



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
Biodiversité et Environnement

MEMOIRE

Thème

L'impact des eaux usées épurées sur les propriétés
d'un sol sableux – cas de la région d'el-oued

Réalisé/Présenté par :

M^{me} . Ghouli Khaoula

&

M^{elle} . Maida Amina

Devant le jury composé de:

Président :	M ^f	Zaater Abdelmalek	M.A.B, Université d'El-Oued
Examineur :	M ^r	El aych Khaled	M.A.B, Université d'El-Oued
Promotrice:	M ^{elle}	Serray Aicha	M.A.A, Université d'El-Oued

Année universitaire 2016/2017

Dédicaces

*À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de
joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir*

réussir.....à toi mon père

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur,

ma vie et mon bonheur maman que j'adore

*À tous mes chers frères : A. Baki, Med. Kiram, Med. Faisal et
Med. Larbi*

mes sœurs

*Je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu
pour leurs conseils, aides, et encouragements*

Et aux bougies de la maison

Et tous À toute ma famille

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé,

Amina

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes très chers parents pour leur générosité et leurs sacrifices

A mes chers mari A. Selam

A me cher enfant M. zen

A mes chers frères

Omar , youcef , Zouber , A. Razzek , M. saleh , Rachid,

A toute ma famille

A mes adorables sœurs

A tous ceux qui m 'aiment.

A tous ceux que j 'aime.

Je dédie ce travail

Khaoula

Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de m'avoir accordé la patience, le courage et les m conseil et son aide durant toute la période du travail.

Je tiens à exprimer en premier, ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à M.ZAETER A.MALEK, Professeur à l'université d'EL-oued pour ses conseils, son aide et sa disponibilité qui ont permis à la concrétisation de ce travail et qui ma fait l'honneur de présidé ce jury .

Mes remerciements vont aussi à Mr. ELAYEH KHALED Maitre-assistant à l'université D'El-oued pour avoir accepté d'examiner ce Modest travail. .

Je tiens à remercier SERRAY AICHA Maitre à l'université d'El-Oued d'avoir accepté de m'encadrer sur le thème, de m'avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de m'apporter une attention tout au long de ce travail .

Aussi remerciements Mr. MEHDA Smail Maitre à l'université d'El-Oued pour sa .contribution concrète son aide et ses conseils afin de terminer ce travail .

Je remercie La station de l'épuration des eaux usées le personnel (ONA) Kouinin pour sa contribution a travers les renseynents et les documents de mon étude .

Mes sincères remerciements vont aux personnels et aux chercheurs du laboratoire de travaux de sud des milieux désertiques, à leur tête Monsieur le Pr. Elayech pour l'accueil et l'ai .analytique .

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, un merci particulier à ma famille, mes parents, tous mes professeurs, mes collègues et amis et toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont apporté leur contribution à ce travail. Je leur exprime ici toute ma reconnaissance et ma gratitude

Résumé

Le présent travail a été entrepris dans le but d'évaluer l'impact des eaux usées traitées sur les propriétés des sols sableux – ceux de la région d'el-oued .

Les eaux usées traitées sont largement réutilisées en irrigation agricole, en particulier, là où les sols sont déficitaires en matière organique. Nous avons confirmé que les eaux usées traitées de la STEP1 de Kouinine sont riches en matières organiques nécessaires à l'amélioration des caractéristiques physicochimiques d'un sol sableux.

On résulte aussi que l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation a un effet positif sur le développement du sol par rapport aux valeurs suivantes: pH, matière organique, humidité, granulométrie, NH_4^+ , $\text{P}_2\text{O}_5\text{P}$, K_2OP ,

Mots clés : valorisation, sol sableux, Kouinine, eaux usées traitées, irrigation

الملخص

أجريت هذه الدراسة بهدف تقييم تأثير المياه المستعملة المعالجة على خصائص التربة الرملية لمنطقة وادي سوف .

لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي، خاصة عندما تكون التربة ناقصة في المواد العضوية وقد أكدنا أن مياه الصرف الصحي المعالجة من كوينين STEP1 غنية بالمواد العضوية اللازمة لمطابقة الخصائص الفيزيائية الكيميائية للتربة الرملية. ومن الواضح أيضا أن استخدام مياه الصرف الصحي المنقى للري له تأثير إيجابي على تنمية التربة فيما يتعلق بالقيم التالية: درجة الحموضة، والمواد العضوية، والرطوبة، وحجم الجسيمات.. NH_4^+ , $\text{P}_2\text{O}_5\text{P}$, K_2OP .

الكلمات الدالة: التثمين، التربة الرملية، الكوينين، المياه العادمة المعالجة، الري .

Liste des figures

N°	Titres	Page
1	Situation géographique de la région d'EL Oued	7
2	Plan géologique du Grand Erg Oriental	9
3	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région du Souf 2016	14
4	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région du Souf 2007-2016	14
5	Climagramme pluviométrique d'EMBERGER de la région du Souf durant la période (2007-2016)	15
6	Aspects de réutilisation des EU dans les différentes régions du monde	24
7	Localisation de la zone d'étude Google MAP (2017) .	34
8	échantillon de sol irrigué par eau de forage	35
9	profondeur de prélèvement de sol(0-20cm)	35
10	schéma présente le protocole de travail(2017)	36
12	le agitateur	37
13	de PH mètre Appareille	37
14	Conductimètre de Appareille	38
15	spécro à flamme Appareille	38
16	Variation vertical du CE du sols d'étudiées	41
17	Variation vertical du PH du sols d'étudiées	42
18	Variation vertical de humidité du sols d'étudiées	43
19	textures des sols étudiés	44
20	Variation vertical de NPK du sols d'étudiées	44
21	Variation vertical de MO du sols d'étudiées	45

Liste des tableaux

N°	Titres	Page
1	Communes et Daïras de la wilaya d'El Oued	6
2	Températures mensuelles maximales et minimales et leurs moyennes de l'année 2016 et de la période 2007-2016 de la région du Souf.	10
3	Précipitations mensuelles exprimées en (mm) de l'année 2016 et de la période 2007-2016 de la région du Souf.	11
4	L'humidité mensuelles maximales et minimales et leurs moyennes de l'année 2016 de la région de souf	11
5	Vitesses (km/h) moyennes mensuelles des vents de la région du Souf pour l'année 2016.	12
6	Insolation moyenne mensuelle de la région du Souf durant l'année 2016.	12
7	Typologie des risques associés à la réutilisation des eaux usées.	26
8	La réglementation algérienne	30

Liste des abréviations

	Abréviations
DBO5	Demande biochimique en oxygène
EUT –EUE	Eaux Usées Épurées
FAO	Food and Agricultural Organisation (Organisation des Nations Unies Pour l'Alimentation et l'Agriculture).
MES	Matières En Suspension
MO	Matière organique
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONA	Office National d'Assainissement
ONM	Office National Météorologique
PH	potentiel d'hydrologie
STEP	Station d'Épuration
WHO	World Health Organization
DHW	dDirective Hydrélique laWilayad euliquera
ESEPA	US Environmental Protection Agency
DCO	demande chimique oxygène
ANRH	Agence National des Ressources Hydrique

Table de Matière

Dédicaces		
Remerciements		
Liste des figures		
Liste des abbreviation		
Résumés		
Introduction general		
Première partie		
Chapitre I : caractéristique de la région d'étude		
I	Présentation de la région du Souf	06
I.1-	Situation géographiques de La région d'El Oued	06
I.2-	Découpage administratif	06
I.3-	Géologie	07
I.4-	Les relief	08
I.5-	Type du sol	08
I.6	Hydrogéologie	08
I.6.1.	-Nappe phréatique superficielle	09
I.6.2 -	Nappes profondes	09
I.7	Données climatiques	09

I.7.1-	Température	10
I.7.1.1-	Température moyenne annuelle	10
I.7.2	Précipitations	10
I.7.3-	L'humidité relative	11
I.7.4-	Le vent	12
I.7.5-	Insolation	12
I.8-	Synthèse climatique	13
I.8.1 -	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN	13
I.8.2-	Climagramme pluviométrique d'Emberger	13
I.9.-	Flore de la région du Souf	14
I.10-	Faune de la région du Souf	15
	Conclusion	16
Chapitre II: Impact de la réutilisation des eaux usées traitée		
	Introduction	18
1-	Définition des eaux usées	18
2-	Origine et types des eaux usées	18
3-	Composition des eaux usées	18

4-	Caractéristiques des eaux usées	18
4-1	caractéristiques physicochimiques	19
4-1-1-	La température	19
4-1-2-	Le potentiel d'Hydrogène (pH)	19
4-1-3-	La turbidité	19
4-1-4-	Les matières en suspension (MES)	20
4-1-5-	La conductivité électrique	20
5-1-6-	La demande biologique en oxygène (DBO5)	20
4-1-7-	La demande chimique en oxygène (DCO)	20
4-1-8	L'oxygène dissous	21
4 - 1 - 9 -	Les métaux lourds	21
4-2-	caractéristiques bactériologiques	21
5-	Réutilisation des eaux usées	22
5-1 -	Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde	22
5-2-	Réutilisation des eaux usées en Algérie	22
5-2-1-	La réutilisation indirecte	23
5-2-2-	La réutilisation directe	23
5-3 -	Les modes de réutilisation des eaux usées	23

6-	Domaines de réutilisations	24
6-1-	Usages non potables	24
6-1-1-	Irrigation agricole ³	24
6-1-2	Utilisations industrielles	24
6-1-3-	Utilisations urbaines	24
6-1-4-	Usages récréatifs	25
6-1-5-	Recharge de nappe	25
6-2-	Usages potables	25
6-2-1-	Production indirecte d'eau potable	25
6-2-2-	Production directe d'eau potable	25
7-	Evaluation de la qualité de l'eau usée traitée pour l'irrigation	25
7-1-	Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation	25
8-	Effet de l'irrigation par les EU sur les propriétés physicochimiques du sol	25
9-	Risques liés à la réutilisation des eaux usées	26
9-1-	Effet sur le sol	27
9-1-1-	La salinisation du sol	28
10-	Qualité d'eau d'irrigation	28
11-	Mode d'irrigation	28

12-	Nature de sol	28
13-	Accumulation de métaux dans le sol	29
14-	Avantages de la réutilisation d'eaux usées traitées	29
15-	Recommandations de l'OMS et de l'USEPA	29
15-1-	Point de vue d'OMS	29
15-2-	Point de vue de l'USEPA	30
16--	Norme de la qualité de l'eau appliqué en l'Algérie	30
	Conclusion	31
Deuxième partie : Partie pratique		
Chapitre I: MATERIELS ET METHODS		
1-	Choix de la zone d'étude	34
2-	Prise et transport d'échantillons	34
3-	Analyses de sol	37
3-1-	Potentiel Hydrogène pH	37
3-2-	La conductivité électrique CE (mS/cm):	37
3-3-	L'azote ammonium (NH ₄ ⁺)	38
3-4-	Phosphore assimilable(P ₂ O ₅)	38
3-5-	Potassium (K ₂ O)	39
3-6-	Granulométrie	39
3-7-	Matière organique (carbone organique)	39
3-8-	la teneur en eaux	39
Chapitre II: Résulta Et discussion		

1-	Conductivité électrique CE de sol (ms)	41
2-	potentiel hydrique de sol PH	42
2-	Etude des propriétés physiques	43
2-1	Humidité du sol	43
2-2	Analyses granulométrique %	43
3	Etude les propriété chimique	44
3-1	Analyses des NPK (ppm)	44
3.2	Matière organique	45
Conclusion Générale		47
Références bibliographie		49
Annexe		
Resumé et mot-clés		

Introduction général

L'eau n'est pas uniquement un espace vital vecteur énergétique ou moyen de transport, mais également un élément essentiel pour tout genre de production (**Ferdjani, 2013**). Afin de préserver la qualité des masses d'eau et pour diminuer les prélèvements dans le milieu naturel, il convient de chercher des approvisionnements alternatifs. La réutilisation des eaux usées épurées semble être une bonne alternative, notamment en irrigation (**Hind Mouhanni et al, 2012**).

Pour répondre à cette situation d'épuisement des ressources naturelles et à la protection de l'environnement. Le recours à l'épuration des eaux usées urbaines, souvent chargées en éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore, représenterait une source d'eau et d'engrais additionnelle renouvelable et fiable pour l'agriculture (**M Said, 2012**).

La réutilisation des eaux usées consiste en l'utilisation d'eaux usées plus ou moins traitées dans un objectif de valorisation (usage bénéfique). Les projets de réutilisation des eaux usées traitées participent à la gestion intégrée des ressources en eau et à la préservation de l'environnement. Ils sont particulièrement stratégiques dans les pays arides et semi-arides de la région méditerranéenne où la pression sur les ressources en eau est forte, et qui connaissent des situations de concurrence entre les différents usages de l'eau (**CONDOM, et al 2012**).

