acide
5,9 à 6,5	Légèrement acide
6,5 à 7,2	Neutre
7,2 à 8	Alcalin
>8	Très alcalin

TableauIII: Echelle d'interprétation des résultats du pH de l'extrait 1/2.5 aqueux (Soltnaire, 1989).

3-2 Conductivité électrique et salinité :

il semble que la salinité du sol ne varie pas uniquement avec la salinité de l'eau utilisée. En effet, Miyamoto & Chacon (Miyamoto and Chacon, 2006) ont étudié les facteurs pédologiques influant sur l'accumulation des sels. Ainsi, la texture et la perméabilité du sol semblent jouer un rôle, et des eaux à forte salinité peuvent être utilisées à condition d'être appliquées sur un sol sableux et très perméable. Au contraire, les sols de texture argileuse sont plus vulnérables à la salinisation. Ce phénomène peut s'expliquer par un lessivage des sels en profondeur plus ou moins important selon la perméabilité et donc selon la texture du sol.

CE dS/m à 25°C	Degrés de salinité
$CE \leq 0,6$	Sols non salés
$0,6 < CE \leq 1,2$	Sols peu salés
$1,2 < CE \leq 2,4$	Sols salés
$2,4 < CE \leq 6$	Sols très salés
$CE > 6$	Sols extrêmement salés

Tableau II: Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/2.5 Source :(Aubert, 1978).

3-3 Teneur en matière organique :

Tout comme pour le pH, les résultats des études concernant l'impact des EUT sur la teneur en MO diffèrent. Certaines études ont cependant montré que l'augmentation de la MO temporaire était, celle-ci étant rapidement minéralisée par les microorganismes du sol. La modification de la teneur en MO a une importance dans le traitement des polluants des EUT. En effet, la MO humifiée ayant une forte CEC, son augmentation engendre un accroissement de la teneur en micropolluants minéraux dans les différents horizons. Au contraire, les composants organiques solubles vont favoriser la mobilité des métaux et augmenter leur concentration totale en solution (Klay et al., 2010). Ce phénomène peut entraîner une contamination profonde par lessivage des métaux.

4-Salinité du sol

La salinisation peut être définie comme le processus de fertilisation du sol avec des sels solubles entraînant la formation d'un sol salin (**USDA en ligne**). La salinité est la présence de concentrations excessives de sels dissous dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (**MASS et NIEMAN, 1978 in MOKAR et al., 2010**).

- **4-1 Les causes de la salinisation**

- 80% des terres salinisées ont une origine naturelle, on parle alors de salinisation primaire qui est due aux sels, se formant lors de l'altération des roches ou des apports naturels externes (SAIS et al., 2006 in PITMAN M et al., 2002).
- 20% des terres salinisées ont une origine anthropique, on parle alors de salinisation secondaire, induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles, et en particulier à l'irrigation réalisée avec de l'eau saline. Selon (1), la salinisation peut aussi être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines (SAIS et al., 2006 in PITMAN M et al., 2002).

- **4-2 Mouvement des sels solubles dans les sols**

Le véhicule des sels est l'eau. Ces mouvements peuvent être lixiviation, ascendants (remonté capillaire) (DURANT., 1959 in CHELLE., 2005).

- **4-3 Lixiviation des sels**

D'après DUCHAUFOR (1977), la lixiviation est l'entraînement descendant des sels sous l'action des eaux de pluies, d'inondation et d'irrigation. L'eau s'infiltré dans le sol, dissolvant les sels présents dans leur ordre de solubilité croissante et les entraînant en profondeur. Pendant son mouvement, la solution va se concentrer sous l'influence de l'évaporation et de l'absorption par les plantes. Quand cette sera suffisante, certains sels précipiteront et c'est ainsi que se formeront des accumulations salines qui se rencontrent dans certains sols.

- **4-4 Impact de la salinisation sur les sols**

La salinisation réduit considérablement la qualité du sol et la couverture végétale. La destruction de la structure du sol accentue l'érosion par l'eau et par les vents des sols salins et sodiques. Quand la dégradation des sols se produit dans des zones arides, semi-arides et semihumides, on assiste à ce que l'on appelle une désertification ainsi qu'une perte de fertilité du sol, une destruction de la structure du sol et une formation d'une croûte de sol (SOCO en ligne., 2009 in BOUKHRIS., 2012).

- **4-5 Remonté capillaire**

La remontée capillaire est la migration ascendante des sels en solution dans un profil saturé à faible profondeur (DUCHAUFOR., 1977). La remontée capillaire dépend particulièrement de la nappe phréatique, de sa profondeur et de la caractéristique granulométrique du sol. La vitesse de remontée capillaire est plus élevée pour les solutions de sels neutres et plus faible pour les solutions des sels carbonatés alcalins (JABER., 1970 in OMEIRI., 1994).

- **6 Alcalinité**

Pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR : Sodium Adsorption Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité (**RHOADES., 1977 in OMEIRI., 1994**). Le S.A.R est le paramètre fondamental pour la détermination du niveau d'alcalinité () Les ions Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ et Na⁺ sont exprimés en méq/l. Le S.A.R est déterminé par

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{++}Mg^{++}/2}}; \text{ méq/l.}$$

Les ions Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ et Na⁺ sont exprimés en meq/l.

Tableau III: Sodium adsorption Ratio et degré d'alcalinisation des sols

S.A.R	Degrés d'alcalinisation
≤ 4	Pas d'alcalinisation
4 < S.A.R ≤ 8	Faible alcalinisation
8 < S.A.R ≤ 12	Alcalinisation moyenne
12 < S.A.R ≤ 18	Alcalinisation forte
> 18	Alcalinisation intense

Source :(SERVANT et SARVAT, 1966 in BENZAHI, 1994)

- **7 Sodisation**

L'accumulation de sodium (sodisation) sur le complexe adsorbant des sols peut dégrader les propriétés physiques des sols. Les cations présents en solution dans le sol s'échangent sur le complexe organo-minéral. On définit le rapport Na⁺/CEC ou le paramètre ESP (Exchangeable Sodium Pourcentage) pour estimer le degré de saturation du complexe d'échange cationique (**MICHEL et al., 2005 in BOUKHRIS., 2012**).



PARTIE PRATIQUE

Chapitre III :Présentation du région d'étude

30.1 Localisation de la région de Touggourt

Située dans le Sud-est du pays, la wilaya de Touggourt est limitée au Nord, par la wilaya d'El-Meghaïer, El Oued et la Tunisie à l'Est , Djelfa à l'Ouest et Ouargla au Sud. Touggourt est à 167 m d'altitude et se situe à 33.10° N 6.07° E.),3 à la bordure occidentale de l'impressionnant océan de dunes qu'on appelle «Grand Erg Oriental ». Elle s'étend sur environ 140 km du Nord au Sud, le long de l'Oued Righ, dont les eaux suivent pour l'essentiel un cours outerrain. Elle est limitée administrativement au Nord par la commune de Djamâa, à l'Est par la commune de Taïbat, au Sud et à l'Ouest par la commune d'El Hadjira (MESGHOUNI, 2008) Alors qu'en examinant la topographie de cette zone on constate que c'est une dépression bordée au Nord par le Ziban, à l'Est par les grands alignements dunaires de l'Erg oriental, au Sud par les oasis de Ouargla, et à l'Ouest par la dépression de Dzioua (Fig1), Climat désertique sec et chaud (**Classification de Köppen: BWh**).

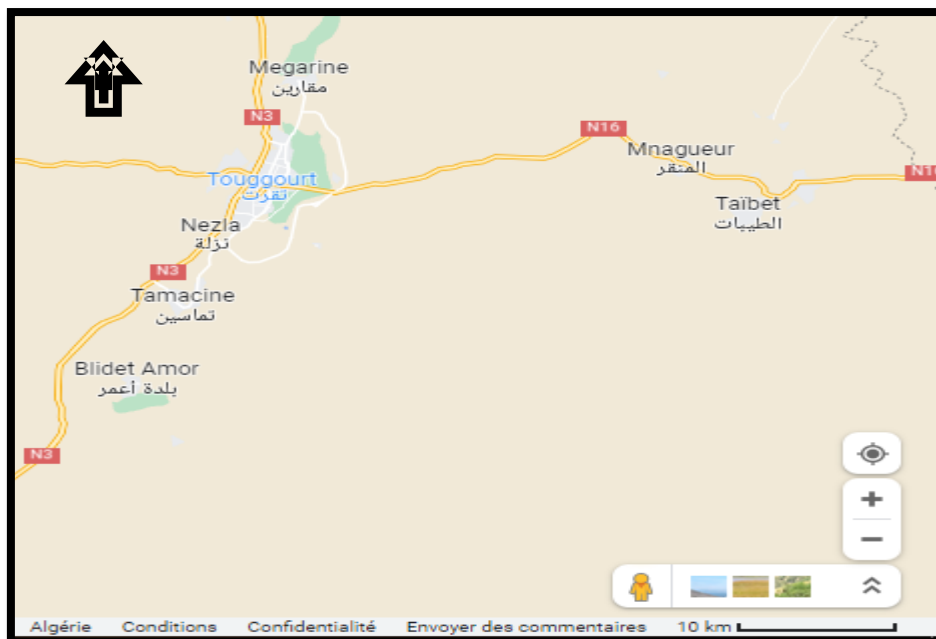


Figure 2: Situation géographique de la ville de Touggourt (maps.google.fr)

30.2 Climatologie.

Données météorologiques de la région de Touggourt.

Tableau IV: Données climatiques de la région de Touggourt(1996-2015)

Mois	Température m (°c)	Température m (°c)	Température moyenne	Humidité (%)	Vent maximale en (m/s)	Précipitation (mm)*	Evaporation (mm)*	
Janvier	17.2	5.0	11.1	54	36.1	12.3	104.3	237.1
Février	19.5	5.8	12.65	44	40.0	7.2	133.7	246.9
Mars	24.3	10.6	17.45	38	43.7	5.0	216.9	281.9
Avril	28.2	14.1	21.2	34	48.7	4.8	277.7	287.4
Mai	33.6	19.4	26.5	31	46.3	2.9	352.4	318.5
Juin	38.5	24.0	31.25	28	36.9	1.1	400.8	304.1
Juillet	41.9	26.8	34.35	25	40.6	0.1	455.6	347.3
Août	41.1	26.7	33.9	28	39.4	0.5	422.9	327.2
Septembre	35.6	22.3	28.95	36	40.0	5.4	304.4	268.5
Octobre	30.2	17.1	23.65	40	36.0	5.8	223.9	271.5
Novembre	22.6	10.1	16.35	48	34.2	7.5	136.1	245.8
Décembre	18.0	6.0	12	53	30.2	3.2	104.7	231.2
Moyenne	29.23	15.66	22.44	38.3	39.3		-	280.6

* le cumul annuel

30.2.1.1 Température.

A partir du tableau N°VI nous observons que la température moyenne maximale du moi le plus chaud est atteinte en juillet avec **34.35°C** et la température moyenne minimale du mois le plus froid en Janvier avec **17.2 °C**. (1996-2015).