Sur le plan sanitaire, les véritables problèmes liés à l'utilisation des eaux usées sont le manque de traitement approprié et le cadre informel qui accompagne souvent cette pratique. Or, les risques microbiologiques sont avérés, avec une transmission possible de maladies bactériennes, parasitaires ou virales. Les eaux usées à dominante industrielle présente des risques sanitaires davantage liés à des empoisonnements chroniques par ingestion de substances chimiques accumulées dans les cultures irriguées.

Sur le plan environnemental, les impacts potentiels se situent à deux niveaux : une possible dégradation des sols et, dans certains cas, une contamination des eaux souterraines par lessivage de substances chimiques. Ces problématiques sont le plus souvent liées à l'irrigation avec des eaux usées industrielles dont les caractéristiques physico-chimiques sont plus dommageables sur l'environnement (**Yéli M.S,2009**)

La réutilisation des eaux usées épurées en irrigation est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par les pénuries d'eau, et a connu une croissance de l'ordre de 10 à 29% en Europe, aux Etats Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie (**Lazarova, et al., 2013**).

Cependant, en raison de l'origine et la composition des eaux usées épurées, leur utilisation en irrigation à long terme peut influencer certain paramètres du sol. Une diminution du pH des sols irrigués par les eaux usées épurées en comparaison avec ceux irrigués par les

eaux de puits, ainsi qu'une augmentation des matières organiques de 17% à 30% a été observée par **Omron, et al (2012)**. Une accumulation de Zinc total a été observée par **Belaid, et al(2012)** **Bedbabis, et al., 2014** ont aussi observé une augmentation significative des matières organiques, du SAR et de la conductivité électrique après une période de 04 ans d'irrigation.

La dégradation de la qualité des sols à l'irrigation constitue un danger sérieux pour la durabilité de ce système d'exploitation des terres. Il est bien connu que la mise en valeur agricole sous irrigation dans les zones semi-arides et arides conduit le plus souvent à la dégradation de la qualité des sols (**BELAID, 2011**).

Dans le but de mettre en évidence l'impact des eaux usées sur l'évolution physicochimique du sol, notre étude a été menée dans la wilaya d'El-Oued, zone de Kouinineoù deux types d'eaux sont utilisés pour l'irrigation de champs d'expérimentation.

Pour effectuer ce travail, il a fallu entreprendre plusieurs sorties de terrain afin d'approfondir nos connaissances sur la valorisation des eaux usées épurées en irrigation, aussi, pour des prélèvements d'échantillons pour analyse. Il a été également nécessaire de se rapprocher des différents acteurs locaux ayant eu un lien étroit avec la réalisation de notre travail, en particulier, Office National d'Assainissement et la Conservation des Forêts de la wilaya d'El-Oued, Laboratoire des travaux du sud Sur le plan bibliographique, l'établissement de ce travail s'est appuyé sur l'exploitation des différents travaux réalisés sur la gestion des eaux usées et leur impact après irrigation sur la qualité des sols.

Des analyses physico-chimiques de sol en été réalisés au niveau de laboratoire de la station d'épuration d'El-Oued et au niveau de laboratoire des travaux du sud d'El-Oued et au laboratoire privé Fatilab d'El-Oued.

Ce mémoire est partagé en deux parties complémentaires

- La première partie concerne la synthèse bibliographique. Cette dernière présente les deux chapitres suivants: caractéristique de la région d'étude, Impact de réutilisation des eaux usées traitées.

La deuxième partie: cette partie présente une description de la méthodologie de notre travail et l'indication des différentes méthodes et protocoles d'analyse utilisés, aussi les résultats obtenus et leurs discussions.

Introduction

Dans ce chapitre nous allons aborder au premier lieu les caractéristiques générales du milieu d'étude. La situation géographique, les particularités de sol, les données climatiques, floristiques et faunistiques de cette région sont détaillées.

Présentation de la région du Souf

I.1- Situation géographiques de La région d'El Oued

La wilaya d'El-Oued est située au Sud-est de l'Algérie, (33° à 34° latitude Nord. ; 6° à 8° longitude Est). Elle a une superficie de 54 573 km² Il s'agit d'un vaste ensemble de palmiers entourés par les dunes de sable qui se trouve à une altitude de 70 mètre au niveau de la mer (**Meziani et al, 2012**).

Elle est limitée :

*Au Nord par les wilayas de Biskra, kenchela et Tébessa.

*A l'Est par la Tunisie.

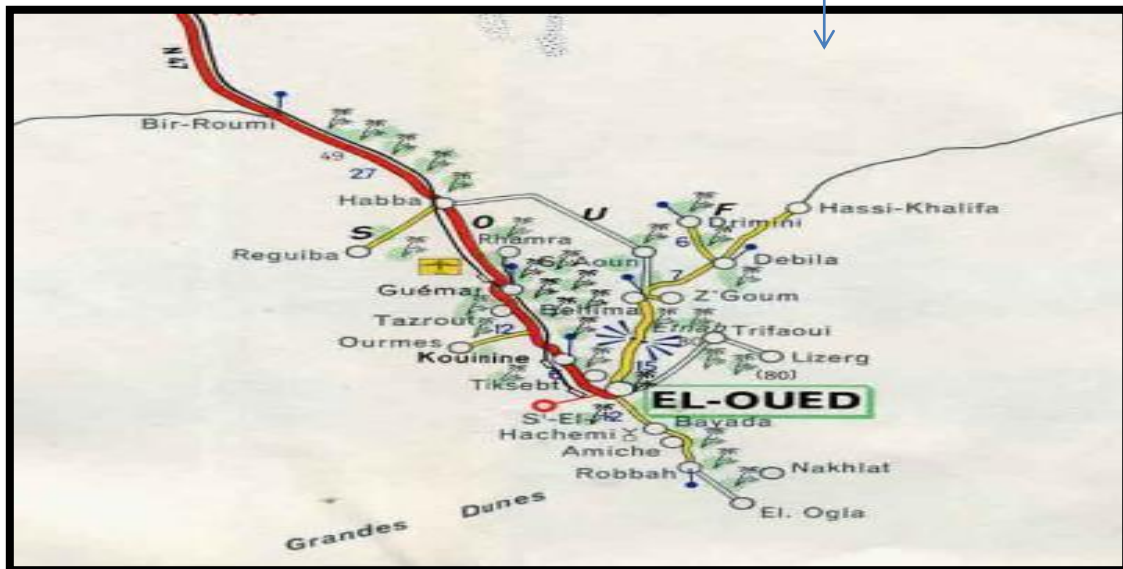
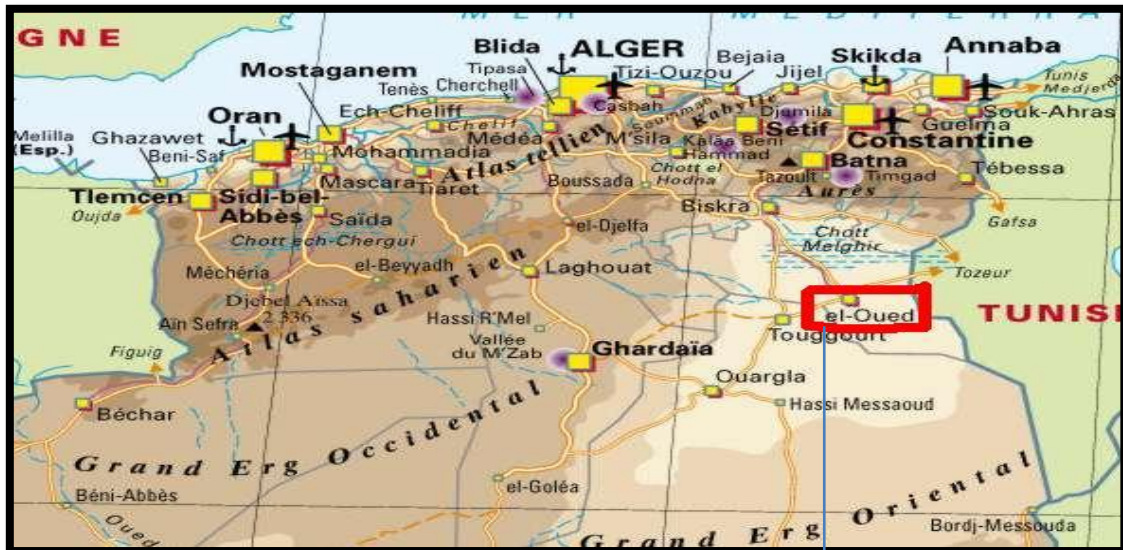
*A l'Ouest par les wilayas de Biskra, Djelfa et Ouargla.

*Au Sud par la wilaya d'Ouargla .

La situation géographique des régions d'étude est présentée dans la (**figure 01.**)

I.2- Découpage administratif

La wilaya d'El-Oued compte actuellement 32 communes regroupées en 12 Dairas (**tableau 01**). les principales sous régions de souf sont : Région du Souf - Erg - Oued Righ –Régions des dépressions (**ONS, 2013**) .



(Figure N 01°): Situation géographique de la région d'EL Oued .

(Tableau n°01): Communes et Daïras de la wilaya d'El Oued

El-Oued	El-Oued, Kouinine
Reghiba	Reghiba, Hamraia
Guemar	Guemar, Taghzout, Ouemres
Debila	Debila, Hassani Abdelkrim
Hassi khelifa	Hassi Khelifa, Terifaoui
Magrane	Magrane, Sidi Aoun
Robbah	Robbah, Nakhela, El Ogla
Bayada	Bayada
Taleb larbi	Taleb Larbi, Ben Guecha, Douar El Maa
Mih Ouensa	Mih Ouensa, Oued Al Alenda
El maghaier	El Maghaier, Sidi Khelil, Still, Oum Thiour
Djamaa	Djamaa, Sidi Amrane, M'rara, Tinedla

I.3- Géologie

La région du Souf se situe dans une mer de sable de couleur jaune, issue de dépôts quaternaires (**Figure2**).

Dans la région du Souf, les conditions tectoniques et paléogéographiques ont remis la mise en place d'une série sédimentaire à caractère lithologique divers et variable dans le temps, plutôt calme, régulière et homogène dans l'espace. Ces caractéristiques ont favorisé la formation dans le Souf et dans tout le bas Sahara de plusieurs terrains aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès (**MILOUDI.A., 2008**).

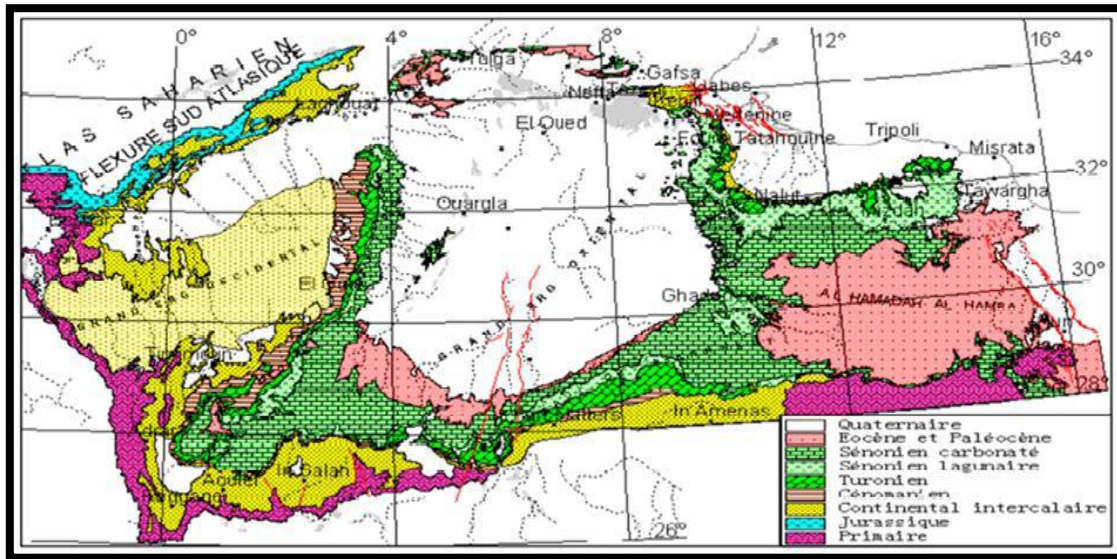


Figure2: Plan géologique du Grand Erg Oriental, (MILOUDI.A., 2008).

I.4- Les relief

Les reliefs de région d'Oued Sou:f sont formés essentiellement par trois zones principales :

- * Une zone sableuse qui se présente sous un double aspects l' erg et le Sahara.
- * Une forme de plateau rocheux qui s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et crêtes rocheuses.
- * Une zone de dépression caractérisée par la présence de chotts qui plonge vers L'Est.

El Oued est une région saharienne caractérisée par, une nature sableuse avec des dunes peuvent atteindre cent mètres d'hauteur. Ce relief est assez accentue et se présente sous un double aspect, l'autre est le Sahara ou région plate et déprimée, formant les dépressions fermées, entourées par les dunes (NADJAH, 1971; HAMZI et REGUIBI, 2010).

I.5- Type du sol

Les facteurs édaphiques représentent les caractères du sol et les reliefs.

CLEMENT (2003), signale que les facteurs édaphiques conditionnent la répartition des espèces végétales. DREUX (1980), ajoute que les facteurs édaphiques comprennent toutes les propriétés physiques et chimiques du sol qui ont une action écologiques sur les êtres vivants. Le sol de d' Oued comme une région saharienne est pauvre en matière organique, à texture sableuse et à structure caractérisée par une perméabilité très

importante à l'eau (**HLISSE, 2007**). Au Nord de la région, on rencontre le gypse sous forme des blocs rocheux profonds et tellement solides. À l'Ouest, la pierre gypseuse s'allonge vers la région de Hoba (**DAOUDI, 2012**) .

I.6 Hydrogéologie

Les formations géologiques dans la région du Souf présentent une succession régulière allant du Crétacé inférieur jusqu'au Mi- Pliocène, ainsi qu'à celui du quaternaire qui renferment de grands aquifères. Selon l'**ANRH Ouargla (2005)**. On distingue :

I.6.1. -Nappe phréatique superficielle

Cette nappe se trouve partout dans le Souf, elle est semi-captive et repose sur un plancher argilo- gypseux du Pontien supérieur (**VOISIN, 2004**). Elle est constituée principalement par des dépôts de sable quaternaire. Son épaisseur atteint les 67mètres et sa profondeur varie de 10 à 40mètres selon la topographie du terrain et sa salinité oscille entre 5 et 7 g/l (**DHW, 2010**). Elle est actuellement exploitée pour l'irrigation.

I.6.2 - Nappes profondes

Elles sont constituées par deux grands réservoirs de deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire qui sont exploités dans le cadre de l'irrigation et de l'alimentation en eau potable (**DHW, 2010**).

I.7 Données climatiques Le climat saharien est caractérisé par la faiblesse et l'irrégularité des Précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de température (**OZENDA, 2004**) .

Les données climatiques utilisées pour caractériser le climat de la région d'étude sont celles relevées dans les stations météorologiques d'Ouargla (**O.N.M.**) pour la période 2007 – 2016

I.7.1- Température

La température est un paramètre très important pour la détermination et la caractérisation d'un climat d'une région donnée. Les données climatiques sont enregistrées dans le **tableau 2** :

I.7.1.1-Température moyenne annuelle

D'après le **tableau 2** précédent , il est à constater que la région est caractérisée par une température minimale la plus faible est enregistrée durant les mois de janvier (5,8C°) (le mois le plus froid), et qui augmente graduellement jusqu'à (40,7C°) au mois juillet, alors que la

température moyenne annuelle varient entre 12,9 C° en janvier et 33,4 C° en juillet. Pour la période des années de 2007 à 2016, le mois plus

fois est celui de janvier (T moy = 11,5 C°), par contre le mois le plus chaud est celui de Aout (m = 34,3 C°).

(Tableau n ° 02) : Températures mensuelles maximales et minimales et leurs moyennes de l'année 2016 et de la période 2007- 2016 de la région du Souf.

Années	T (C°)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2016	M	20,0	21,7	24,1	30,4	34,6	39,1	40,7	39,5	35,2	32,3	23,7	18,9
	m	5,8	7,4	9,4	15,8	19,6	24,1	26,0	26,2	32,2	19,5	10,9	8,4
	T moy	12,9	14,5	16,7	23,1	27,1	31,6	33,4	32,9	33,7	25,9	17,3	13,7
2007 à 2016	M	18,4	19,8	23,6	28,8	33,4	38,5	41,8	40,9	32,9	30,5	23,4	18,5
	m	4,7	5,88	10,1	13,2	18,8	23,5	26,7	26,8	23,3	17,5	10,3	5,8
	T moy	11,5	12,8	16,8	21,0	26,1	31,0	34,3	33,8	28,1	24,0	16,8	24,3

(O. N. M. Ouargla 2017)

- **M** : la moyenne mensuelle des températures maxima en (°C);
- **m**: la moyenne mensuelle des températures minima en (°C);
- **T: moy**: la moyenne mensuelle des températures en (C°).

I .7.2Précipitations

Les précipitations se rapportent à toutes les formes d'eau fondue et grêlé qui tombent de l'atmosphère. Les précipitations varient d'un endroit à l'autre et elles ont un effet notable sur la répartition et les type d'organismes présents (**RAVEN et al., 2009**). Le **tableau 3** regroupe les données concernant les précipitations mensuelles exprimées en (mm) de l'année 2016 et de la période 2007-2016 de la région de souf .

(Tableau n° 3): Précipitations mensuelles exprimées en (mm) de l'année 2016 et de la période 2007- 2016 de la région du Souf.

Années		Mois												cumul
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
P (mm)	2016	NT	0,4	4,6	1,9	NT	NT	NT	0,1	24,0	1,4	0,7	0,7	33,8
	2007 à 2016	2,8	4,6	3,9	8,9	1,3	0,5	0,1	0,7	6,6	3,7	1,8	4,0	35,3

P (mm) : Précipitations mensuelles en (mm);

(O.N.M. Ouargla, 2017)

NT : Néant.

D'après le **tableau 3**, les pluies sont rares dans la région du Souf. Durant l'année 2016, elles sont néant en janvier, mai, juin et juillet. Le mois le plus pluvieux est septembre (24 mm), avec un cumul annuel est de 33.8 mm. Pour la période d'années 2007-2016, les précipitations sont très faibles. La valeur maximale est notée durant le mois d'avril (8,9 mm) et dont le cumul annuel moyen de pluviosité est de l'ordre de (35,3 mm).

I.7.3 L'humidité relative

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère, elle a des effets sur les altérations chimiques telles que l'oxydation. L'humidité moyenne de la région représentée dans le tableau ci-dessous où on remarque un minimum enregistré pendant le mois de Aout avec une valeur de l'ordre de 35.5 % et un maximum enregistré pendant le mois de décembre avec une valeur de 68.5 %. c'est le mois le plus humide durant l'année (**Tableau 04**).

(Tableau n° 04): L'humidité mensuelles maximales et minimales et leurs moyennes de l'année 2016 de la région de souf

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
HR. (%)	56,5	50,5	42	45	37,5	36	37	35,5	45	50,5	57,5	68,5

HR. (%) : est l'humidité relative en pourcentage.

(O.N.M. Ouargla, 2017)

I.8.4-Le vent

D'après (DAJOZ, 1982) , le vent est un facteur écologique qui est souvent sous-estimé dans l'étude de fonctionnement des écosystèmes. Il est déterminé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence (DUBIEF, 1964). Les vents dominant dans la région du Souf sont de direction Est-Nord provenant des méditerranées charges d'humidité appelés (El-bahri) et qui soufflent très fort au printemps. Tandis que les vents du Siroco ou (Chihili) apparaissent pendant la période estivale venant de Sud ou Sud-ouest (HLEISS 2007).

Les vents sont fréquents et cycliques dans la région d'étude (NADJAH, 1971). Ils sont caractérisés par des directions dominantes variables en fonction des saisons. Les valeurs de vitesse mensuelle du vent du Souf durant l'année 2016 sont annoncées dans le (tableau 05).

(Tableau n° 05): Vitesses (km/h) moyennes mensuelles des vents de la région du Souf pour l'année 2016.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
V (km/h)	22,2	26,3	29,5	36,0	35,4	32,6	29,8	30,0	29,2	26,7	23,4	26,6

V (km/h): Moyen de vitesse de vent en kilomètre par heure. (O.N.M. Ouargla, 2017)

A la région du Souf en 2016, la vitesse de vent le plus fort est enregistré durant le mois de mars, avec de 36 km/h (Tableau 5). Il est à souligner qu'au cours de mois d'novembre la vitesse de vent a été extrêmement faible avec de 22,2 km/k.

I.8.5 Insolation

La lumière joue un rôle primordial dans la plupart des phénomènes écologiques (RAMADE, 2003).

(**Tableau n° 06**): Insolation moyenne mensuelle de la région du Souf durant l'année 2016.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Insolation (heure)	241,6	239,2	298,3	267,4	295,1	308,0	379,0	354,7	281,2	270	224,5	194,8

(O.N.M. Ouargla, 2017)

Dans la région d'étude le pic est marqué pour le mois de juillet avec un volume horaire de 379 heures et le moyenne annuelle est 239,50 heure (**tableau 6**).

I.9 Synthèse climatique

La classification écologique des climats est faite en utilisant plusieurs facteurs climatiques et essentiellement les deux facteurs les plus importantes et les mieux connus ; la température et la pluviosité (**DAJOZ, 1971; DAOUDI,2012**). Dans cette partie, deux courbes sont utilisées, il s'agit du diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et le climagramme pluviométrique d'EMBERGER

I.9.1 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

GAUSSEN considère que la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P) exprimée en millimètres est inférieurs au double de la température moyenne mensuelle (2T) exprimée en degrés Celsius (**DAJOZ, 1971;DAOUDI,2012**).

Le diagramme Ombrothermique de la région du souf de l'année 2016 (**Figure 3**) et de la période 2007- 2016 de la région du Souf est établi à partir des données climatiques du tableau 2 et 3 (**Figure 4**).

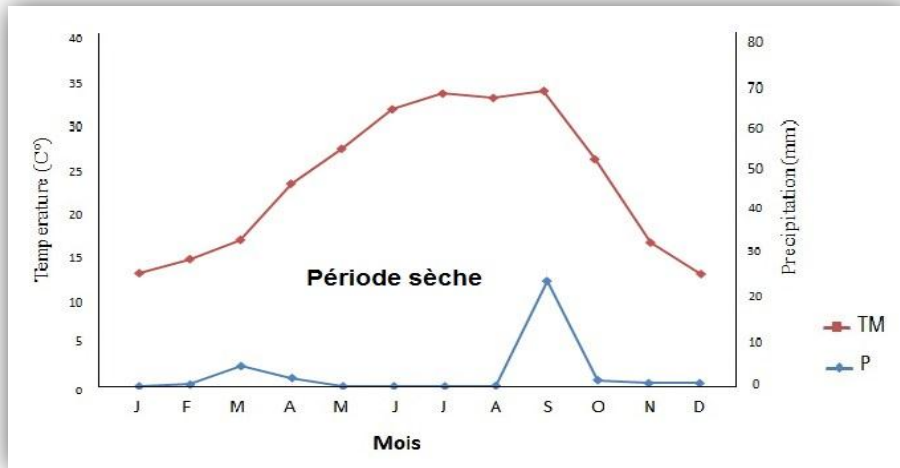
I.9.2 Climagramme pluviométrique d'Emberger

Selon **STEWART (1969)** Le quotient pluviométrique est l'indice d'Emberger permettant de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il existe cinq étage bioclimatiques en l'Algérie (Sahariens, arides, semi-arides, sub-humides, et humides) . a modifié le quotient pluviométrique d'EMBERGER . de la manière suivante:

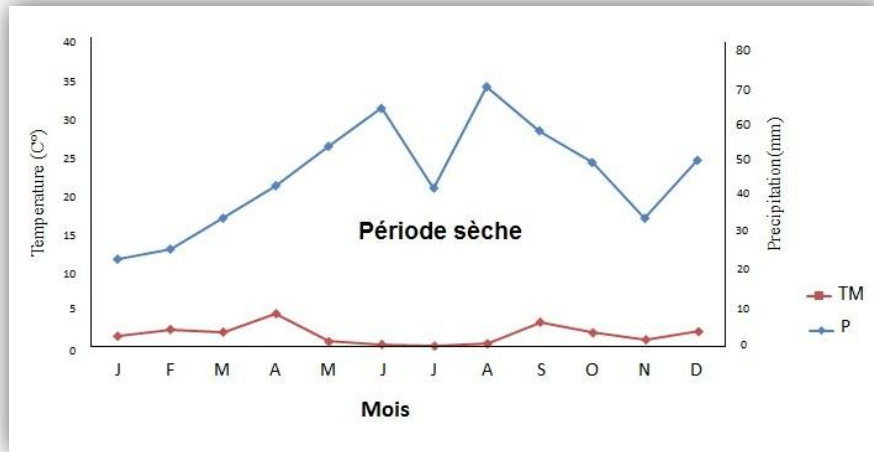
$$Q_3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

- **Q₃**: Le quotient pluviométrique d'Emberger;
- **P** : La pluviométrie annuelle en mm;
- **M** : La température maximale moyenne du mois le plus chaud en °C;
- **m**: La température minimale moyenne du mois le plus froid en °C.