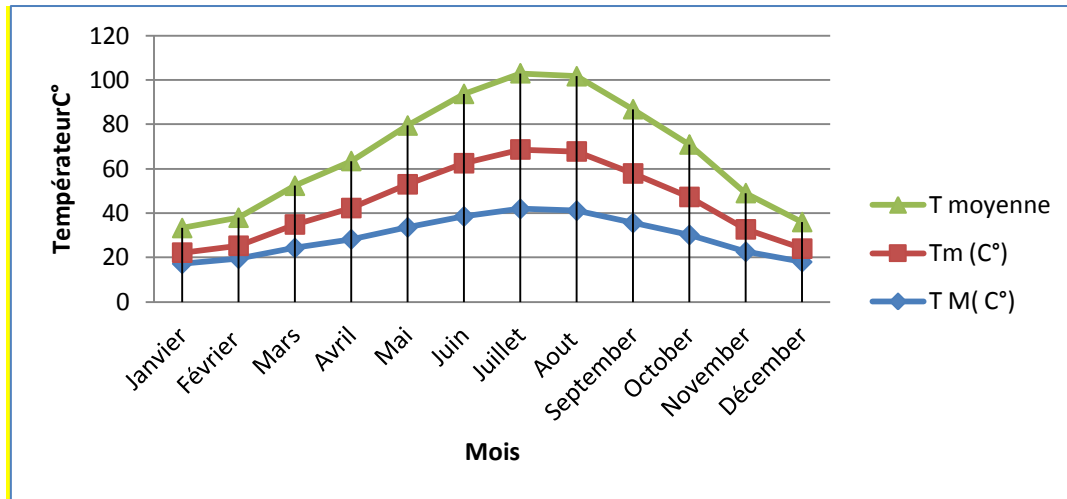


Figure 3: Variations de la température pendant la période 1996-2015 dans la région de Touggourt

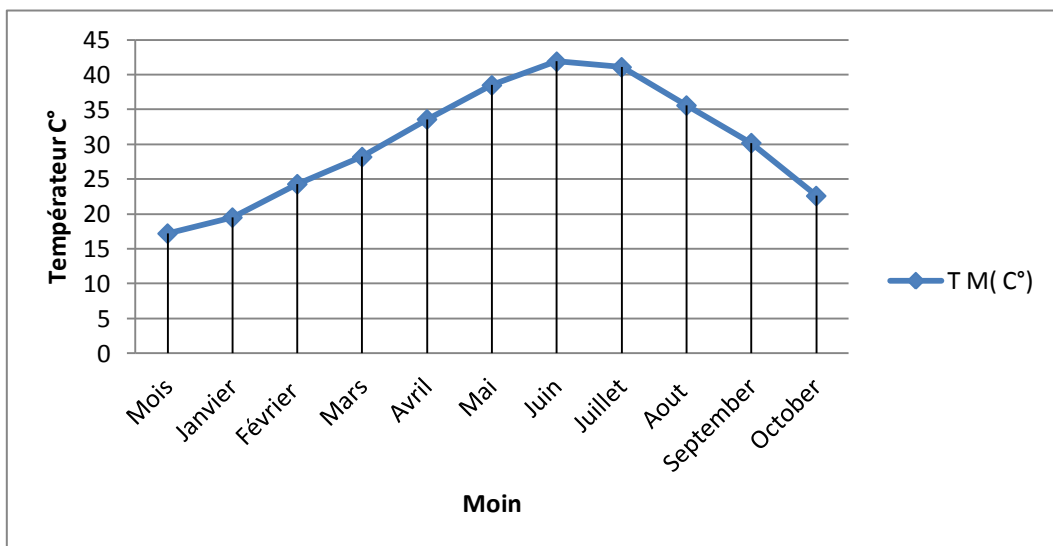


Figure 4: la température pendant la période 1996-2015 dans la région de Touggourt

30.2.1.2 Précipitation

La zone est caractérisée par de faibles précipitations et des précipitations irrégulières (irrégularité mensuelle et annuel), distribué et caractérisé par une sécheresse quasi absolue par mois A partir d’août et maximum en janvier avec **12.3mm**. Depuis le début de l’année Les précipitations sont d’environ **55,7mm** (tableau 01)

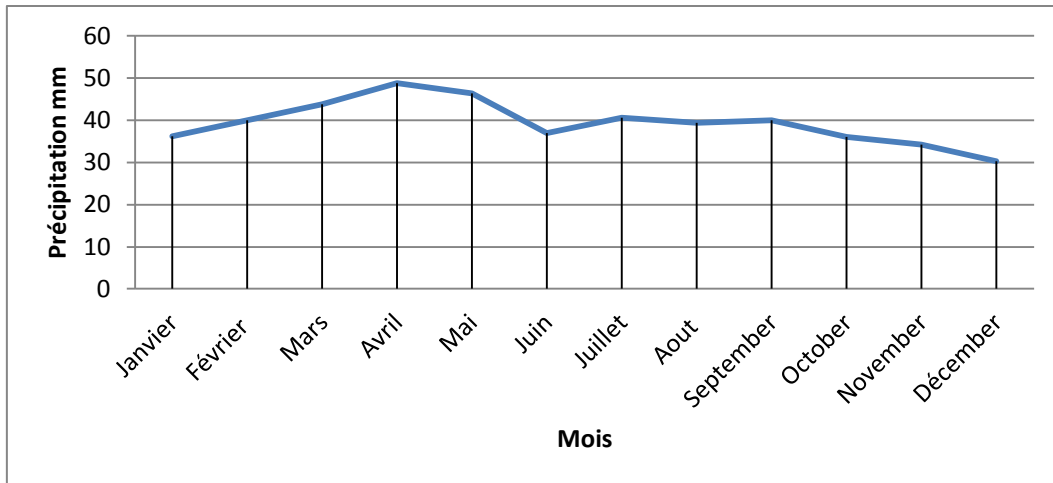


Figure 5: Variations des précipitations durant la période (1996-2015)

30.2.1.3 Evaporation

L'évaporation est très importante, surtout lorsque les vents chauds, où ils atteignent en mm/an avec une limite mensuelle maximale **455.6 mm** en juillet et un minimum **104.3mm** en Janvier

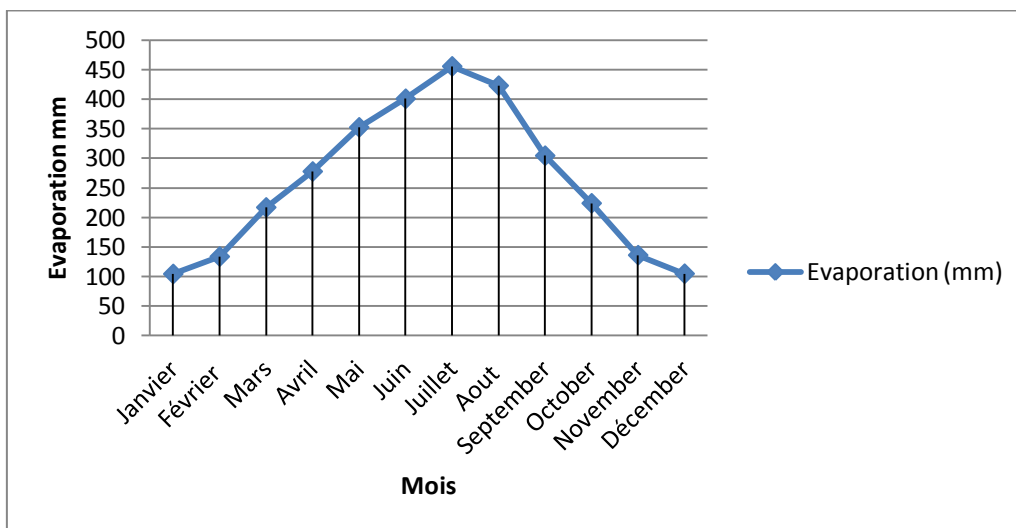


Figure 6: Variations de l'évaporation durant la période (1996-2015)

30.2.1.4 Vent

Les vents dominants sont de direction N.N.E en hiver et S.S.E en été. Ils se caractérisent par une vitesse dépassant parfois 20km/s et provoquant le déplacement des dunes et le dessèchement des végétaux. Le sirocco qui est un vent chaud, souffle particulièrement au mois d'avril à juillet (**Labed et Meftah, 2007**).

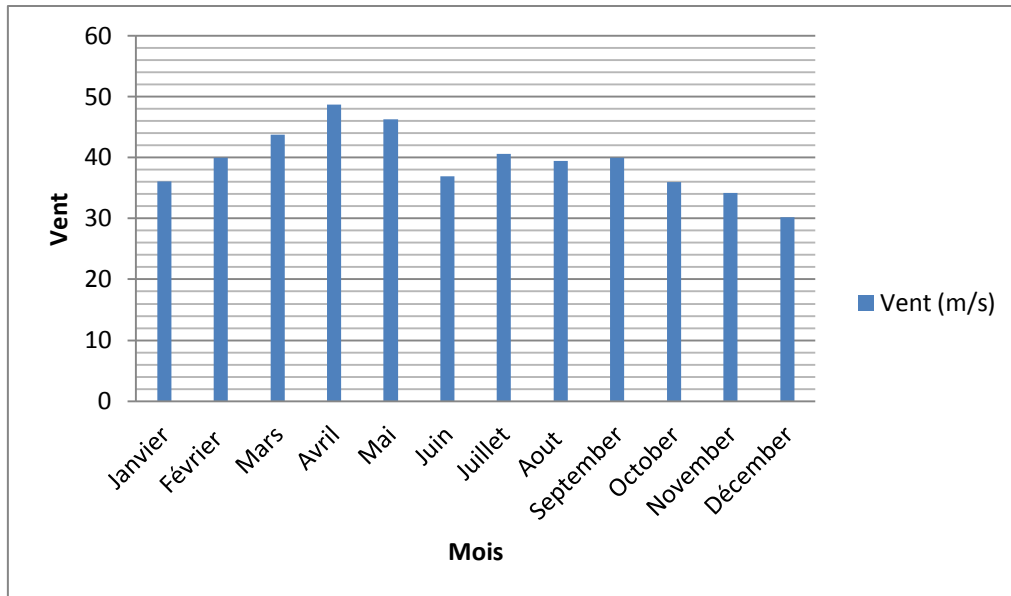


Figure 7: Variations de la vitesse du vent durant la période (1996-2015).

30.2.1.5 Humidité relative

On note que l'humidité relative de l'air est faible, et pour 31,73% en juin, Jusqu'à un maximum de 66,73 % en décembre et une moyenne annuelle de 46,67 (tableau 01).

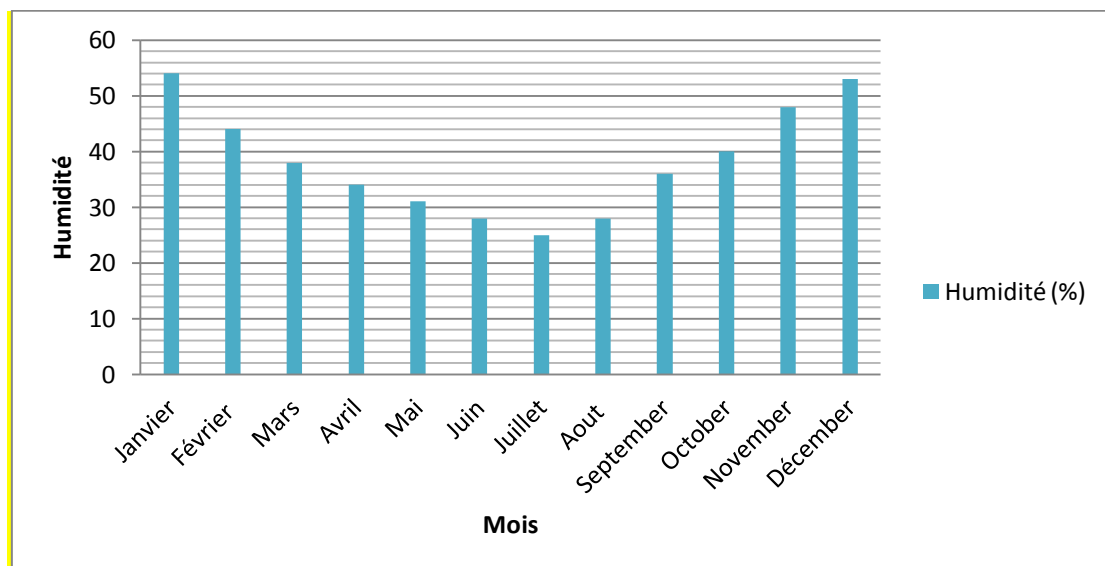


Figure 8: Variations de l'humidité de l'air durant la période (1996-2015).

30.2.2 Synthèse climatique

30.2.2.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson permet de déterminer la période sèche suivant un principe à échelle $P = 2T$.

P : précipitation.

T : température moyenne annuelle.

L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche dans la région de Touggourt. Cette période s'étale sur toute l'année.

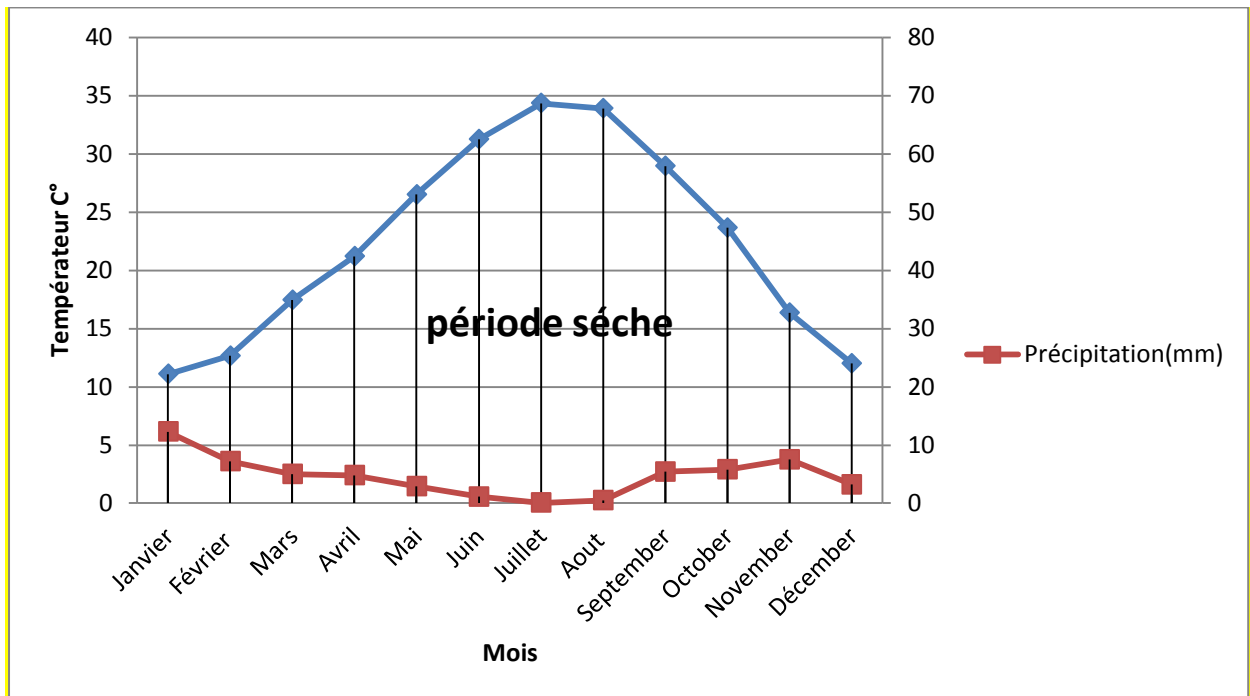


Figure 9: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Touggourt (1996-2015).

30.2.2.2 Climagramme d'Emberger

Emberger (1955) a établi un quotient pluviothermique à l'issue duquel il classe les différents types de climat. Nous avons utilisés la formule de Stewart (1968) adaptée pour l'Algérie et le Maroc.

$$Q3 = 3.43 P/M-m.$$

Où : Q3 : quotient pluviothermique d'Emberger (1955) modifié par Stewart (1968) pour l'Algérie et le Maroc ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm ;

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C;

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °C ;

Grâce à cette formule il est possible de calculer le quotient pluviothermique de la région d'étude. Les calculs donnent Q3 égale à 4,17 avec m = 4.31°C°. Ce qui permet de classer la région dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (figure)

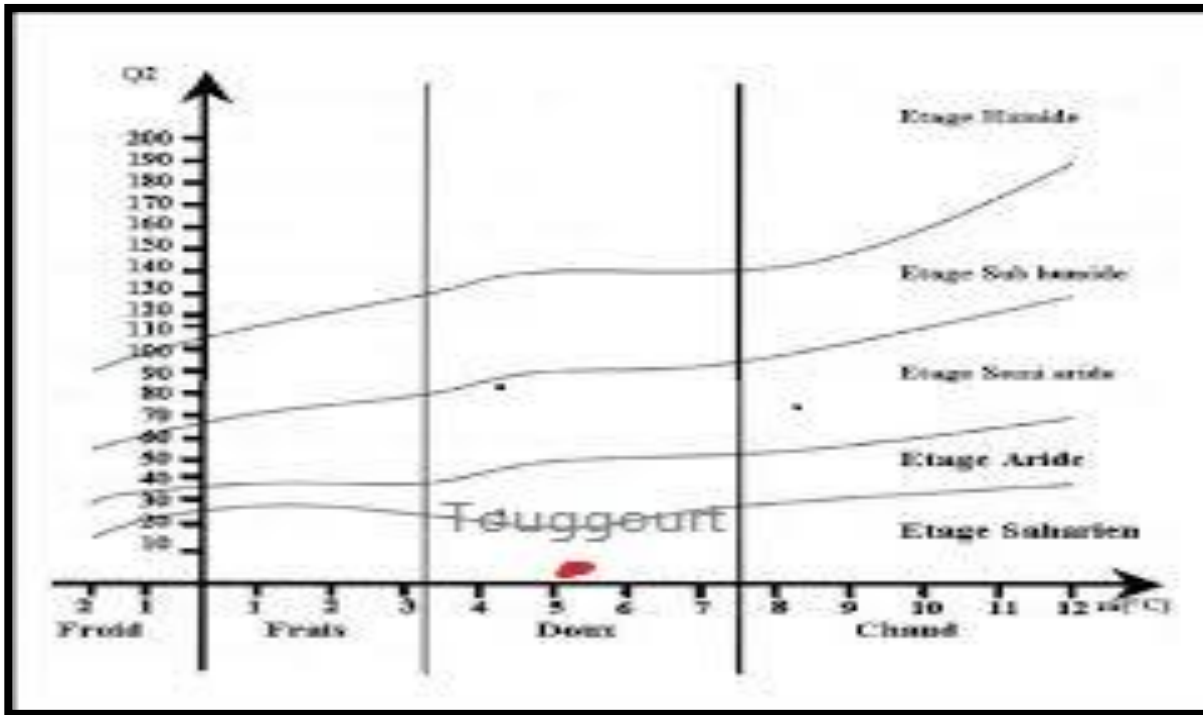


Figure 10: Situation de Touggourt selon le Climmagramme d'Emberger (1996-2015).

30.2.3 Géomorphologie

La vallée d'El Oued Righ est un large fossé de direction Sud Nord, prenant son origine au Sud de la palmeraie d'El Goug débouchant sur le chott Merouane. La pente générale est de l'ordre de 1%. La dénivellation entre le haut et le bas du paysage est de quelques mètres seulement, les pentes sont faibles et le relief est peu marqué reposant sur les formations mio-pliocènes et éocènes qui s'infiltrent progressivement vers le nord (Helal et al, 2004 in Labed et Meftah, 2007).

30.2.4 Géologie

La région de Touggourt se présente comme une cuvette synclinale du grand bassin sédimentaire du bas Sahara. Ce dernier se situe entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas Saharien. Avec plus de 600km de diamètre, il couvre 720.000 km² de superficie et s'étendent des pieds de l'Aurès au Nord jusqu'au tassili au Sud. Tous les terrains, depuis le cambrien jusqu'au tertiaire, sont dissimulés en grande partie par le grand Erg Oriental, soit 125.000km². Cependant quelques affluents sont observés sur les bordures (Helal et al, 2004 in Labed et Meftah, 2007).

30.2.5 Pédologie

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sol minéraux, sols peu évolués sols halomorphes et sols hydromorphes. La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieur à 1%) et ne permet pas une bonne agrégation. Ses sols squelettiques sont très peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, elle représente environ 8% en volume d'eau disponible (**Daoud et al, 2004 in Labeled et Meftah, 2007**).

30.2.6 Hydrogéologie

Les ressources en eau souterraines du Sahara septentrional sont contenues dans deux grands aquifères qui s'étendent au delà des frontières Algériennes. Ceux du continental intercalaire (CI) et des complexes terminaux (CT) (**A.N.R.H, 2006**). Les formations sont constituées par une série de dépôts alternativement marins et continentaux dans un vaste bassin sédimentaire (**A.N.R.H, 2006**). Dans la région d'Oued Righ il existe plusieurs niveaux aquifères dont : la nappe phréatique au Nord et le complexe terminale d'âge du sénomo-éocène carbonaté est d'âge de mio-pliocène sablo-argileux, et continental intercalaire d'âge du crétacé inférieur (**A.N.R.H 2006 in Labeled et Meftah, 2007**)

Chapitre : IV

31 Station (WWG) de vieux K'SAR de Témacine

31.1 Présentation de la station d'épuration (WWG) de vieux K'SAR de Témacine

31.1.1 Situation géographique (Anonyme, 2007) :

Témacine est une commune de la wilaya d'Témacine qui se situe dans la région d'Oued Righ (figure1), au Sud-est Algérien, aux points géographiques suivants :

- latitude : 33°01' Nord .
- longitude : 06°01'Est.

Elle est limitée au Nord par Nezla, au Sud par Blidet amor, à l'Est par M'naguer et à l'Ouest par EL-alia. Sa superficie est de 300 Km², représentant 18% de la surface totale de la wilaya.

La commune de TÉMACINE est constituée de quatre cités : Cité de Témacine (vieux ksar), Cité de Tamelaht, Cité de Lebhour, Cité de Sidi amer.

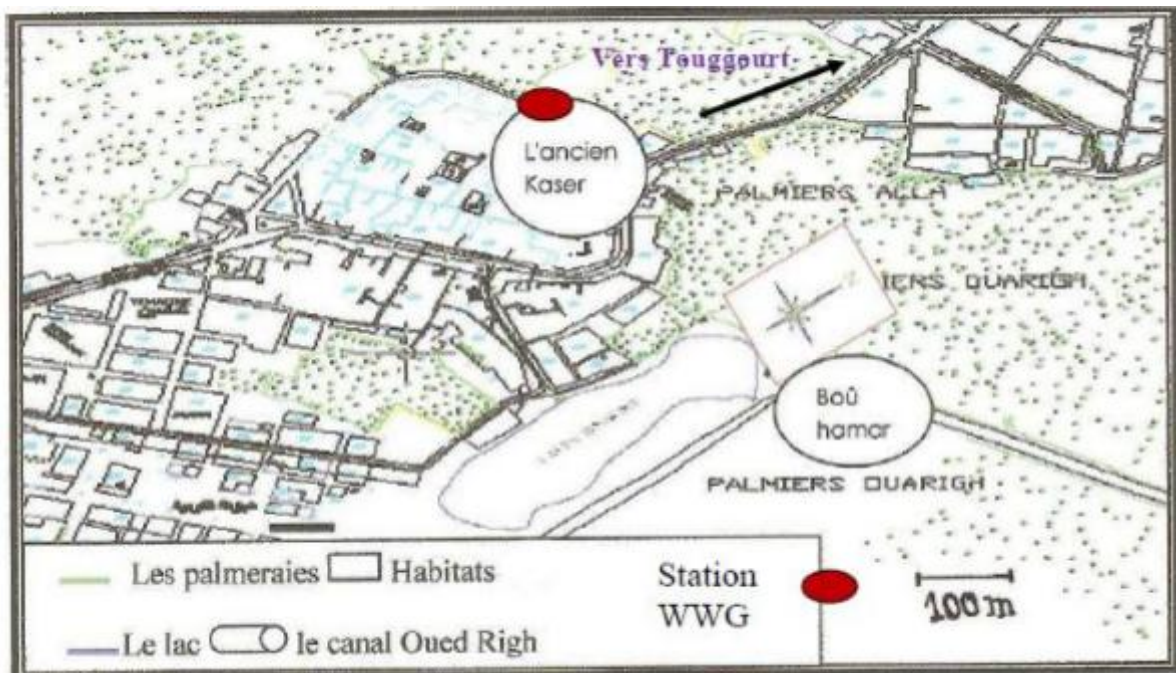


Figure 11: Localisation de la station WWG (Anonyme, 2007).

31.1.2 Présentation de la station pilote WWG

La WWG (Waste Water Gardens) de Témacine est dimensionnée pour traiter 15 m³ d'eaux principalement fécales par jour, correspondant à la production de 100 personnes environ à raison de 150 l/personne/jour.

La surface totale du bassin de traitement est de 400 m², le niveau de gravier dans le bassin est de 0,70 cm rempli par de l'eau de telle manière à ce que le niveau supérieur de l'eau soit de 10-15 cm au-dessous du gravier

Le temps de séjour dans le bassin WWG est de 5 jours. Afin d'augmenter le taux d'épuration de l'eau, des murs de ralentissement du flux ont été rajoutés afin de s'assurer que les eaux séjournassent le temps nécessaire dans le bassin

Le volume total du bassin WWG est de 400 m³, le filtre (gravier) occupe 260 m³ et l'eau 88 m³ seulement.

Ce système a jusqu'ici montré des performances épuratoires globalement satisfaisantes, et ces multiples facteurs peuvent jouer un rôle important dans le choix de cette technologie comme meilleure solution pour le traitement décentralisé des effluents domestique des agglomérations (villages, écoles, ...).