Le quotient pluviométrique (Q_3) calculé pour la région du Souf est égal à 5,42 pour une période des années (2007-2016). Cette valeur reportée sur le climagramme d'Emberger montre que la région du Souf appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux ($m = 4,7 \text{ }^\circ\text{C}$) (Figure 5).



(Figure n° 03) : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région du Souf 2016.



(Figure n° 04) : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région du Souf 2007-2016

I.10.Flore de la région du Souf

Selon HELISSE (2007), le couvert végétal du Souf présente une faible diversité et densité. Il est représenté par des plantes spontanées caractérisées par une rapidité de croissance, une petite taille et une adaptation vis-à-vis aux conditions édaphiques et climatiques de la région. La phoeniculture traditionnelle du Souf est un ensemble de petites exploitations sous forme d'entonnoir, appelées (Ghouts).

I.11-Faune de la région du Souf

(BEGGAS (1992), MOSBAHI et NAAM (1995), ALLAL (2008), ALIA et FERDJANI (2008), CHERADID (2008), ZERIG (2008), KHECHEKHOUCHE et MOSTEFAOUI (2008), et GORI (2009).

Dans la région du Souf 129 espèces d'Arthropodes appartenant à 14 ordres différents dont la majorité sont des insectes .

Pour les poissons, une seule famille est notée, celle des Poecilidae avec l'espèce *Gambusia affinis*. Les amphibiens sont représentées par deux espèces *Bufo viridis* et *Rana saharica*. Les principales espèces de reptiles constituent un seul ordre qui renferme 6 familles et 17 espèces (LE BERRE, 1989, 1990; KOWALSKI et RZEBIK-KOWALSKA, 1991 ; VOISIN, 2004 ; MOUANE, 2010).

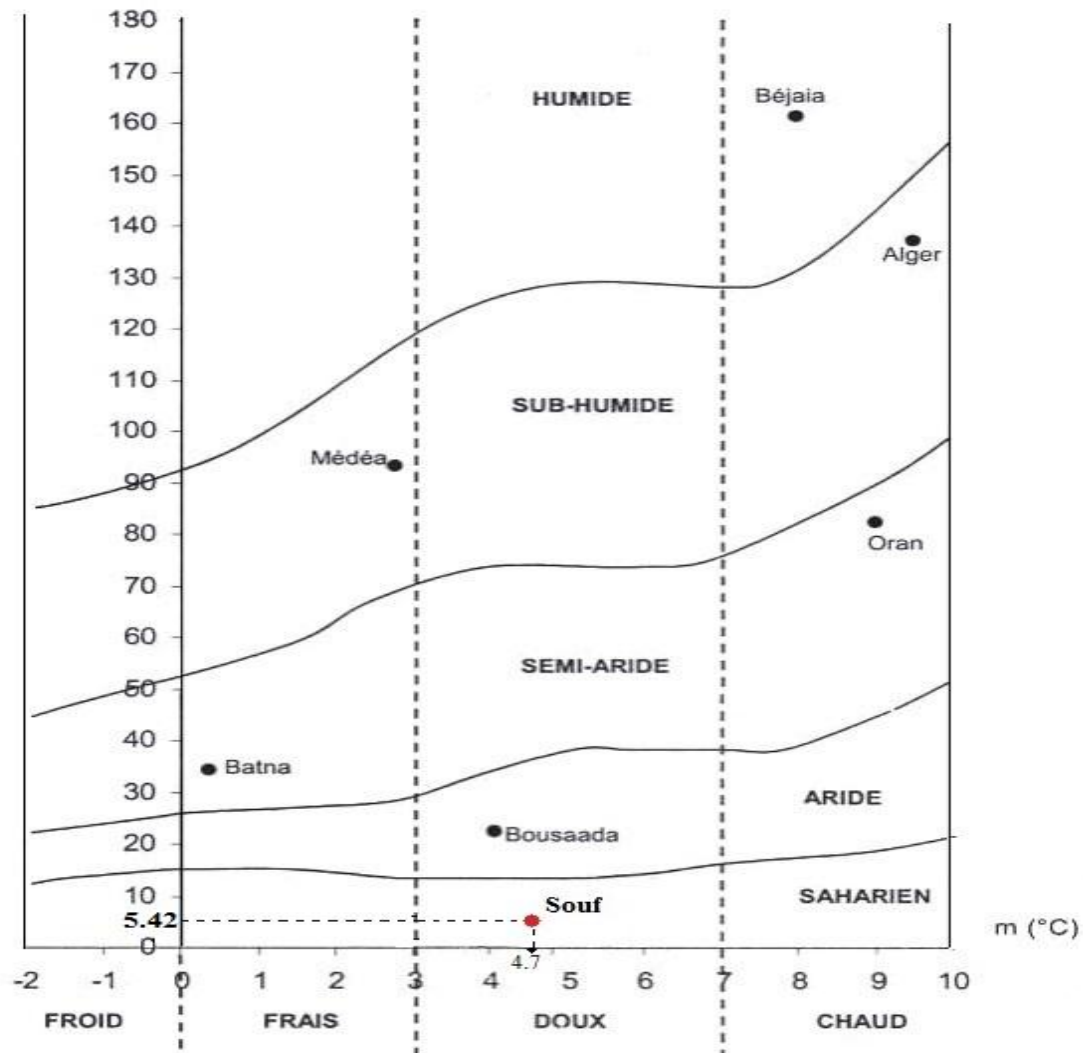


Figure n° 0 5) : Climagramme pluviométrique d'EMBERGER de la région du Souf durant la période (2007-2016)

ISENMANN et MOALI (2000), MOSBAHI et NAAM (1995) et BOUGHAZALA (2009) ont signalé 46 espèces d'oiseaux.

Les mammifères de la région d'étude ont été traités par **LEBBER (1989,1991), KOWALSKI et RZEBIK-KOWALSKA (1991), VOISIN (2004), KHECHEKHOUCHE et MOSTEFAOUI (2008), BOUGHAZALA (2009) et GORI (2009)**. Au total, 20 espèces sont réparties entre 7 familles et 6 ordres .

Conclusion :

La région d'El-Oued (Souf) est située dans l'étage bioclimatique aride. Elle est caractérisée par la faiblesse de la pluviométrie, les fortes amplitudes thermiques, une intense évaporation ainsi que par l'existence de vents qui sont parfois violents et catastrophiques.

-Introduction

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur l'origine des eaux usées et leurs composition, ainsi les différents paramètres et leur impacts sur l'écosystème, et puis la réglementation relative à les eaux usées

1-Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, agricole, ou pluviale. Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel (**BENMOUSSA et al,2015**).

Les eaux usées sont des eaux impropres, qui doivent bénéficier d'un assainissement ou d'une dépollution avant de pouvoir être rejetées dans la nature ou d'être consommées par l'homme (**El ALAOUI et al,2013**).

2- Origine et types des eaux usées

Les eaux usées sont soit : Des eaux polluées artificiellement ou ayant fait l'objet d'une utilisation, en ce compris les eaux de refroidissement, des eaux de ruissellement artificiel d'origine pluviale, des eaux épurées en vue de leur rejet, les eaux usées domestiques et les eaux usées agricoles et pluviales et industrielles (**BOUILLON et al, 2012**).

3- Composition des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, agricole...etc.) aussi elle est variable et dépend essentiellement de l'activité humaine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, les eaux usées urbaines contiennent également des matières solides, des substances dissoutes et des microorganismes : bactéries, protozoaires, virus et helminthes (**HARZALLAH, 2011**).

4- Caractéristiques des eaux usées

Selon **TABET (2015)**, les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physicochimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Certains de ces paramètres sont indicateurs de modifications que cette eau sera susceptible d'apporter aux milieux naturels

récepteurs. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir principales caractéristiques suivantes:

4-1- caractéristiques physicochimiques

Ils résultent de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération, se traduisant généralement par des modifications des caractéristiques physicochimiques du milieu récepteur.

4-1-1- La température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C (**Rodier, 2005**).

4-1-2- Le potentiel d'Hydrogène (pH)

D'après **Rodier (2005)** , Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité.

Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9.

4-1-3- La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau (**Said.M, 2012**).

4-1-4- Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques ou minérales, non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (**Said.M, 2012**).

4-1-5- La conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau).

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (Rodier, 2009). Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de 2500 $\mu\text{Sm}/\text{cm}$, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire (Said.M, 2012).

4-1-6- La demande biologique en oxygène (DBO5)

Sa détermination consiste à mesurer la quantité totale de l'oxygène consommé, par des processus biochimiques, au cours de l'oxydation des matières organiques dans un échantillon donné. La DBO a été standardisée en DBO5, mesurée au bout de 5 jours, considérée comme une période significative du processus global de biodégradation qui prend des semaines. Des appareils automatisés, tels que le Micro-Oxymax (Columbus), Permettent de mesurer la DBO5 ainsi que la production de CO_2 . Ces mesures sont souvent utilisées pour vérifier le caractère biodégradable d'un composé. Elles permettent aussi d'avoir indirectement une idée de la contamination organique globale d'un effluent. Une eau potable doit avoir une DBO5 pratiquement nulle. Les eaux usées urbaines ont une DBO5 pouvant varier de 150 à 350 mg/L. Des valeurs bien plus élevées sont enregistrées à la sortie des laiteries, abattoirs, et surtout des distilleries (vinasses), pouvant parfois s'élever à plus de 30 000 mg/L (Pelmont J., 2005).

4-1-7- La demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de l'ensemble des matières minérales et organiques biodégradables ou non, présentes dans un milieu. Soit donc à la fois les matières oxydables par les processus purement chimique et celles oxydables par les processus biochimiques (Bousseboua H., 2005). La DCO est obtenue à l'aide d'un agent oxydant puissant comme le dichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). La valeur de la DCO est toujours plus élevée que celle de la DBO5, car de nombreuses substances organiques peuvent être oxydées chimiquement mais ne peuvent s'oxyder biologiquement (Metiche M., 2004). La DCO est également évaluée en mg et même en kg dans les eaux usées industrielles (Pelmont J., 2005).

4-1-8 L'oxygène dissous

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

4 - 1 - 9 - Les métaux lourds

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux (de l'ordre de quelques µg/l). Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple : ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels » (CAUCHI *et al*, 1996). Les éléments cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) (VILAGINES, 2003).

4-2- caractéristiques bactériologiques

Pour les bactéries, rechercher les organismes pathogènes de manière spécifique est trop coûteux et aléatoire, c'est pourquoi l'on s'intéresse aux concentrations de germes témoins (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux en général) pour estimer la population de pathogènes. En effet, il existe une corrélation entre la présence de ces bactéries témoins et la présence de bactéries pathogènes (BAUMONT *et al*, 2004). Pour les parasites, il s'agit essentiellement de la recherche des formes de résistance des protozoaires (kystes) et des oeufs d'helminthes. Il est important de rappeler que les helminthes constituent le risque majeur à cause de leur persistance et leur très faible dose infectieuse. Les bactéries et les protozoaires présentent un risque plus faible. Les virus présentent le risque le moins élevé (Unité d'appui au programme, 2010).

5- Réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées, ou recyclage, consiste à récupérer les eaux usées traitées après plusieurs destinés à en éliminer les impuretés, afin de stocker et d'employer cette eau à nouveau. Le recyclage remplit donc un double objectif d'économie de la ressource: il permet à la fois d'économiser les ressources en amont en les réutilisant, mais aussi de diminuer le volume des rejets pollués. L'intérêt en est cependant limité quand il n'y a pas de tension quantitative sur la ressource en eau dans le secteur concerné (BOULAHAI.2014).

5-1 - Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde

La réutilisation des EUE est une pratique très répandue dans les régions du monde qui subissent des pénuries d'eau. Elle est, par exemple, très développée aux Etats-Unis, au Mexique et plusieurs pays d'Amérique du Sud, l'Australie, l'Afrique du Sud, le Japon, la

Chine et les pays du Golfe Persique. Certains pays ont comme objectif de satisfaire 10 à 30% de leur demande en eau par cette ressource alternative dans les 5 à 10 prochaines années. **(Lazarova, et al., 2013)**.