Ce bassin reproduit les conditions d'une zone humide naturelle avec de hautes capacités de traitement de la pollution. Les eaux à travers un lit de gravier planté avec des espèces dont les racines se nourrissent des éléments nutritifs de l'eau. C'est un système qui permet non seulement de traiter les eaux usées sans produits chimiques ni énergie mais aussi d'irriguer des plantes utiles, avec une durée de vie de 20 ans renouvelable, s'est bien entretenu.



Photo 1: Station d'Épuration des Eaux Usées Waste water Garden, Vieux Ksar de Témacine.

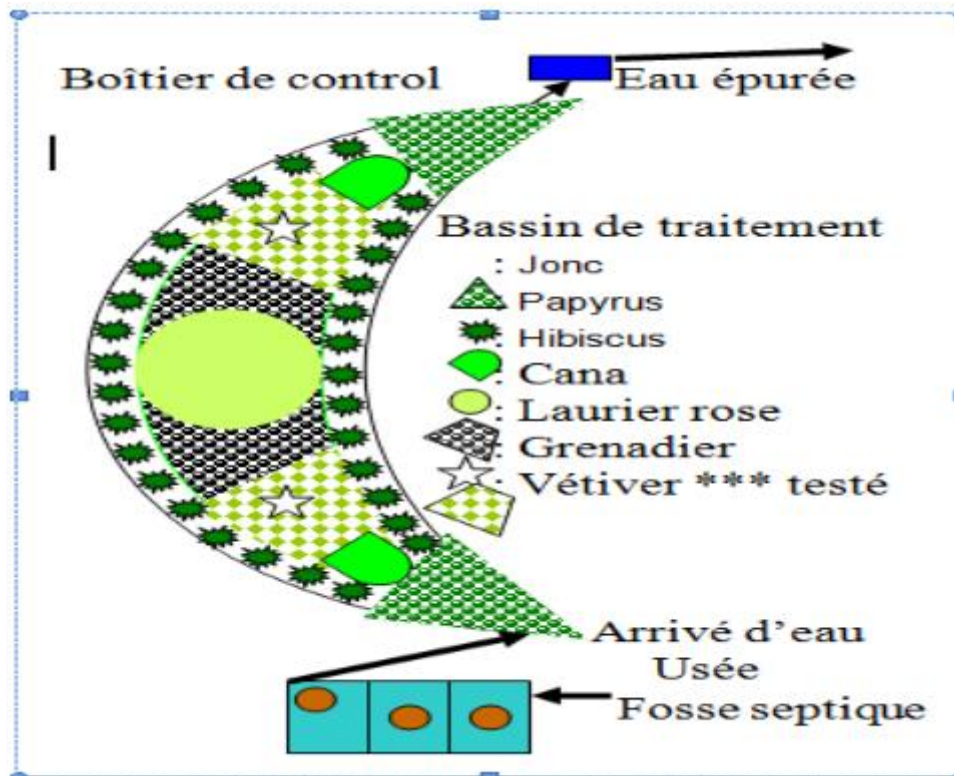


Figure 12: Schéma de la disposition des Plantes et Vue Globale de la Station WWG.

31.2 Avantage et inconvénients de la phytoépuration

a- Avantage

- Excellente élimination de la pollution microbiologique. - Economie d'eau, réduction de la pollution des eaux de surface et des nappes phréatique. - Conformité des rejets aux exigences réglementaire (MES, DCO, DBO5). - Faible couts d'investissement et de fonctionnement. - très bonne intégration paysagère. - valorisation aquacole et agricole de la biomasse planctonique produite et des effluents épurés. - Contribue au développement et à la diversification de la flore locale, ainsi qu'à la protection de la faune et de la biodiversité. - Intérêts sanitaire, écologique, esthétique et éducatif. (LECOMTE, 1998).

b- inconvénients

-Grande emprise foncière. - Contraintes possibles s'il y a la nécessité d'imperméabiliser le sol. - Variation saisonnière de la qualité de l'eau en sortie. - N'apprécie pas les grandes pollutions ponctuelles et les pollutions chimiques. - en cas de mauvais fonctionnement, risque d'odeurs. - Veiller à ne pas atteindre l'état de putréfaction (LECOMTE, 1998).

32 Les étapes et différents types des traitements de la station d'épuration (WWG) de vieux de k'sar Témacine

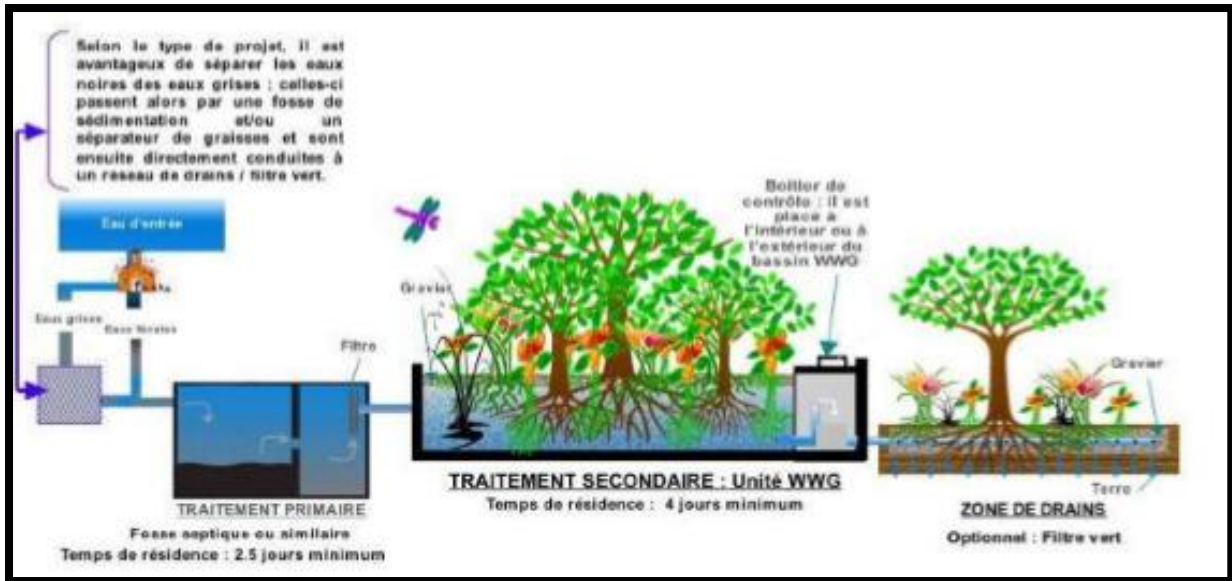


Figure 13: traitement d'eaux par macrophyte dans région Témacine .

32.1 Traitement primaire (traitement physique)

32.1.1 Fosse septique et ses composants

La fosse septique est principalement constituée de trois (03) compartiments reliés entre eux à l'aide des conduites de 400 mm. La vitesse de l'effluent des eaux usées est freinée par la présence à l'entrée de la fosse septique d'un mur qui s'élève à 0,80 m du sol. Le volume des eaux dans la fosse septique est estimé à 45 m³. Le temps de résidence des eaux usées dans la fosse est 3 jours en minimum.



Photo 2: Vue générale de la fosse septique

-Une fosse septique tient lieu de traitement primaire avec un filtre à la sortie des eaux et une cheminée de respiration photo(02).

32.1.2 Filtre de la fosse septique

Un filtre fut, avec un tube de 500 mm de diamètre, attache d'un cote afin de pouvoir soutenir une première fabrique en maille de plastique, rempli de life (fibre de palmier), Le life) fibre de palmier) à l'avantage d'être un matériel local et peu cher, qui et il change plus fréquemment.



Photo 3: Les composants de la fosse septique.

32.2 Traitement secondaire (traitement biologique)

32.2.1 Bassin WWG

Le processus de purification à ce stade est à travers les interactions dans le bassin entre la plante (racines) et les bactéries dans l'eau, où la purification par la démolition de matières organiques dans l'eau par des bactéries aux matériaux minéraux grâce à la fourniture d'oxygène par les racines ; C'est plus de 4 à 5 jours pour obtenir un bon purificateur Ce dernier procédé permet à la plante d'absorber plus facilement les minéraux produits par l'oxydation et la réaction entre les bactéries et les matières organiques.

Type de bassin de la station d'épuration (WWG) est bassins plantés à écoulement sous surface horizontal. Après cette phase, l'eau traitée est transférée à la boîte de contrôle pour analyse en laboratoire afin de surveiller la qualité de l'eau et l'efficacité de la station.



Photo 4: bassins WWG (traitement secondaire).

32.2.2 Boite de contrôle

.. Le boîtier de contrôle : Le boîtier de contrôle est généralement placé dans l'unité de traitement WWG ou à l'extérieur comme c'est le cas de la station pilote WWG de Témacine. Il est à base de béton armé et se distingue par son imperméabilité photo5 .Le boîtier de contrôle comme l'indique son nom, permet de contrôler le niveau d'eau dans l'unité et facilite l'écoulement de l'eau traitée vers la zone de drain, appelée aussi filtre vert. Ce dernier, est une zone verte additionnelle dont les plantes bénéficient également de nutriments toujours présents dans les flux (HAMMADI.2006).



Photo 5: Le boîtier de contrôle.

32.3 Perspective sur l'utilisation de l'eau traitée de la station d'épuration WWG

32.3.1 Irrigation souterraine

La zone de drainage ayant été choisie comme site expérimental pour servir de zone d'irrigation souterrain, Des vannes ont été placées au début des conduites principales afin de procéder à des plantations dans la zone de drainage utilisée comme site expérimental. A cet effet, un boitier a été installé avec un système de tuyaux flexibles afin de pouvoir arroser manuellement ces nouvelles plantes (HAMMADI, 2006).

32.3.2 La zone de drainage

Le système comporte un réseau de drainage gravitaire souterrain de 468 mètres, reparti en six zones principales. Des tests répétés ont été faits afin de s'assurer qu'il y a une répartition égale entre les différentes zones. L'eau transitant par le boitier de contrôle du bassin

WWG, est ensuite orientée vers deux conduites principales. Figure (23) (HAFIANE et al, 2013) .

Les conduites de drain sont des tubes de 63 mm de diamètre sectionnés manuellement tous les 10 à 15 cm, et posées sur une couche de 0,5 à 0,7 m de gravier, recouvert par une couche de 5 cm de gravier et enfin par de la terre. Les eaux sont distribuées par des conduites de 110 mm de diamètre qui se connectent ensuite par des réductions aux lignes de drain proprement dites (HAMMADI.2006).



Photo 6: La zone de drainage

32.3.3 Sécurité du drainage

Cependant et afin d'assurer une sécurité additionnelle, et à la demande des services de l'hydraulique de Témacine, une conduite additionnelle a été ajoutée à la sortie du boîtier de contrôle afin d'évacuer les eaux en cas de non fonctionnement du réseau de drainage (saturation des sols) et accumulation d'eau dans le boîtier de contrôle, puis remontée des eaux dans le bassin Waste Water Garden lui-même même. Il a été placé à 8 cm environ au-dessus de fil d'eau de la conduite de drainage vers le réseau des 468 mètres. (HAMMADI 2006).

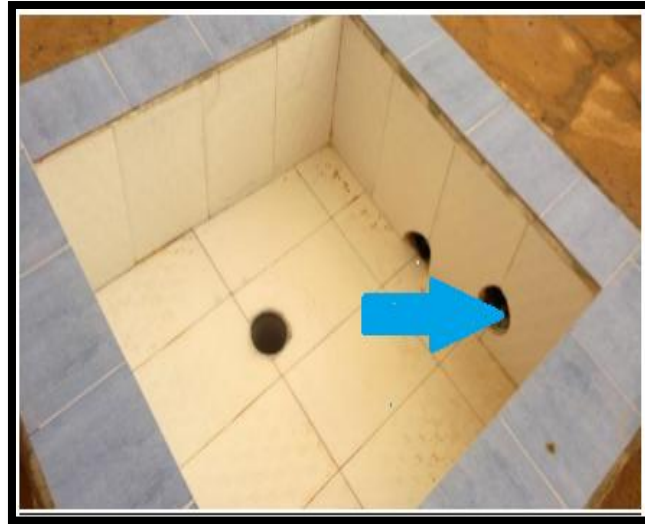


Photo 7: La sortie du boîtier de commande afin de vider l'eau au cas où l'eau ne coule pas du réseau d'alimentation .

Méthode d'étude .