Selon **Lazarova et al., 2013**, pendant les dix dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu une croissance de l'ordre de 10 à 29% par an, en Europe, aux États Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie, cependant, seulement 5% des EUE de la planète sont réutilisées à l'heure actuelle, ce qui représente un volume global d'environ 7,1 milliards de m³ par an, soit 0,18% de la demande mondiale en eau.

Le bassin méditerranéen est l'une des régions où la réutilisation agricole des EUE est de plus en plus pratiquée. A titre d'exemple, elle est largement répandue Tunisie et l'Espagne .

5-2- Réutilisation des eaux usées en Algérie

Actuellement l'Algérie se penche vers la technique réutilisation en agriculture.

Ceci nécessite dans un premier temps d'identifier et de quantifier les volumes d'eaux usées rejetés par les agglomérations à travers le pays. Le volume d'eaux usées rejetées annuellement par les agglomérations dépassant 20.000 habitants est estimé à 58 300 m³ par an. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation concerne en priorité les zones déficitaires en eau naturelle qui devient de plus en plus rare **(Yazid, 2014)**.

Un vaste programme consiste à réutiliser les eaux usées épurées en aménageant des périmètres à l'aval de chaque station d'épuration et lagune. Le potentiel de cette ressource est estimé à 750 millions de m³ et atteindra le volume de 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020 **(Tamrabet, 2011)**. Le nombre de STEP en cours d'étude et de réalisation est de 12 pour l'irrigation de plus de 8 000 hectares (ha) de terres agricoles.

Le potentiel de la réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles évolue d'une manière significative et le nombre de stations concernées sera de 25 STEP à l'horizon 2014 **(ONA, 2011)**.

On a deux formes de réutilisation des EU:

5-2-1- La réutilisation indirecte

Elle se fait après passage de l'eau dans le milieu naturel (oued, rivière, lac, barrage ... etc.). Sur les 75 stations d'épuration exploitées en Algérie a travers les 43 wilayas, 14 seulement sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.

5-2-2- La réutilisation directe

La mobilisation des eaux usées épurées est très faible actuellement, le seul ouvrage existant est celui situe a l'aval de la station d'épuration de Bordj Bou Arreridj d'une capacité de 2 500

m³/jour destine a l'irrigation d'un périmètre de 100 ha de superficie. Selon le programme 2009-2013, ce volume sera de 554 512 m³/j (**Benbraika, 2013**).

5-3 - Les modes de réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées (**figure6**) est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisations. Il existe des milliers de projets de réutilisation des eaux usées (**BOXIO et al, 2008**). On peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchères, céréales, prairies, etc. ;
- réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc. ;
- réutilisation en zone urbaine: lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, etc...
- La production d'eau potable;
- la recharge de la nappe phréatique (**DEGREMONT, 2005**).

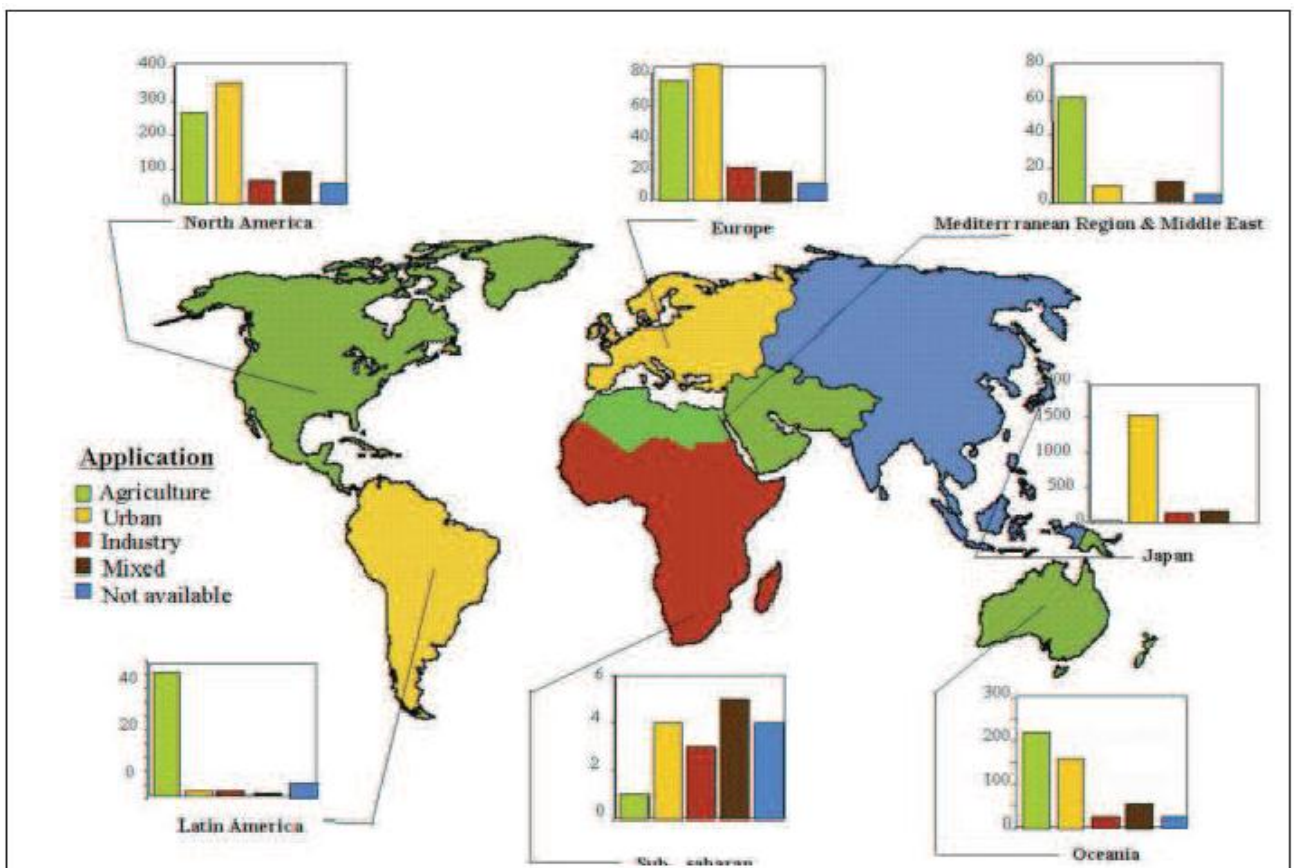


Figure n° 6: Aspects de réutilisation des EU dans les différentes régions du monde (**BOXIO et al, 2005**).

6- Domaines de réutilisations

6-1-Usages non potables

Usages non potables sont principalement (**BOUTIN et al 2009**).

6-1-1- Irrigation agricole

Cultures céréalières, arbres fruitiers, forêts, protection contre le gel,

11-1-2- Utilisations industrielles

Eaux de refroidissement, eaux de procédés (processus),

Générateur de vapeurs, nettoyage des équipements, protection contre les incendies, (**BENKRIMA et al 2013**).

6-1-3- Utilisations urbaines

Entretien de voirie, lavage des WC (chasse) et des voitures, nettoyage des édifices publics et *al 2009*).

6-1-4- Usages récréatifs

Lacs et bassins artificiels, soutien au débit d'étiage des cours d'eau, entretien des habitats naturels et des zones humides, production de neige, pêcheries (**BENKRIMA et al 2013**).

6-1-5- Recharge de nappe

Lutte contre l'intrusion d'eau de mer ou d'eau saumâtre dans le cas d'une surexploitation de l'aquifère, réapprovisionnement des nappes en situation critique, stockage de l'eau traitée en prévision de futures utilisations (**BOUTIN et al 2009**).

6-2-Usages potables

Usages potables sont quant à eaux majoritairement :

6-2-1- Production indirecte d'eau potable

Augmentation de la disponibilité en eau.

Production souvent lié à la recharge de nappe.

6-2-2- Production directe d'eau potable

L'usine de Windhoek (Namibie) est l'exemple le plus connu de production d'eau potable à partir d'eaux usées traitées mais cette pratique est peu répandue (**BOUTIN et al 2009**).

7- Evaluation de la qualité de l'eau usée traitée pour l'irrigation

7-1-Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation

Les caractéristiques de qualité chimique et physique sont identiques pour n'importe quelle eau d'irrigation. À cet égard, les directives générales présentées peuvent être employées pour évaluer l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants

chimiques, tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques. La procédure demeure la même qu'avec les autres types d'eaux (**FABY et BRISSAUD, 1997**).

8-Effet de l'irrigation par les EU sur les propriétés physicochimiques du sol

Bien évidemment, l'irrigation avec les eaux usées, affecte avec le temps certains paramètres du sol. Ainsi, une légère 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**).

Cette diminution est expliquée par un lessivage par les eaux d'irrigation des calcaires actifs qui sont responsables de l'alcalinité du sol (**Solis et al., 2005**). 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 microbologique 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**).

(**Magesan et al. 2000**), signalent également que, suite à l'irrigation par les EU, cette intensification de l'activité microbologique du sol diminue la conductivité hydraulique du sol du fait de la formation de biofilms bactériens qui colmatent la porosité du sol.

9- Risques liés à la réutilisation des eaux usées

Cette ressource qui constitue une valeur hydrique et un potentiel de matières fertilisantes important peut également être une source de pollution. Son contenu en éléments traces et en microorganismes pathogènes et sa teneur élevée en azote peuvent présenter un risque pour l'environnement. Une connaissance scientifique des effets directs et indirects des traitements et des suivis épidémiologiques est indispensable (**AFD, 2011**). **Le tableau (07)** présente les risques associés à la réutilisation des eaux usées traitées.

(Tableau n° 7) : Typologie des risques associés à la réutilisation des eaux usées.

(Condom et *al.*, 2012).

Secteur impacté	Risques	Aléas	Sensibilité (exposition)
Santé	<p>-Risques microbiologiques : choléra, infections, diarrhées, allergies.</p> <p>-Risques chimiques : intoxication, cancers.</p> <p>-Dégradation qualité des produits agroalimentaire</p>	<p>-Pathogènes: -Composés toxiques -Polluants émergents, perturbateurs endocriniens</p>	<p>Exposition : public, usagers, consommateurs</p>
Environnement	<p>-Eutrophisation, pollution de nappes. -Odeurs. -Impacts des coproduits de traitements. (concentrations membranaires, boues). - Émissions de CO2 (consommation d'énergie pour le traitement).</p>	<p>-Azote, phosphore, composés toxiques, métaux lourds.</p>	<p>Profondeur des nappes, sensibilité des milieux (zones côtières).</p>
plantes	<p>-Toxicité des plantes (sels)</p>	<p>- métaux lourds.</p>	<p>Sensibilité des cultures.</p>
Perception	<p>- Impact visuel (stockage). -Odeurs. -Rejet social (méconnaissance, peurs). -Tension si expropriation.</p>	<p>-Gêne</p>	<p>Niveau de perception, propension au Changement.</p>
Distribution, équipement	<p>-Developpement d'algues. -Corrosion, biofilm, bouchage.</p>	<p>-Matière organique, azote, phosphore, matières en suspension.</p>	<p>Type de système d'irrigation.</p>

9-1-Effet sur le sol

9-1-1- La salinisation du sol

La salinisation du sol par une eau d'irrigation est une caractéristique physico-chimique produit par l'irrigation à cause des effets combinés de plusieurs facteurs (climat, caractéristiques du sol, topographie du terrain, techniques culturales, conduite des irrigations). En effet, chaque facteur va contribuer, selon son état, à l'accentuation ou à l'atténuation de la salinisation du sol (**BELAID, 2011**).

10-Qualité d'eau d'irrigation

La qualité de l'eau utilisée en irrigation est un facteur de premier ordre dans la salinisation du sol. 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**).

11- Mode d'irrigation

Lorsque l'eau est de mauvaise qualité, le mode, la dose et la fréquence d'irrigation ont une influence directe sur le processus de salinisation du sol. Dans ces conditions, une dose supérieure aux besoins du sol est favorable à une lixiviation (lessivage) des sels. Ce qui permet de maintenir la salinité du sol à un niveau raisonnable surtout si le drainage interne et externe est convenable (**BELAID, 2011**).

12- Nature de sol

Les caractéristiques du sol qui jouent un rôle primordial dans l'accentuation ou l'atténuation du processus de salinisation sont la texture, la perméabilité et le taux en calcaire.

VILLAGARA et CAVANIGNARO (2005) ont mené une expérience d'irrigation par des eaux salées sur deux sols de texture différentes, un premier sableux et un second plutôt argileux. Ils ont constaté que la salinité a atteint des niveaux élevés dans le sol argileux. A la fin de l'expérience, la salinité est entre 15,8 et 19,1 mS/cm dans le sol à texture argileuse, alors qu'elle est entre 1,2 et 6,6 mS/cm dans le sol sableux.