❖ Objectif de l'étude

C'est l'effet de l'irrigation par de l'eau traitée sur les propriétés physiques et chimiques du sol après l'avoir irrigué à intervalles simultanés avec des quantités égales d'eau traitée et d'eau du robinet comme témoin. Le sol utilisé provient des dunes de sable de Témacine, il est d'abord nu et jamais irrigué puis arrosé.

1 Choix et présentation des parcelles

L'étude a été menée dans la station d'épuration de Témacine, où nous avons mené nos recherches par l'exploitation directe des eaux usées traitées pour l'irrigation afin d'évaluer cette eau en conditions expérimentales réelles.

1.1 Préparer du lieu d'étude

Le site d'étude a été préparé en trois étapes

- 1** Un petit lot de terrain a été sélectionnée dans la station d'épuration de Témacine, où nous avons pris une superficie de 64 m² (8m X 8m), puis elle a été excavée à une profondeur de 30 cm (voir la photo8).



Photo 8: Décapage du sol au niveau de la station WWG Témacine.

- 2 Le sable a été apporté des dunes de la région de Témacine.



Photo 9: Apport du sable de dune.

- 3 Apport du sable des dunes dans la zone excavée jusqu'à ce qu'elle soit pleine.

Le lot est divisé en 8 parcelles égales de 1 m² de surface avec des ados de séparation de 50 cm. Les parcelles sont réparties en deux blocs (avec 4 parcelles chacun). Un bloc est irrigué avec les eaux usées traitées et l'autre avec l'eau du robinet. (Voir la photo 10)



Photo 10: Division de la zone d'étude.

4 Méthode d'arrosage

Toutes les parcelles sont irriguées aux mêmes temps et avec les mêmes quantités d'eau.

Le bloc 1 est irrigué avec les eaux épurées et le bloc 2 irrigué avec les eaux du robinet.

la seule différence entre les deux expériences étant la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation. La première expérience est irriguée avec des eaux usées biologiquement purifiées provenant de la station d'épuration de Témacine. Alors que la deuxième expérience est racontée avec de l'eau du robinet. Où les bassins sont arrosés deux jours par semaine à raison de 10 litres par bassin par aspersion.

5 Matériaux utilisés sur le terrain

bol de 30 cm de profondeur et sac plastique.



Photo 11: Ruisseau.



Photo 12: Raclette.



Photo 13: Pioche.

6 échantillons

08 Échantillons de sol selon le type d'eau utilisée pour l'irrigation pendant quatre mois consécutifs avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet. La profondeur des échantillons de sol varie de 0 à 30 cm. Nous avons prélevé 500 kg de terre pour chaque échantillon.

04 échantillons ont été prélevés sur le sol irrigué avec des eaux usées traitées, 04 ont été prélevés sur le sol irrigué avec de l'eau du robinet, et 01 ont été prélevés sur le sol témoin (sol non irrigué). Les échantillons ont été conservés dans des sacs en plastique.

7 Prospection sur terrain

Des prélèvements sont effectués tous les mois au niveau du point réservé à l'étude au niveau de la station d'épuration de Temacine.

Sol nu non irrigué ;

Sol irrigué (par EUT et eau du robinet) ;

Echantillonnage à partir d'un récipient profond (0-30 cm).

Des échantillons sont prélevés sur un sol irrigué et nu et placés dans des sacs.

L'irrigation est appliquée deux fois par semaine à une dose de 10 litres.

a-Travail sur terrain

Les échantillons sont prélevés dans un récipient d'une profondeur de 30 cm sur une couche (0-30 cm) de sols irrigués par EUT, eau du robinet et sols non irrigués (témoins).

b-Travail sur laboratoire

Analyse physico-chimique des l'eau et de sol

- PH ;
- CE ;
- Matière organique ;
- Granulométrie ;
- Sels solubles.

c-Echantillonnage

- Sol
- Eau

d-Analyse au laboratoire

1 Techniques des analyses physico-chimiques de l'eau et de sol

1.1 L'eau usée traitée

L'ensemble d'analyses physico-chimiques de l'eau traitée ont été effectués au niveau de laboratoire de (ONA).

1.2 Le sol

Les analyses physico-chimiques du sol ont été effectuées au niveau de laboratoire de université et laboratoire de (NRAH).

1.2.1 Les méthodes utilisées pour l'eau

1.2.1.1 Dosage de MES

But d'analyse : Est de déterminer la teneur de matières en suspensions d'une eau usée

Principe : L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée.

Expression des résultats : On calcule de la teneur en MES selon l'expression :

$$\text{MES} = 1000(M1-M0)/V \dots\dots\dots (*)$$

MES : La teneur en MES en (mg/l).

M1 : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C

M0 : La masse en (mg) de la capsule vide.

V : Volume de la prise d'essai en (ml).



Photo 14: Pompe à vide.



Photo 15: Matière en suspension

1.2.1.2 La demande chimique en oxygène (D.C.O)

But d'analyse : Mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permettant d'estimer le volume de prise d'essai de DBO5.

Principe : Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

Réactif : Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.

Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations.

Expression des résultats : La teneur en DCO est donnée en mg/l.



Photo 16: Réactifs DCO



Photo 18: Spectrophotomètre .



Photo 17: Réacteur.

DCO

1.2.1.3 La demande biologique en oxygène (DBO5)

Principe : L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostaté est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacés en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP.

Procédure : La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO5.

Volume de la prise d'essai (DBO5) = DCO (mg/l) × 0.80.....(), pour les eaux urbaine.**



Photo 19: DBO-mètre.

Expression des résultats : $\text{DBO5 (mg/l)} = \text{Lecteur} \times \text{Facteur. (***)}$.

1.2.1.4 Détermination de conductivité électrique, salinité et la température

Principe : La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée. Plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu\text{S/cm}$, Pour sa mesure, nous avons eu recours à la méthode électrochimique de résistance à l'aide du **Conductimètre de poche Cond 340 i**

Appareillage

- Conductimètre de poche Cond 340 i
- Pissette eau déminéralisé.
- Solution KCl (3 mol/L) pour calibrage.



Photo 20: Conductimètre.

1.2.1.5 Détermination de pH

But d'analyse

Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau.

Pour sa mesure est effectuée à l'aide du pH-mètre de poche.



Photo 21: pH-mètre.

1.2.2 Les méthodes utilisées pour le sol

1.2.3 L'humidité

Méthode par séchage à l'étuve à 105 °C

- peser dans un bécher, préalablement taré, un poids P exactement connu de terre tamisée à 2 mm (10 g par exemple) :
- porter le bécher à l'étuve pendant 24 heures .
- retirer le bécher de l'étuve et le laisser refroidir dans un dessiccateur.
- peser.

Le pourcentage d'humidité se déduit des pesées suivantes :

- Becher vide= P'
- Becher +terre séchée à l'air = P''
- Becher +terre séchée à 105°C=P

La teneur en eau en pour cent de la terre séchée à l'air est de :

$$\text{Eau \%} = \frac{P'' - P'}{P' - P} * 100$$



Photo 22: Sécher à l'air libre.

1.2.4 La granulométrie

Principe :

L'analyse granulométrique ou analyse mécanique consiste à séparer la partie minérale de la terre en catégories classées d'après la dimension des particules minérales inférieures à 2 mm et à déterminer, Les proportions relatives de ces catégories, en pourcentage de la masse totale du sol minéral.

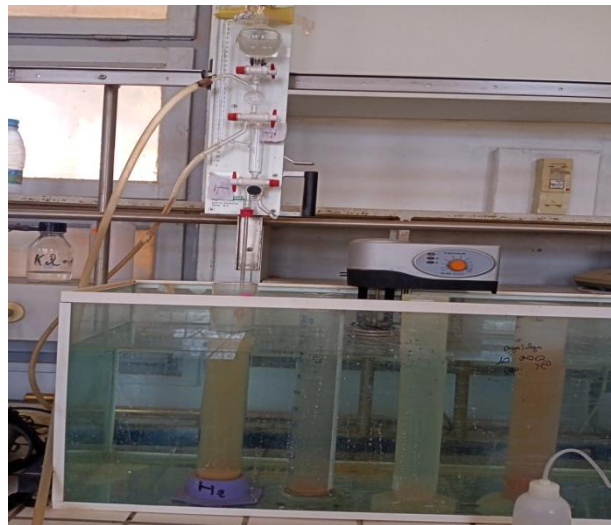


Photo 23: Pipette de Robinson-Kohn.

1.2.5 La conductivité électrique

La conductivité électrique a été déterminée par un conductimètre à une température de 25°C avec un rapport sol/solution de 1/5. La conductivité électrique est mesurée encore à l'aide de conductimètre (M 38) du sol de chaque plantule.



Photo 24: conductimètre (M 38)

Le PH : Le PH de l'extrait du rapport 1/2.5 est mesuré à l'aide d'un PH-mètre à électrode en verre.



Photo 25: solution du sol dans l'agitateur.

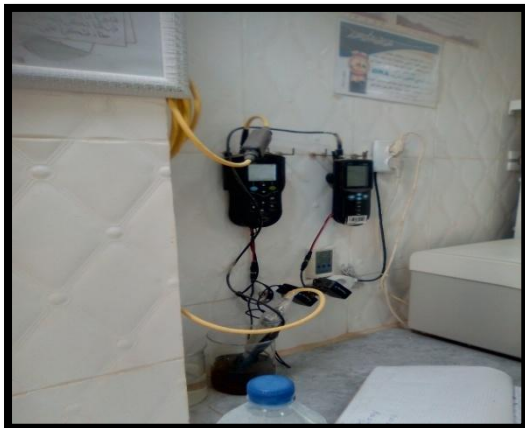


Photo 27: PH-mètre.



Photo 26: filtration des solutions du sol

1.3 analyses chimiques qui sont effectuées sur l'extrait (1/2,5)

1.3.1 Dosage des cations solubles

- Na⁺ K⁺, Ca⁺⁺ par spectrophotomètre à flamme.
- Mg⁺⁺ par complexométrie.

1.3.2 la matière organique

Le dosage de carbone et l'évolution de taux de la matière organique Les méthodes de détermination du taux de la matière organique par le biais du carbone organique total se basent sur le fait que le carbone organique constitue 58% de la matière organique.

La méthode utilisée c'est la méthode Anne qui consiste à oxyder à chaud le carbone de la MO d'un échantillon de sol dans des conditions définies en utilisant une quantité connue d'un puissant oxydant de bichromate de potassium en milieu sulfurique, le bichromate en excès est titré par un réducteur (le sel de MORH) (photo 22).

La formule pour le calcul de Carbone organique :



Photo 28: Préparer la solution de titrage.



Photo 29: Mesure des échantillons .



Photo 30: Étalonnage



Photo 31: échantillons



***RESULTATS ET
DISCUSSION***

Chapitre V : Résultats et discussions

1 Analyse de eaux

Tableau V: paramètres physico-chimique d'eau usée traite dans la station épuration WWG Témacine

Mois		Janvier	Février	Mars	Avril
Débit m ³ /j	EN	12,5	13,5	13 ,5	12,50
Débit trait m ³ /j	SO	11,00	12,0	11,5	12,00
Température	EN	19,00	18,30	19,80	22,50
Conductivité	SO	18,1	18,70	18,20	21,80
	EN	2,98	2,66	4,50	2,95
Salinité	SO	3,03	3,82	4,16	2,10
	EN	1,6	1,4	2,7	1,5
PH	SO	1,90	1,6	2,5	1,2
	EN	7,30	7,60	7,31	7,43
O2 dissous	SO	7,1	7,82	7,14	6,84
	EN	0,89	0,82	0,78	0,90
MES mg/l	SO	2,15	3,76	5,22	2,27
	EN	190,0	140,0	160,	
DCO mg/l	SO	15,00	8,00	7,0	
	EN	180,0	328,0	321,0	
DBO5 mg/l	SO	26,0	31,3	32,1	
	EN	120,0	190,0	90,0	120,0
	SO	12,0	14,0	14,0	5,0

Source:(ONA 2023).

On note dans ce tableau que la valeur du pH dans la moyenne des quatre mois de l'EUE (7,22) qui respecte la norme nationale algérienne de rejet (Annexe 01).

Nous constatons qu'à chacun des mois de janvier et d'avril, la valeur de la conductivité électrique ne dépasse pas les normes, mais au mois de février et de mars, elle dépasse les normes selon l'annexe 1.

Toutes les valeurs de salinité enregistrées au cours des quatre mois ne dépassent pas les normes selon l'annexe 1

Eaux usées traitées en agriculture pour l'Algérie. (Annexe 5)

On note que le pourcentage O2 dissou de augmente jusqu'en mars pour atteindre 5,22 mg/l durant les mois de janvier à mars.

On note MES que le rapport diminue à 15 mg/l pour atteindre une valeur de 7,0 mg/l de janvier à mars, car il ne dépasse pas les normes selon l'annexe 1.

On note que le ratio DCO augmente pour atteindre une valeur de 32,1 au mois de mars, soit une valeur qui ne dépasse pas les normes selon l'annexe 1.

Quant à ph , il atteint 14, soit une valeur qui ne dépasse pas les normes selon l'annexe 1.

Tableau VI: paramètres physico-chimique d'eau potable dans la station épuration WWG Témacine (2023).

Paramètre de eau potable	Valeur
Température C°	35.8
CE (ds/m)	2.69
PH	7.95
O2 dissous	6.97
MES mg/l	Trace
DCO mg/l	Trace
DBO5 mg/l	Trace

A travers le tableau ci-dessus, **Figure VIII** , nous remarquons que les valeurs mesurées par rapport aux normes de contrôle de l'eau du robinet(Annexe4) nous montrent qu'elles sont conformes aux normes. Parce qu'il ne dépasse pas les proportions exactes Analyse de sol

1.1 Granulométrie

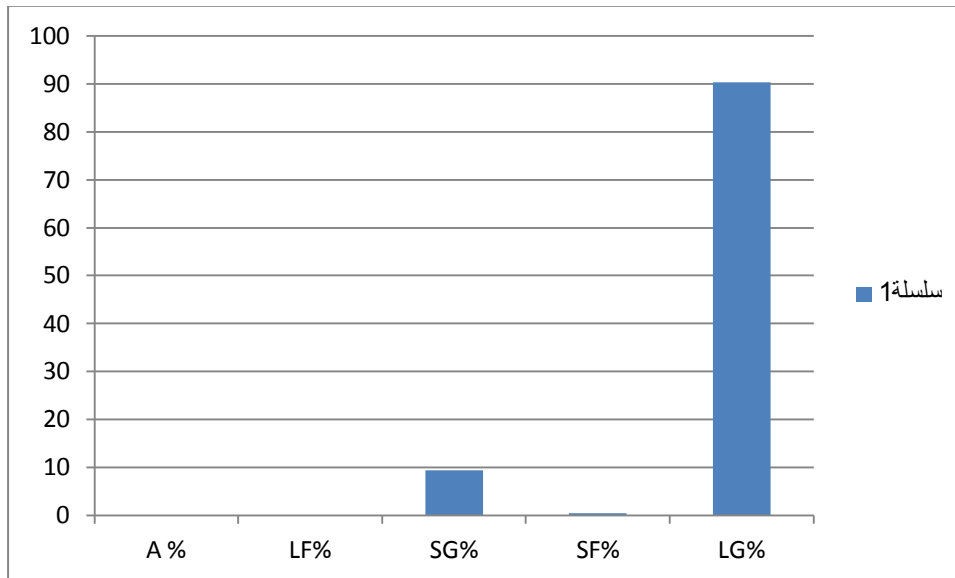


Figure 14: Granulométrie des sol

A partir la figure 15 nous avons remarque que le pourcentage Argile et limon fin est inexistant, suivi du pourcentage de sable fin, avec un pourcentage quasi inexistant estimé à 0,52, puis à un sable grossier estimé à 9,38. Quant au pourcentage de limoneux grossier la plus grande valeur est estimée à 90.25 ,et nous en concluons que la texture du sol est **Limoneux très fins** .

1.2

1.3 Humidité

Tableau VII: pourcentage moyen d'humidité dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.

Mois	Moyenne	
	L'eau usée	L'eau robinet
Janvier	11,84%	12,34%
Février	11,55	15,40%
Mars	14,6	11,76%
Avril	15,11	15,67

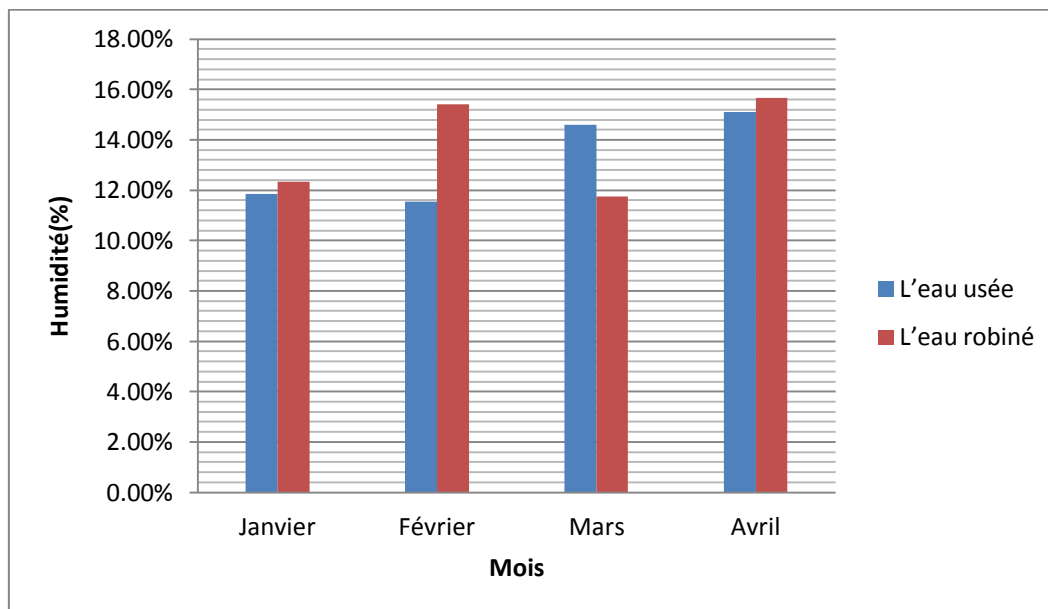


Figure 15: pourcentage d'humidité dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.

A travers les graphiques, nous remarquons que le pourcentage d'humidité dans le sol irrigué avec de l'eau du robinet est supérieur à son pourcentage dans le sol irrigué avec de l'eau traitée dans les trois mois sauf mars

Alors que nous remarquons que le pourcentage d'humidité le plus élevé se trouve dans le sol irrigué avec de l'eau traitée au mois d'avril de 15,11 %, tandis que dans le sol irrigué avec de l'eau du robinet, la valeur la plus élevée se trouve au mois d'avril de 15,76 %.

Le pourcentage d'humidité plus élevé dans le sol irrigué avec de l'eau du robinet par rapport au pourcentage d'humidité dans le sol irrigué avec de l'eau traitée est dû à plusieurs

facteurs tels que la température, le vent et les précipitations, car leur effet sur cette eau est le suivant :

Quant à l'humidité du sol irrigué avec de l'eau du robinet, le taux de conductivité électrique étant inférieur au taux de conductivité du sol irrigué avec de l'eau traitée, ce qui signifie une diminution de la mobilité des électrolytes, et donc en cas de température élevée ou une augmentation de la vitesse du vent, le processus d'évaporation est lent car il n'y a pas d'interaction significative entre les électrolytes. En ce qui concerne les précipitations, elles contribuent également au lessivage du sol, et donc à la migration des électrolytes vers la profondeur, ce qui les rend difficile remonter et ne pas s'évaporer, c'est-à-dire retenir un fort pourcentage d'eau et augmenter l'humidité.

Quant à l'humidité du sol de l'eau traitée, sa conductivité est élevée, c'est-à-dire une augmentation de la mobilité des électrolytes, et donc en cas d'élévation de température ou d'augmentation de la vitesse du vent, la réaction sera rapide du fait de l'abondance d'électrolytes et donc un processus d'évaporation rapide, ce qui entraîne une grande pénurie d'eau en peu de temps. J'espère que les précipitations sont dues à l'abondance d'électrolytes. Le processus de migration est lent, c'est-à-dire une évaporation rapide, et un grand pourcentage de l'eau n'est pas retenue, c'est-à-dire en réduisant l'humidité.

1.4 PH

Tableau VIII: pH dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.

	Moyenne PH	
	L'eau usée	L'eau robine
Janvier	7,44	7,45
Février	7,41	7,33
Mars	7,32	7,37
Avril	7,37	7,42
Témois	7,17	

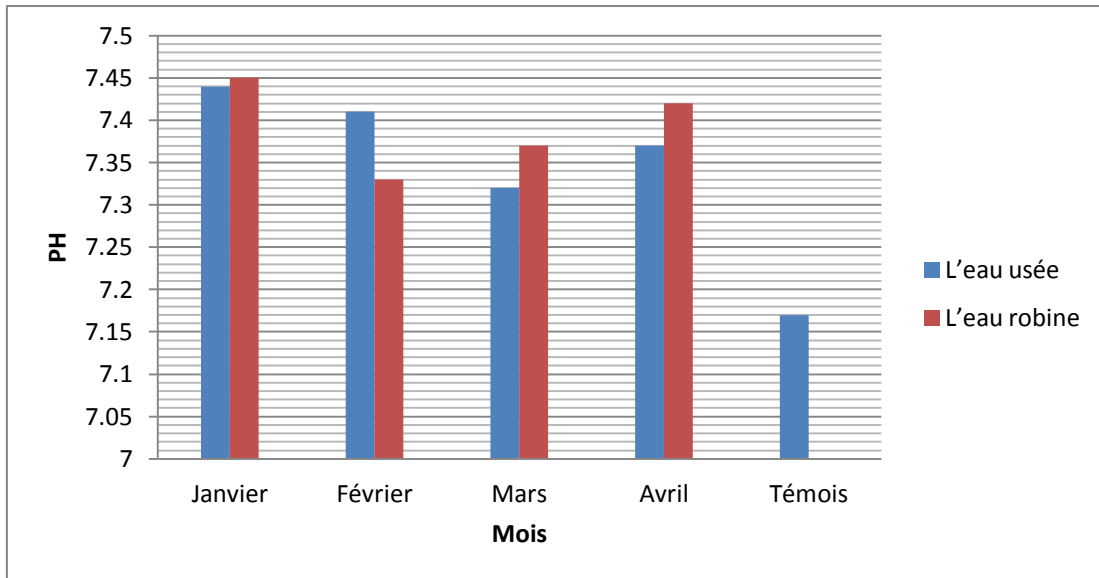


Figure 16: pourcentage de pH dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.

A travers les histogrammes(figure16), on remarque que la valeur du témoin est représentée par 7,17.

- Alors que nous notons que la valeur du PH dans le sol irrigué avec de l'eau traitée est de 7.44 en janvier, et la valeur la plus basse était en mars à 7,32.
- Quant au sol irrigué avec de l'eau du robinet, on remarque la valeur maximale au mois de janvier, qui est de 7,45, tandis que la valeur la plus basse est représentée au mois de février, avec 7,33.
- Par conséquent, nous notons que toutes les valeurs que nous avons sont supérieures aux Normes, et ceci est une indication des effets de l'eau arrosée sur le sol.
- Et nous en concluons que notre sol est un sol alcalin dans les deux cas d'arrosage,

1.5 CE

Tableau IX: CE dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.

	Moyenne	
	L'eau usée	L'eau robiné
Janvier	4,84	2,36
Février	3,97	3
Mars	3,59	2,66
Avril	3,64	2,55
Témoin	3,70	
KCl	2,75	

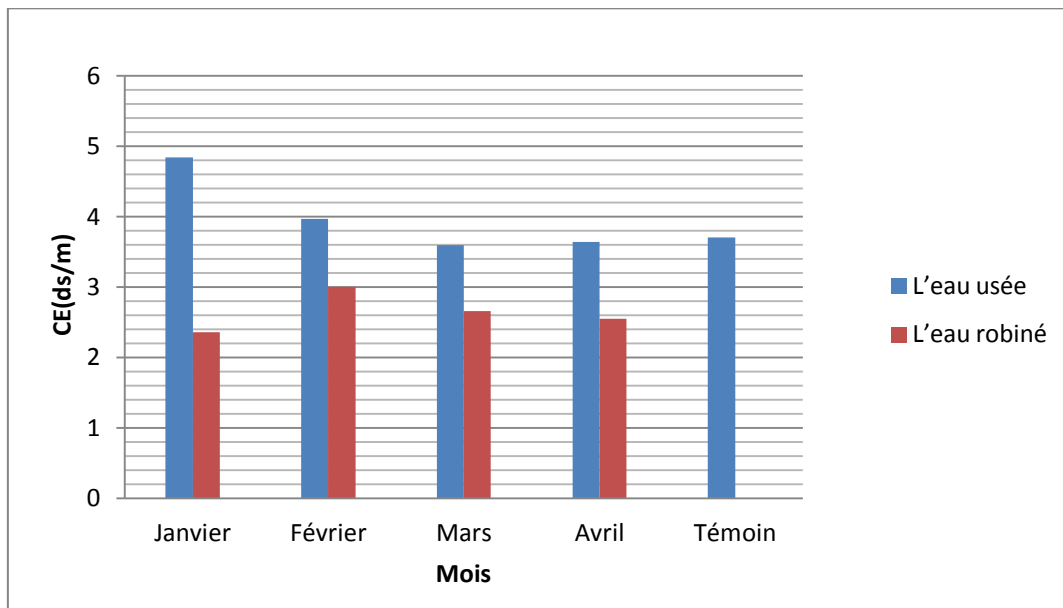


Figure 17: pourcentage de CE dans le sol irrigué avec de l'eau traitée et de l'eau du robinet.