MIYAMOTO et CHACON (2006) ont mené une étude statistique sur l'influence de certains paramètres pédologiques sur la salinisation de sol lorsqu'il est irrigué par une eau de salinité élevée. Ils ont constaté que les sols à texture argileuse sont imperméables ou moyennement perméables.

13- Accumulation de métaux dans le sol

Bien que la concentration en métaux dans les eaux usées surtout traitées soit faible, l'irrigation peut, à terme, entraîner l'accumulation de ces éléments dans le sol (Rattan et *al.*, 2005).

L'accumulation d'éléments métalliques (EM) suite à l'irrigation avec des eaux usées brutes est souvent constatée. Ainsi, Mapenda et *al.* (2005) ont constaté une augmentation des teneurs en EM dans les horizons de surface des sols irrigués par des eaux usées brutes durant des périodes de temps plus ou moins importantes. Les teneurs trouvées dans les horizons de surface sont largement supérieures à celles trouvées dans les horizons de subsurface (Mapenda et *al.*, 2005 in BALAID, 2011).

14-Avantages de la réutilisation d'eaux usées traitées

L'incitation principale est le bénéfice attendu de l'utilisation de l'eau usée en irrigation ainsi qu'elle est une source fiable même en années de sécheresse.

METAHRI(2012), montrait que les avantages peuvent être brièvement récapitulés comme suit :

- économie d'eau claire
- économie de fertilisants
- accroissement de rendements
- protection de l'environnement
- création d'emplois

15-Recommandations de l'OMS et de l'USEPA

15-1-Point de vue d'OMS

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

L'approche innove surtout parce qu'elle encourage l'adoption de mesures relativement simples pour protéger la santé à tous les maillons de la chaîne alimentaire. Il s'agit d'une approche à barrières multiples/-les qui cherche à protéger la santé des consommateurs avant que les aliments irrigués au moyen d'eaux usées n'atteignent leur assiette.

Cette approche peut inclure la combinaison des éléments suivants: le traitement des eaux usées, la restriction des cultures, les techniques d'irrigation, le contrôle de l'exposition aux EU ainsi que le lavage, la désinfection et le cuisson des produits (OMS, 2006 .in BELAID, 2010) (Annexe01).

15-2- Point de vue de l'USEPA

Les recommandations de l'USEPA concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées (usage urbain, agricole, industriel, recharge de nappe, etc.) ce qui en fait un outil puissant. Précisons que chaque état américain peut lui-même fixer ses propres recommandations, en s'inspirant plus ou moins de celles de l'USEPA.

Ainsi, les normes californiennes sont extrêmement sévères, et ont inspiré de nombreuses réglementations dans le monde. Dans les recommandations de l'USEPA plusieurs paramètres sont pris en compte : le pH, la Demande Biologique en Oxygène (DBO5), la turbidité ou les solides en suspension et les coliformes fécaux (BELAID, 2010) (Annexe02) .

16- Norme de la qualité de l'eau appliqué en l'Algérie

L'eau est le fluide vital de la vie sur terre et constitue un aliment fondamental, assez rare dans notre pays, qu'il faut protéger contre toute forme de pollution. La préservation de ce facteur exige un contrôle continu pour le comparer avec les normes nationales dans le (tableau 07) (BENKRIMA et al 2013).

Tableau N° 07: La réglementation algérienne Arrêté du 02/01/2012.

	PARAMÈTRE	UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
PHYSIQUES	pH	-	6 < pH < 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = 0-3	ds/m	0.2
	CE		0.3
	3-6		0.5
	6-12		1.3
	12-20 20-40		3
	DBO5	mg/l	30

CHIMIQUES	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (NO ₃ -N)	mg/l	30
	Bicarbonates (HCO ₃)	meq/l	8.5
ELEMENTS TOXIQUES (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Béryllium	mg/l	0.5
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Bore	mg/l	2.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

- Conclusion

La valorisation des eaux usées doit être placée dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau.

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

La création de périmètres irrigués par les EUT et la recharge des nappes surexploitées sont les principales options à adopter.

PARTIE I
THEORIQUE

**PARTIE
PRATIQUE**

CHAPITRE I

CARACTERISTIQUES DE LA REGION D'ETUDE

CHAPITRE

II

IMPACT DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES

CHAPITRE

III

**MATERIELS ET
METHODS**

CHAPITRE

IV

RESULTAS ET DISCUSSION

CONCLUSION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

RESUME

1. Introduction

Dans ce chapitre, on a parlé sur le choix de la zone d'étude, sur la prise et transport des échantillons, le matériel utilisé, les analyses physiques et chimiques de notre sol.

L'étude a été réalisée dans la région agricole de la commune de Kouinine située dans la ville d'El-Oued à proximité de la STEP-1-, où on a effectué notre recherche par l'exploitation directe des eaux usées traitées non stagnantes en irrigation . afin aussi d'évaluer ces eaux dans des conditions réelles d'expérimentation (**Figure07**).



(**Figure N°07**): Localisation de la zone d'étude(2017).

2. Prise et transport d'échantillons

Le sol des parcelles expérimentales est de texture grossière à pH neutre. La consistance et la cohésion est très faibles, le sol de la zone d'étude est peu compacts, fortement calcaire. Pauvre en matière organique et très perméable (**Khadraoui, 2007**).

- 05 échantillons sont été effectués le 02-05-2017 dans des parcelles diffères par types d'eau utilisée dans une irrigation de trois (3) mois successifs et amendé ou non par engrais organique [NPK 4-3-3 (65 MO) d'une quantité de 125 kg/0.0054h].

- la profondeur des prélèvements de sol est entre 0 et 20cm. (**Figure 09**). On a pris (2Kg) de sol pour chaque échantillon.
- 02 échantillons prélevés d'un sol irrigué par eau usée traitée et 2 prélevés d'un sol irrigué par eaux de fourrage, 1 échantillon prélevé d'un sol témoin (sol non irrigué).
- on a stocké les échantillons dans des sachets en plastique et on a les analysés juste après prélèvement (**Figure10**)

les échantillons ont été dénommé comme suit:

- (P2 EF):sol irrigué par eaux de forages sans amendement de matière organique,
- P2 EF MO sol irrigué par eaux de forage amendé avec matière organique.
- (P2 ET MO):sol irrigué par eaux usée traitée et amendé avec matière organique,
- P1 ET sol irrigué par eaux usée traitée et sans amendement de matière organique.
- ST : Sol témoin non irrigué.

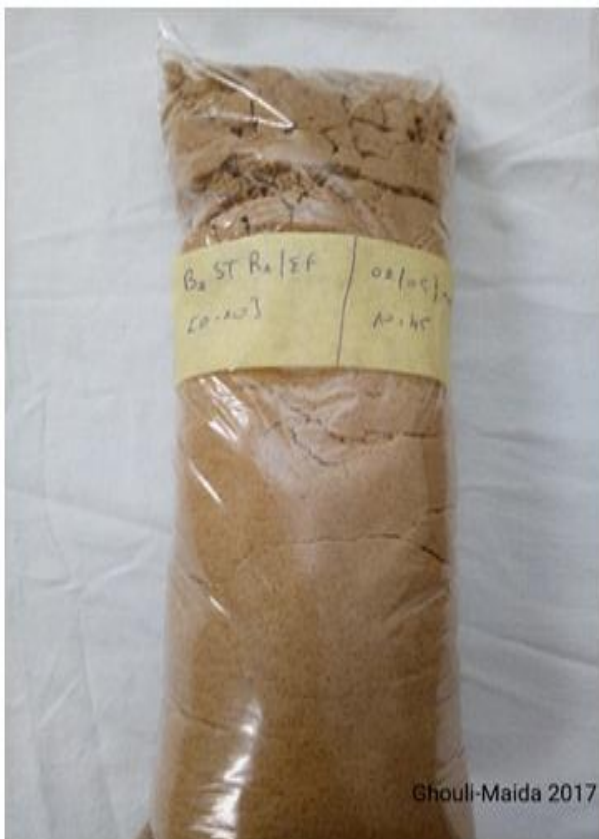


Figure n° 8: échantillon de sol irrigué par eau de forage



Figure n° 9: profondeur de prélèvement de sol(0-20cm)

Voilà ci-dessous le schéma de notre protocole de travail **Figure n°11**

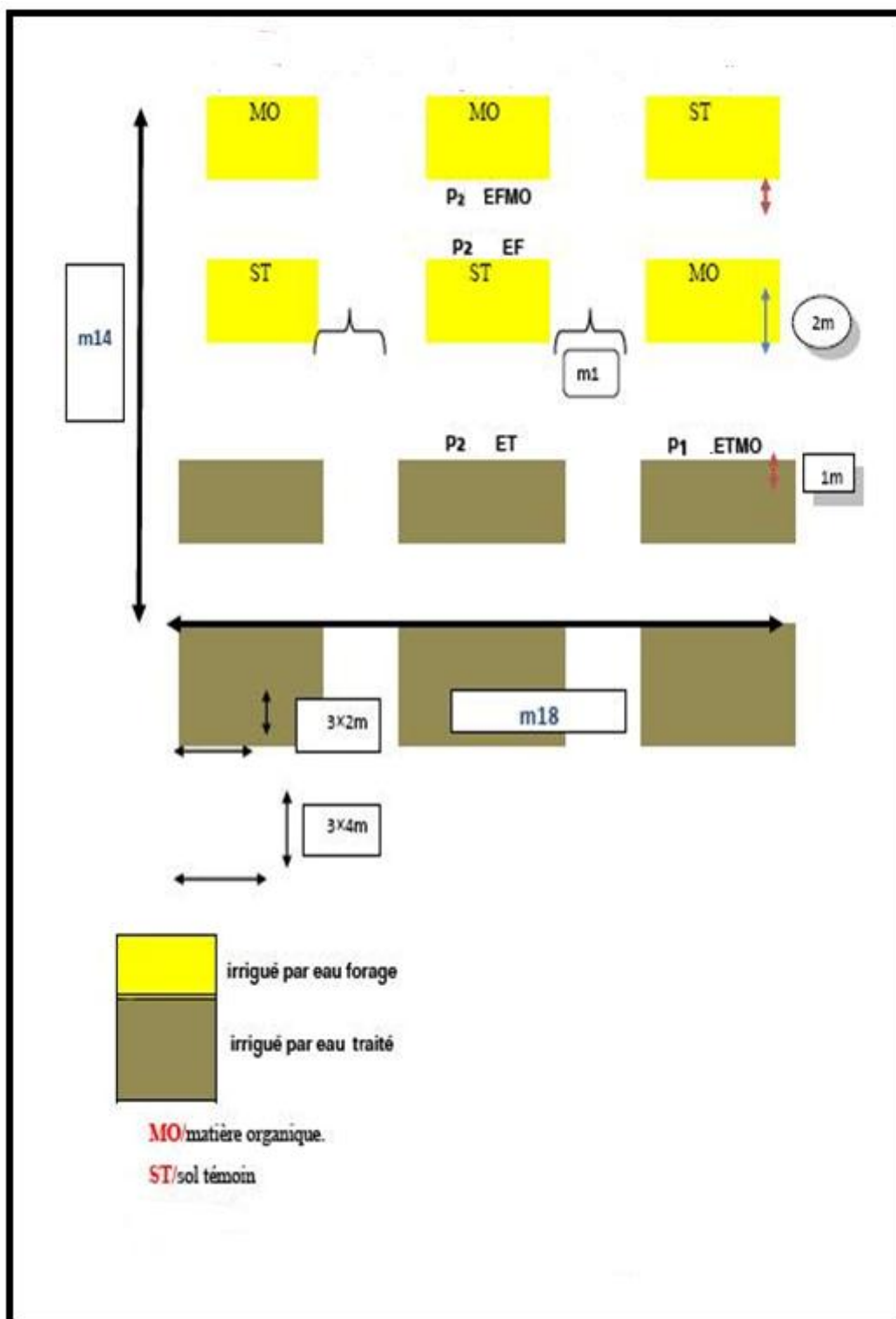


Figure n°10: Schéma présente le protocole de travail 2017 .



Figure 11: Le agitateur

3. Analyses de sol

3.1. Potentiel Hydrogène pH

La mesure du pH a été réalisée par la méthode électrométrique. Il consiste à tremper l'électrode dans le bêcher de l'échantillon (**Annexe 05**), laisser stabiliser un moment, puis noter le pH mètre pH 510Tetracon (**Figure12**).



(Figure n°12): le PH mètre

3.2. La conductivité électrique CE(ds/cm)

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, elle exprime approximativement les concentrations des solutés ionisés sables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinisation.

La valeur La conductivité électrique est lue directement sur l'écran de conductivité terminal C3010 WTW après l'immersion d'une électrode dans l'échantillon. (**figure13**) .



(Figure n°13) : conductimètre

3.3. L'azote ammonium (NH₄⁺)

La détermination de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) est effectuée par colorimétrie suite à une catalyse en milieu alcalin par une solution de nitroprussiate de sodium selon la mesure par appareil Spébral (Annexe 06).

3.4. Phosphore assimilable(P₂O₅)

- Extraction de solution
- Ajouté bicarbonate de sodium Hco₃.No
- Mesurer par appareil Spébral .



(Figure n° 14): la spectrophotomètre à flamme

3.5. Potassium (K_2O)

Analysé par l'utilisation de spectrophotomètre à flamme (**photo14**)

3.6. Granulométrie

L'analyse granulométrie a pour but de quantifier les particules minérales élémentaires groupées en classe, et définir la composition granulométrique d'un sol.

Elle permet de classer les particules minérales constitutives des agrégats en un certain nombre de fractions par catégorie de diamètre .

3.7. Matière organique(carbone organique)

La teneur en carbone est déterminée par la méthode ANNE qui consiste en une Oxydation de la matière organique par une quantité en excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu sulfurique à ébullition. L'excès de bichromate est titré par une solution de sel de MOHR, en présence d'un indicateur coloré (diphénylamine).La teneur en carbone organique est exprimée en pourcent.

3.8. teneur en eaux

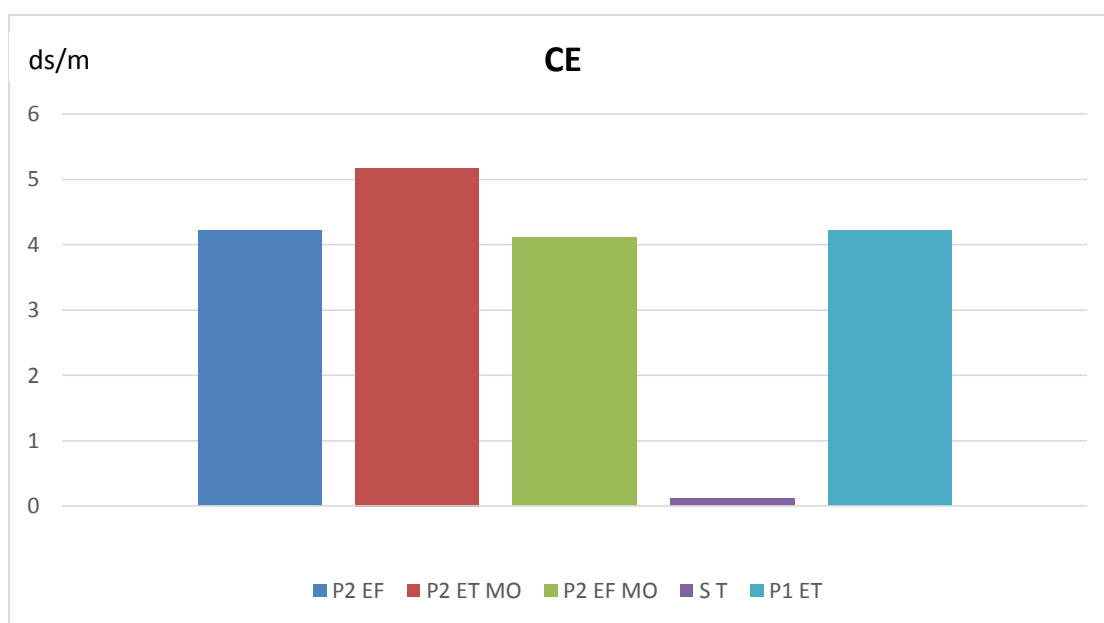
On appelle teneur en eau le rapport du poids d'eau contenu dans l'échantillon au poids du sol sec.

Introduction

Dans cette dernière partie, on va faire une analyse des résultats en basant sur la représentativité des paramètres du sol .

1. Conductivité électrique CE de sol (ms)

En science du sol, la conductivité électrique (CE) est exprimée à une température de 25°C. L'échelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT, 1978) (Annexe09). La conductivité électrique permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissous, elle ne s'applique qu'aux terres salées et aux terres à taux de fertilisation très élevé. De plus, elle est nécessaire pour l'étude du complexe adsorbant des sols salés (AUBERT, 1978).



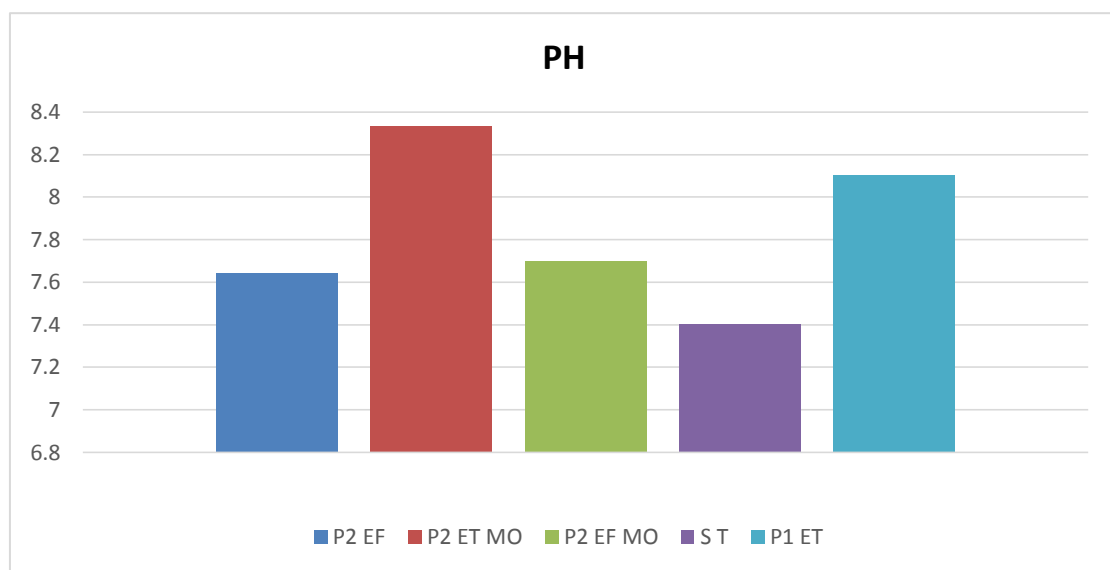
La figure n°15: Variation du CE de sol d'étudiés

D'après (la Figure15) Les résultats obtenus montrent que le sol étudié non irrigué a une CE très faible (0.12, la C.E dS/m). le sol est considéré comme très salé lorsque la conductivité électrique de l'extrait dilué entre à ($2.4 < C.E \leq 6$ dS/m) (AUBERT, 1978). On a constaté que la salinité dans les parcelles irriguées par eau usée traitée est plus élevée par rapport au celles qui sont irrigué par eau conventionnelle, avec une valeur significative de 5.17dS/m, cela est expliqué par la teneur élevée en sels solubles dans l'eau traitée en comparaison avec l'eau conventionnelle. (Annexe10).

On a aussi remarqué que la présence ou l'absence de la matière organique a un aucun signe sur CE la variation des valeurs de CE des sols analysés.

2. Potentiel hydrique de sol pH

Les sols des régions arides, sont caractérisés généralement par des pH alcalins ($7,3 > \text{pH} > 8$) (SOLTNER, 2005). (Annexe11)



la figure n°16: Variation du pH de sol d'étudié

D'après les résultats obtenus (Figure16), on peut classer le sol selon l'échelle du pH de l'extrait 1/5. (Annexe12).

Selon SOLTNER (1989), Le pH de sol irrigué par eau de fourrage est alcalins ($7.64 < \text{pH} < 7.70$).

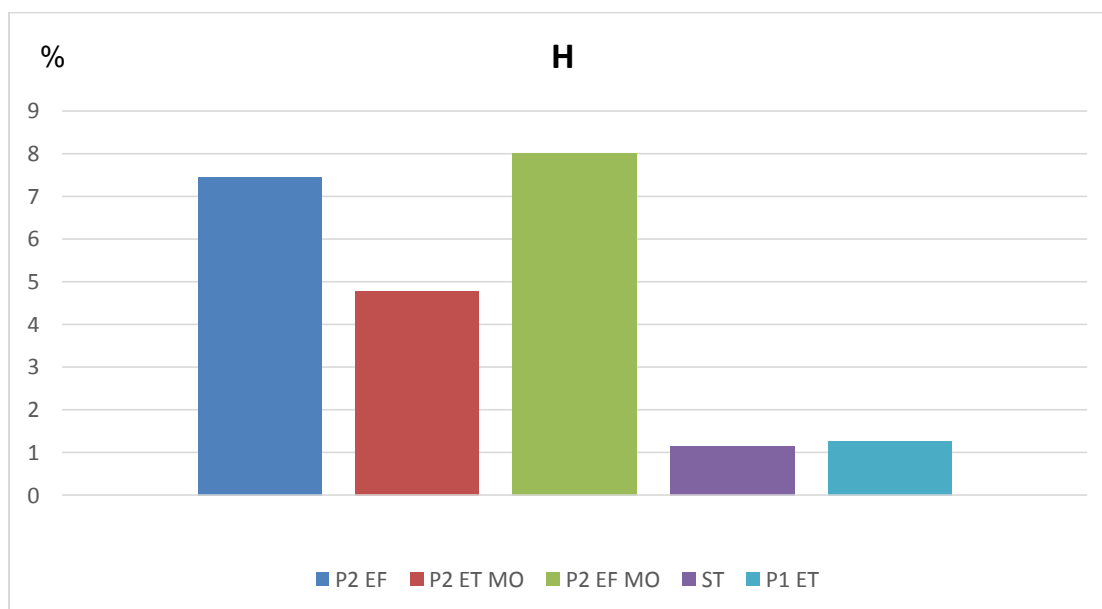
Le pH d'un sol irrigué par eau usée traitée est très alcalin ($\text{pH} 8.33$) ($8.10 < \text{pH} < 8.33$); tandis que les valeurs minimales de pH enregistrées dans le sol témoin non irrigué ($7, 4$), ça s'explique par la valeur élevée de pH des eaux usées traitées.

Le pH des sols amendés par matière organique est un peu élevé par rapport aux autres non amendés.

D'une manière générale, le pH de notre sol analysé est alcalin à très alcalin ($7.4 < \text{pH} < 8.33$).

2. Etude des propriétés physiques

2.1 Humidité du sol



la figure n°17 : Variation d'humidité du de sol d'étudié

Selon les résultats obtenus (**la figure17**),l'humidité d'un sol amandé irrigué par eau de forage est de 7.453%et 8.022% pour le sol non amandé. (**Annexe13**) .

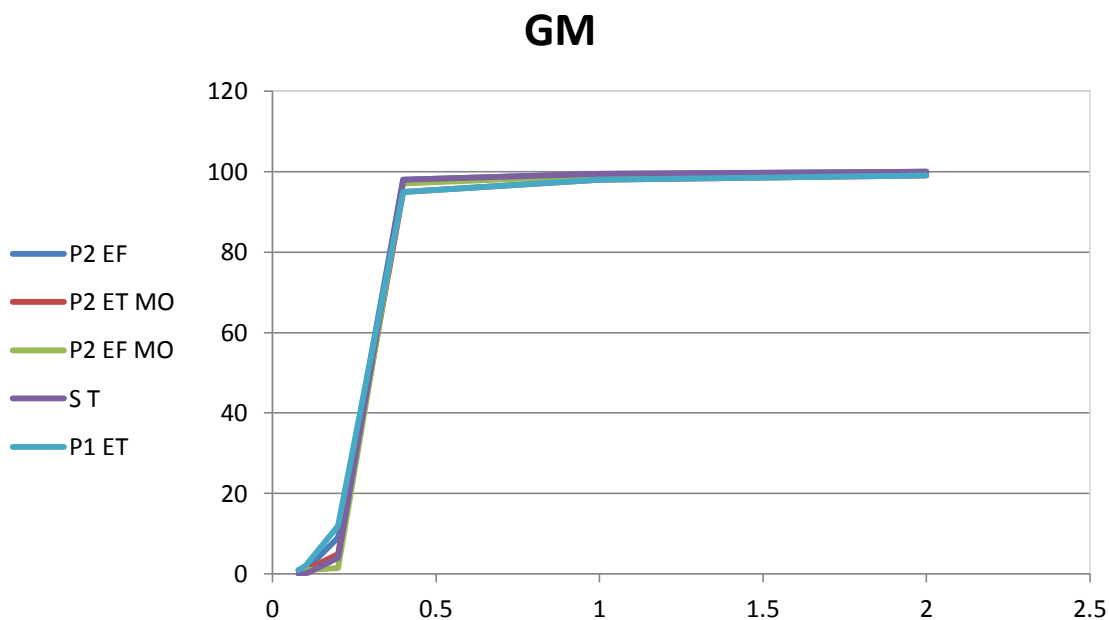
Elle est faible et presque la même dans le sol témoin et l'autre irrigué par eau usée traitée sans matière organique avec un pourcentage successif de1.147% et 1.269%.