A travers les graphiques à barres, on peut voir que la valeur témoin est CE est 3,7ds/m.

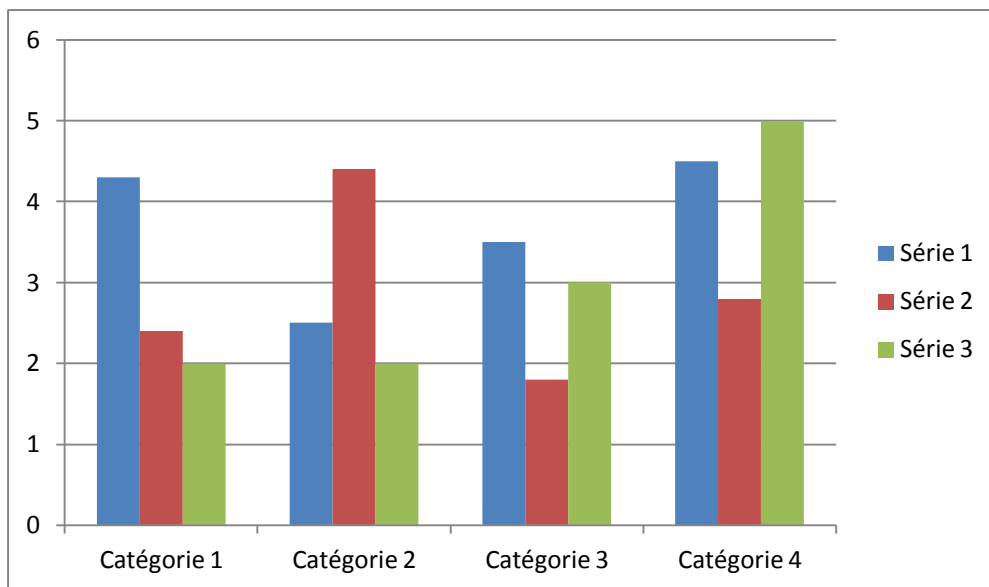
A travers les histogrammes de la figure (18), on remarque une augmentation du pourcentage de CE dans le sol de l'eau traitée, surtout au mois de janvier, par rapport au pourcentage de CE dans le sol de l'eau du robinet. on remarque un parallèle avec les mois d'avril et de mars.

Cette hausse est due à la présence d'un pourcentage élevé de sels dans l'eau, qui tardent à se dissoudre en raison de l'absence de précipitation.

Quant à la diminution du pourcentage de ce dans le sol de l'eau du robinet, elle est due à la présence d'un taux de solubilité lent des sels dans l'eau en raison de l'absence d'effervescence, ce qui conduit à leur accumulation en surface, et donc l'augmentation du pourcentage de sel

1.6 Matière organique :

Figure 18: pourcentage de MO dans le sol irrigué avec de l'eau usée traitée et l'eau du robinet



Les résultats graphiques ont montré à la figure (19) que le pourcentage de MO dans le sol irrigué avec de l'eau traitée variait entre (0,510

et 0,620), tandis que son pourcentage dans le sol irrigué avec de l'eau du robinet était estimé à (0,485 à 0,605).

Ces résultats montrent qu'il y a une légère augmentation du pourcentage de matière organique dans l'EUT, qui est légèrement moindre dans le sol irrigué à l'eau du robinet, selon (Annexe n°3), c'est-à-dire un manque de nutriments dans l'eau du robinet, contrairement à leur présence dans l'eau traitée selon le pourcentage des tableaux CE 7 et 8.



CONCLUSION

Conclusion

Les eaux usées constituent souvent une source d'eau tout le long de l'année et contiennent les nutriments nécessaires à la croissance des végétaux. La valeur de ces eaux est reconnue par certains agriculteurs. Leur utilisation en agriculture représente une forme de recyclage de l'eau et des nutriments, et réduit souvent l'impact environnemental qu'elles auraient en aval sur les sols et les ressources en eau (OMS, 2012).

La réutilisation de ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées en irrigation est une alternative qui préserve les ressources des eaux fossiles. De même les eaux usées assez riches en fertilisants assurent, généralement, une bonne croissance et développement des cultures. Néanmoins ces eaux conventionnelles utilisées en irrigation ont des effets négatifs dégradation de la qualité de sol liés aux qualités physico- chimiques des EUT (Hartani,2004).

Concernant l'effet de l'utilisation des eaux usées traitées et de l'eau du robinet sur les paramètres physiques et chimiques du sol. Nous avons constaté que la conductivité électrique du sol était plus élevée dans les sols irrigués avec des eaux usées traitées par rapport à l'eau du robinet provenant de la station d'épuration de Temacine, et les résultats étaient liés à la détérioration de la qualité du sol avec les propriétés physiques et chimiques de cette eau. Ce qui, au fil du temps, a un effet positif sur certains paramètres du sol et entraîne une augmentation de l' EUT(KERBOUB Marwa. 2020)

Cependant, ces résultats restent à vérifier, d'autant plus que le mode d'irrigation utilisé est irrigation non contrôlée. Les résultats restent encourageants pour la réutilisation des eaux usées à partir d'une meilleure compréhension du comportement de l'eau dans le sol en conditions Témacine Cependant, les conséquences à long terme pour les ressources naturelles doivent être prises en compte, car les eaux usées affectent le système naturel du sol, de l'eau et de l'environnement.(KERBOUB Marwa. 2020)

De ce fait, la limitation des effets inappréciés des eaux usées traitées sur les paramètres du sol est possible par quelques pratiques entre autres :

-Un traitement des eaux usées réduisant à des concentrations trop faibles les paramètres de pollution (. KERBOUB Marwa. 2020)

-Le choix des cultures les mieux adaptés à la composante de l'effluent (. KERBOUB Marwa . 2020)

-L'usage de technique d'irrigation permettant de réduire au minimum la contamination (irrigation par goutte-à-goutte, par exemple) (. KERBOUB Marwa. 2020)

-Appliquer rigoureusement un planning d'irrigation à fin de limiter l'impact indésirable des agents pathogènes dans le sol et sur les cultures(. KERBOUB Marwa. 2020)

Les recommandations annoncées ci-dessus restent comme réflexion fondé sur des travaux publiés. Les précisions portant sur chaque point feront sujet de recherche pour chaque type de sol, zone géographique et conditions climatiques.(KERBOUB Marwa. 2020)

Résumé :

Notre étude vise à évaluer l'effet des eaux usées traitées sur les propriétés physiques et chimiques du sol dans la zone de Tougourt, station Témacine.

Les résultats de l'étude du sol irrigué avec de l'eau traitée ont montré que ce dernier est sableux, alcalin, semi-perméable, salin et pauvre en matière organique avec des concentrations accrues en cations.

Quant à l'arrosage à l'eau du robinet, il est également sableux, alcalin, modéré, poreux, non perméable, non salé et pauvre en matière organique, avec une légère augmentation en cations. L'irrigation avec des eaux usées a des effets positifs sur la richesse du sol en éléments fertilisants et, selon les normes de l'Organisation mondiale de la santé, ce sol est adapté à un usage agricole.

Afin de valoriser au mieux les eaux usées traitées, une des mesures prises est le suivi périodique et régulier de l'utilisation de ces eaux.

Mots clés : les eaux usées, les propriétés physiques, chimiques , Matière organique.

ملخص: تأثير المياه العادمة المعالجة على الخواص الفيزيائية والكيميائية لحالة التربة لمحطة تماسين . تهدف دراستنا إلى تقييم تأثير المياه المستعملة المعالجة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة في منطقة تقرت محطة تماسين .

أظهرت نتائج دراسة التربة المسقية بالمياه المعالجة عبارة عن تربة رملية قلووية ذات مسامية شبه نفوذة ومالحة وأيضاً فقيرة من المادة العضوية مع زيادة تركيز الكاتيونات .

أما بالنسبة للمياه الحنفية أيضاً رملية قلووية معتدلة مسامية غير نفوذة وغير مالحة وفقيرة من المادة العضوية مع زيادة طفيفة للكثيونات

للري بمياه الصرف الصحي آثار ايجابية على ثراء التربة بعناصر التسميد و حسب معايير منظمة الصحة العالمية فان هذه التربة قابلة للاستعمال الزراعي .

من اجل الاستخدام الأفضل لمياه الصرف الصحي المعالجة فان احد التدابير المتخذة هو المراقبة الدورية والمنتظمة لاستخدام هذه المياه .

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي المعالجة ، الخصائص الفيزيائية ، الكيميائية ، المواد العضوية

Abstract: *The effect of treated wastewater on the physical and chemical properties of the soil condition of Témacine WWG station*

Our study aims to evaluate the effect of treated wastewater on the physical and chemical properties of the soil in the area of Tougourt, Témacine station.

The results of the study of the soil irrigated with treated water showed that the latter is sandy, alkaline, semi-permeable, saline and poor in organic matter with increased concentrations of cations.

As for watering with tap water, it is also sandy, alkaline, moderate, porous, non-permeable, non-salty and low in organic matter, with a slight increase in cations.

Irrigation with wastewater has positive effects on the richness of the soil in fertilizing elements and, according to the standards of the World Health Organization, this soil is suitable for agricultural use.

In order to make the best use of treated wastewater, one of the measures taken is the periodic and regular monitoring of the use of this water.

Keywords: wastewater, physical, chemical properties, organic matter

REFERENCE :

Anonyme 1 : 2007 : Unité pilote d'épuration des eaux usées par zone humide artificielle vieux ksar de Témacine, compte rendu de la commune de Témacine, 30p, Mémoire MASTER PROFESSIONNEL , UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA , Présenté par : KHEMICI Yamina THEME ,Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau usée épurée par un lit de plantes .

Anonyme 2 : <https://www.aps.dz /regions/118510 -touggourt-l-industrie-et-l-agriculture-en-tete-des-secteurs-les-plus-prometteurs>

Anonyme 3 : <https://fr.weather-forecast.com /locations/Touggourt/forecasts/latest>.

ANONYME, 2000 : Questions sur l'eau. Rev. Pollution et épuration de l'eau. INASEP « Intercommunal Namuroise de Services Publics ». <http://www.ciger.be/inasep/chap1/inex.shtml>.
SAGGAÏ M, M. mag. Contribution à l'étude d'un système d'épuration à plantes Macrophytes pour les eaux usées de La Ville de Ouargla.p15

Anonyme, 2007 : Unité pilote d'épuration des eaux usées par zone humide artificielle vieux ksar de Témacine, compte rendu de la commune de Témacine, 30p. KHEMICI , Y ; MAS, Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau usée épurée par un lit de plantes , p29.

Anonyme, 4 : <https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie --Ouargla--Touggourt--Touggourt>

Anonyme5: <https://agronomie.info /fr /etapes-du-traitement-des-eaux>.

Aouata I. (2015). Étude et Développement De L'irrigation Souterraine en Algérie. P. 3.4.5.

KERBOUB, M ; MAS, Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol. p40.

Aubert G. (1978). Méthodes d'analyses des sols. Ed. CRDP, Marseille. P. 191. **KERBOUB, M ; MAS,** Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol. p42.

-BACHI.o.k Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de la station du vieux Ksar de TEMACINE. Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister. Spécialité : Agronomie saharienne. Université Kasdi Merbeh OUARGLA.

Baize D ; jabial B. (1995). Guide pour la description des sols. Ed INRA. . **KERBOUB, M ; MAS,** Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol, p39.

Benzahi Y. (1994). Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué sous palmeraie. Thèse Ing. I.N.F.S.A.S. Ouargla. P.111 . **KERBOUB, M ; MAS,** Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol. p42.

BERNIE,F et CORDONNIER. J , Novembre 1991. Traitement des eaux. TCHNIP. France.

MOHAMED BEN ALI, R ; Mag, Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda,p46.

Boukhris K. (2012). Mode de dégradation des aridosols par précipitations salines saisonnières, approche géochimique (cas de la cuvette de Ouargla). Mémoire ingénieur. Université de Ouargla.p82. . **KERBOUB, M ; MAS,** Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol. p44.

BOUZIANI M., 2000 : L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. IBN KHALDOUN. Oran, 247 p. **SAGGAÏ M, M. mag.** Contribution à l'étude d'un système d'épuration à plantes Macrophytes pour les eaux usées de La Ville de Ouargla.p15

Clement M et Pieltain F. (2003). Analyse chimique des sols, méthodes choisies. Ed. TEC, Paris. **KERBOUB, M ; MAS,** Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol. p42.

Clément MATHIEU , Françoise PIELTAIN. Analyse chimique des sols (Méthodes choisies),2003.

Clément MATHIEU , Françoise PIELTAIN. Analyse physique des sols (Méthodes choisies),1998.

COLLAS R., 1960 : La pollution des eaux. Presse universitaire de France collection : Que sais-je ?. N° 983, Paris.p16.

Dermont J, 1978. Mémenton technique de l'eau. Tec. et doc. Edition Lavoisier, 8eme

Djilani .C, 2006. Analyse et traitement des eaux de rejets de l'unité VCM du complexe

Duchaufour P. (1977). Pédologie. Pédogenèse et classification. Duchaufour P. (1977). Pédologie. Pédogenèse et classification, KERBOUB, M ; MAS, Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol., p40.

Duchaufour P. (1977). Pédologie. Pédogenèse et classification. KERBOUB, M ; MAS, Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol, p37.

Dugniolle H., (1980), L'assainissement des eaux résiduaires domestiques, CSTC-revue n°3septembre, pp. 44-52). Nassima B , Bio, Doctorat, Analyse des indicateurs de pollution biologique dans les rejets des eaux usées civiles de la ville de Biskra,p23.

édition.230p. . GHETTAS, N ; ING, Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt, p23.

Emilian. K, 2009. Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2ème édition, DUNOD, PARIS. MOHAMED BEN ALI, R ; Mag, Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda,p43.

ERIC et YANN LANDOT, 2009 : Code pratique de l'eau et de l'assainissement paris 2009

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

GHETTAS N, ING, Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt, p13.

Gondard B., 2003-l'assainissement des eaux usées .Degrément., 1989-Mémento technique de l'eau. Tome1. 9ème Ed. Gouni N ,Hadjaidj, k ; Aquaculture, Traitement des eaux usées urbaines par le système WWG(Waste Watre Garden) et examens des possibilités de valorisation de Sous –produits en pisciculture (cas de la station d'épuration de Témacine ,p6.

GROSCLAUDE, G. (1999) : L'eau usages et polluants.Ed INRA, Paris 1999 tomeII. . ABIBSI N , Ing , REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES PAR FILTRES PLANTES (PHYTOEPURATION) POUR L'IRRIGATION DES ESPACES VERTS APPLICATION Á UN QUARTIER DE LA VILLE DE BISKRA, p14 .

HAMMADI BELKACEM, 2006. Phytoépuration Des Eaux Usées Des La Région De Témacine Evaluation Et Conditions Optimales. Mémoire Présenté Pour L'obtention Du Diplôme De Magister. Spécialité : Chimie. Université Kasdi Merbah Ouargla. Juin 2006. **MAHRIA ,A ; GANA ,F, Z ; MAS,** Epuration des eaux usées dans l'Oued-Righ : études comparatives sur l'efficacité d'épuration entre deux stations (station de Touggourt (ONA) et station de Temacine (WWG) (phytoépuration).p49.

Labeled, F. et Meftah, S. 2007. Contribution à la caractérisation et l'effet de

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. GHETTAS, N ; ING, Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt, p19.

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. **GHETTAS, N ; ING,** Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt, p16.

Lazarova, V. (CIRSEE - Lyonnaise des Eaux) et al (1998) : « La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 » ; « L'eau, l'industrie, les nuisances », n°212, pp.39-46. ABIBSI, N ;Ing , REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES PAR FILTRES PLANTES (PHYTOEPURATION) POUR L'IRRIGATION DES ESPACES VERTS APPLICATION Á UN QUARTIER DE LA VILLE DE BISKRA, p35.

l'écosystème sur l'agrosystème dans la Daira de Touggourt. Mém. Ing. Eco et Env. Écosystème steppique et saharien. Uni d'Ouargla.130p. GHETTAS, N ; ING, Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt, p32.

Les normes de potabilité d'une eau de consommation (JO N° 51, 2011). BENBOUZID, H ; FARES, k. Mas, Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de source dans la localité de « Abdelmelek Ramdane »,p23.

Mekhalif .F, 2009. Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme d'eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, Mémoire de Magister. Université de Skikda. . MOHAMED BEN ALI, R ; Mag, Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda,p45.

MESGHOUNI R., (2008). La faune associée aux dattes entreposées dans deux stations de la région de Touggourt (R.A.N.O. / I.N.R.A.) ; Influence des différentes pyrales sur les fruits stockés, Tentative

de multiplication des *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Mémoire Ing. Agro, Ouargla, 117p.

MIZI A, 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.

MOHAMED BEN ALI, R ; Mag, Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda,p35.

MIZI A, 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.

MOHAMED BEN ALI, R ; Mag, Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda,p46.

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

Olivier., (1995), Métrologie des eaux résiduaires, TCE, Paris, p7-30. . BENAMEUR, N ; , Bio, Doctorat, Analyse des indicateurs de pollution biologique dans les rejets des eaux usées civiles de la ville de Biskra, p26.

Omeiri N. (1994). Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière des sels solubles dans la cuvette de Ouargla. Thèse ING, I.N.F.S.A.S., Ouargla, 72p. . KERBOUB, M ; MAS, Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol. p44.

OPU, Alger. 70p. GHETTAS, N ; ING, Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt, p23.

pétrochimique de Skikda, Mémoire de Magister. Université de Skikda. MOHAMED BEN ALI, R ; Mag, Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda,p36.

Pitman M G; Lauchli A. (2002). Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Salinité: Environment-Plants-Molécules. Eds. A. Lauchli, V. Luttge, Kluwer, The Netherlands :3–20.

KERBOUB, M ; MAS, Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol. p43.

Rejsek F., (2002), Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, Éd. CRDP, Aquitaine, France. BENAMEUR, N ; , Bio, Doctorat, Analyse des indicateurs de pollution biologique dans les rejets des eaux usées civiles de la ville de Biskra, p24.

REJSEK, F. (2002) : Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques.Ed CRDP, Aquitaine.

France. -. Gouni N ,Hadjaidji k , eng ,traitement des eaux usées urbaines par le système WWG (Waste Watre Garden) et exameas des possibilités de valorisation de Sous-produits en pisciculture(cas de la station d'épuration de Témacine), p16

Renaud et al, (1997) : « Wastewater reuse » ; « International Report - 21st World Congress », Madrid, Espagne. ABIBSI, N ;Ing , REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES PAR FILTRES PLANTES (PHYTOEPURATION) POUR L'IRRIGATION DES ESPACES VERTS APPLICATION Á UN QUARTIER DE LA VILLE DE BISKRA, p34.

RICHARD C., 1996 : Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux Ed. Scientifiques et médicale Elsevier, Paris PP 32-34. SAGGAÏ M, M ; mag. Contribution à l'étude d'un système d'épuration à plantes Macrophytes pour les eaux usées de La Ville de Ouargla,p16.

Rodier .J et all , 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. DUNOD. PARIS. MOHAMED BEN ALI, R ; Mag, Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda,p46.

RODIER, J., BAZIN, C., BROUTIN, J.P. (2005) : CHAMBON P., CHAMPSAUR, H. et RODI, L. (2005) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.Ed Dunod, Paris. . ABIBSI, N ;Ing , REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES PAR FILTRES PLANTES (PHYTOEPURATION) POUR L'IRRIGATION DES ESPACES VERTS APPLICATION Á UN QUARTIER DE LA VILLE DE BISKRA, p15,16.

RODIER, J., BAZIN, C., BROUTIN, J.P. (2005) : CHAMBON P., CHAMPSAUR, H. et RODI, L. (2005) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .Ed Dunod, Paris. ABIBSI N , Ing , REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES PAR FILTRES PLANTES (PHYTOEPURATION) POUR L'IRRIGATION DES ESPACES VERTS APPLICATION Á UN QUARTIER DE LA VILLE DE BISKRA, p14 .

Soltner D. (1989). Les bases de la production végétale. Le sol. Ed. Angers.p468. KERBOUB, M ; MAS, Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol. p42.

TERCHI S.(2014). Etude de l'impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la fertilité du sol, la plante et le rendement des systèmes d'irrigation. . KERBOUB, M ; MAS, Conséquences de l'utilisation des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol, p39.

Thomas J .P., Bougazlelli N et Dgrender M.,1995-projet de parc national d'El-kala. Annaba-Algérie, Gouni N ,Hadjaidj, k ; Aquaculture, Traitement des eaux usées urbaines par le système WWG(Waste Watre Garden) et examens des possibilités de valorisation de Sous –produits en pisciculture (cas de la station d'épuration de Témacine ,p7.

Triki Sara et MEZOUAR Madiha, enginioure, Contribution a l'étude de l'efficacité de la filtration biologique des eaux usées.

ص201475د.م. محمد منهل الزعبي و اخرون استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة

ANNEXE

Annexe 1: Recommandations physico-chimiques pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture pour l'Algérie (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE ,2012)

Problème potentiel en irrigation	Unité	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à Modéré	Sévère
Salinité Conductivité Electrique ou TDS	dS/m	<0,7 <450	0,7-3,0 450-2000	>3,0 >2000

Annexe 2: Norme d'interprétation de la réaction du sol (pH) selon Calvet et Villemin 1986.

Valeurs de PH	Interprétation
< 4.5	Extrêmement acide
4.5 à 6	Très fortement acide
5.1 à 5.5	Fortement acide.
5.6 à 6	Moyennement acide.
6.1 à 6.5	Faiblement acide.
6.6 à 7.3	Neutre.
7.4 à 7.8	Légèrement alcalin.
7.9 à 8.4	Moyennement alcalin.
8.5 à 9	Fortement alcalin .
> 9.1	Très fortement alcalin.

Annexe 3: Echelle d'interprétation de la matière organique (%) MORAND ,(2001).

MO %	Nom de classe
0.5 à 1%	Très faible en MO
1 à 2 %	Faible en MO
2 à 3%	Moyenne en MO
3 à 5 %	Elevée en MO
> 5 %	Très élevée en MO

Annexe 4: Les normes de potabilité d'une eau de consommation (JO N° 51, 2011).

Unité	Concentration	Caractéristiques
Caractéristiques organoleptiques.		
Mg/l de platine	Au maximum 25	Couleur
	Au maximum 4	Odeur (seuil de perception à 25°C)
	Au maximum 4	Saveur (seuil de perception à 25°C)
Unité Jackson	Au maximum 2	Turbidité
Caractéristiques physico-chimiques.		
Unité PH	6.5 à 8.5	pH
Us/cm	Au maximum 2.800	Conductivité (à 20°C)
Mg/l de CaCO ₃	100 à 500	Dureté
Mg/l	200 à 500	Chlorures
Mg/l	200 à 400	Sulfates
Mg/l	75 à 200	Calcium
Mg/l	150	Magnésium
Mg/l	200	Sodium
Mg/l	20	Potassium
Mg/l	0.2	Aluminium
Mg/l en oxygène	Au maximum 3	Oxydabilité aux permanganates de potassium
Mg/l	1.5 à 2	Résidus secs après dessiccation à 180°C

Annexe 5: PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES D'EAU USEE (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41).

PARAMETRES		UNITE	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	PH	-	$6.5 \leq \text{PH} \leq 8.5$
	MES	Mg/l	30
	CE	dS/m	3
	Infiltration le SAR=0-3 CE		0.2
	3-6		0.3
	6-12	dS/m	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
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5