L'échantillon de sol amandé irrigué par les deux types d'eau ont une forte proportion d'humidité, car les molécules de matières organiques se tiennent ensemble et maintiennent une bonne proportion d'eau.

2.2. Analyses granulométrique %

Les (**Annexe 14**) représentent les résultats des analyses du sol étudiés irrigués par les eaux forage et les eaux usées épurées, et les sols non irrigués .

L'étude granulométrique des sols des parcelles étudiées a permis de déterminer 3 classes granulométriques. Il s'agit de sable fin, sable grossier et une fraction limon argile.



La figure n°18: textures des sols étudiés.

D'après (la figure 18), on remarque que la texture est sableuse dans tous les horions, avec des variations entre le taux du sable fin 5-2 mm et le sable grossier 0.2-2mm. La fraction de l'argile et du limon est faible (ne dépassant pas 2_{mm}).

3. Etude les propriétés chimiques

3.1. Analyses des NPK (Ppm)

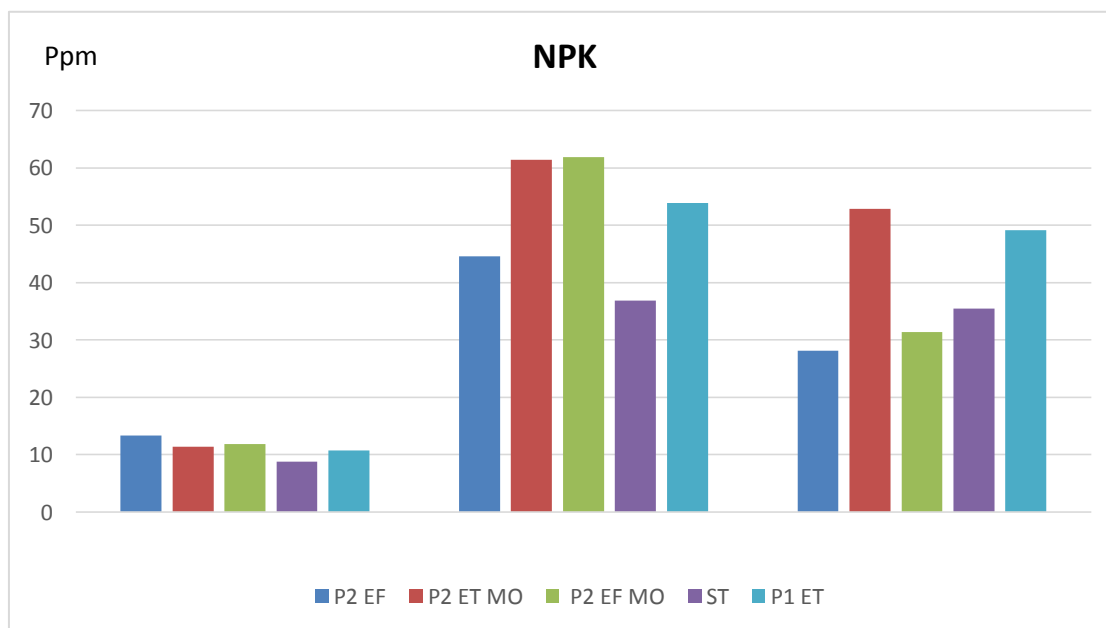


Figure n°19: Variation vertical de NPK dus sols d'étudiées

D'après (la figure 19), on remarque que:

- La valeur de l'Azote ammonium (NH_4^+) la plus élevée (13.34ppm) se trouve dans le sol non amendé irrigué par eau de fourrage.
- La valeur de Phosphore assimilable (P_2O_5) très élevé dans le sol non amendé irrigué par eau usée traitée (53.86%).
- La valeur de potassium (K_2O) la plus élevée et dans le sol amendé irrigué par eau usée traitée (52.81%).

3.2. Matière organique

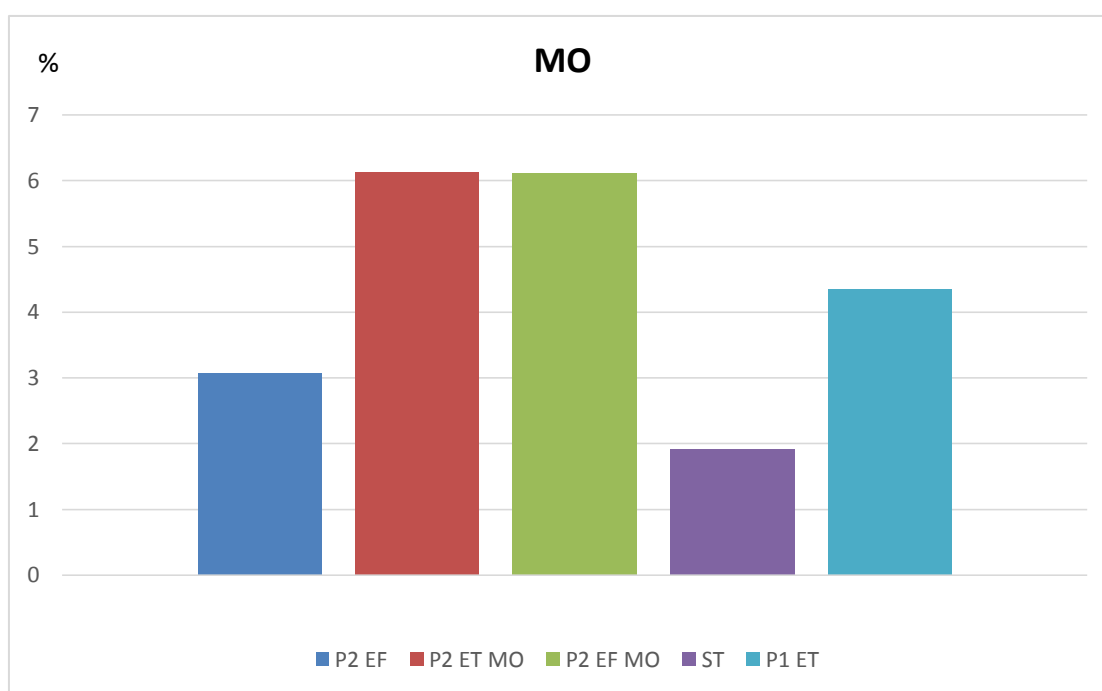


Figure n°20: Variation de MO de sol d'étudiées

l'irrigation avec les eaux usées épurées entraîne une accumulation de MO dans le sol, suite à leurs richesse en éléments fertilisants et en oligoéléments, et elles stimulent l'activité microbiologique du sol (MAGESAN *et al.*, 2000 ; RAMIREZ-FUENTES *et al.*, 2002 *in* BELAID, 2011), favorisant ainsi la minéralisation du carbone organique du sol.

Dans le sol amendé irrigué par eau usée traitée ou eau de forage; le pourcentage de matière organique est le plus élevé (6.11 et 6.13%), et très faible dans le sol non irrigué (1.92%).

Conclusion général

En zones sahariennes, les sols sableux représentent un support pauvre en éléments nutritifs dont la plante a besoin. Les conditions pédoclimatiques dans ces zones constituent le problème majeur pour le développement des plantes. Pour atténuer ce problème le recours à la fertilisation minérale reste jusqu'à nos jours le moyen le plus efficace pour l'obtention de sol acceptables pour la culture. **MONOD, T., 1992**

A travers de ce travail, nous avons essayé d'étudier l'impact de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation sur quelques caractéristiques physico-chimique d'un sol sableux, dans des conditions semi-contrôlées sur un sol sableux non cultivé.

Nous avons confirmé que les eaux usées traitées de la STEP1 de Kouinine sont riches en matières organiques nécessaires à l'accoisement des caractéristiques physicochimiques d'un sol sableux. On résulte aussi que l'irrigation par ces eaux a un effet positif sur le développement de sol par rapport aux valeurs suivantes: pH, matière organique, humidité, granulométrie, NH_4^+ , $\text{P}_2\text{O}_5\text{P}$, K_2OP ,

Enfin, les travaux de recherches futures devront se diriger prioritairement vers la valorisation eaux usées traitées dans l'irrigation en fonction de leurs qualité, et évaluer les conséquences à moyen et long terme sur les ressources naturelles essentiellement le sol.

Références bibliographique

- Metaliri.M;2012**: élimination simultanée de la pollution azotée et phosphate des eaux usées traitée par des procédés mixtes.cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou.
- VHO, 1989**: Health guidelines for the use of wastewat.
- BELAID, 2011**: Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, 5-26.
- **HARZALLAH.B,2011**: Etude de la biodégradation du 2,5-diméthylphénol par le micro-biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'IBN ZIAD. Mém. Magister. Microbiologie Appliquée. Univ. Mentouri Constantine. 102p.
- NADER .A,2014**: Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla Gestion et risques environnementaux.
- Ladjel.F ,(2006)** : Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02.Centre de formation et métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes .80p.
- **ONA, (2011)**: Office nationale d'assainissement d'Alger .
- OMS. (2006)** :Aspects sanitaires et nutritionnels des oligo-éléments et des éléments en traces. Editions de l'OMS, 366 p.
- OMS., 2006**: Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey water.
- Rodier, J. (1996)** : Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Edition Dunod, Paris. 1384 p.
- Lazarova Valentina et Brissaud François** Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France [Article] // L'eau, l'industrie, les nuisances. - Juin 2013. - 299.
- Rattan R.K. [et al.]** : Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater—a case study [Article] // Agriculture, Ecosystems and Environment. - 2005. - 109.
- Baumont S., Camard J.P., Lefranc, A. et Franconi A. (2004)**. Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France, 176 p.

-Benbraika A. et Ghedab R. (2013). La tarification des couts relatifs à l'eau en Algérie. *Revue des Sciences Humaines*, 29, 7-21.

-Bixio D., Thoeye C., Wintgens T., Ravazzini A., Miska V., Muston M., Chikurel H., Aharoni A., Joksimovic D. and Melin T. (2008). Water reclamation and reuse implementation and management issues. *Desalination*, 218, 13–23.

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

-Boutin. C, 2009 : Les filtres et lits plantés de roseaux en traitement d'eaux usées domestiques. Perspectives pour le traitement d'eaux pluviales. GRAIE. Le traitement des eaux par macrophytes. Le Bourget-du-Lac, 1 mars 2000. 12 p.

-Degremont, 1989. Mémento technique de l'eau : vol 1, 9ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, France, 592 p.

-Faby JA., Brissaud F, 1997. L'utilisation des eaux usees epurees en irrigation, Office International de l'Eau, France, 76 p.

-Tamrabet L, 2011. Contribution a l'etude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Thèse de Doctorat, Université de Batna, Algérie, 146 p.

-CAUCHI , HYVRARD, NAKACHE, SCHWARTZBROD, ZAGURY, BARON, CARRE, COURTOIS, DENIS, DERNAT, LARBAIGT, DERANGERE, MARTIGNE, et SEGURET. (1996)-Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. *Techniques, Sciences et Méthodes* 2 pp 81-118.

-VILAGINES R. (2003)-Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2è édition, Editions Tec&Doc, pp198.

-Leone A.P., Menenti M., Buondonno A., Letizia A., Maffei C., Sorrentino G. (2007), A field experiment on spectrometry of crop response to soil salinity; *Agricultural Water Management* 89 39 – 48.

-Mapanda F., Mangwayana E.N., Nyamangara J.et Giller K.E., (2005), The effect of long-term irrigation using wastewater on heavy metal contents of soils under vegetables in Harare, Zimbabwe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107 151–165.

-Miyamoto S.et Chacon A. (2006), Soil salinity of urban turf areas irrigated with saline water II. Soil factors. *Landscape and Urban Planning* 77, 28–38.

-CONDOM N., LEFEBVRE M., VANDOME L., 2012. La réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets. Plan -----

-Bleu, Valbonne. (Les Cahiers du Plan Bleu 11). Ed. Centre d'activités régionales du PNUE/PAM avec la Banque européenne d'investissement et l'Agence Française de développement. 67p.

-VILLAGRA P.E. ET CAVAGNARO J. B. (2005), Effects of salinity on the establishment and early growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* seedlings in two contrasting soils: Implications for their ecological success. *Austral Ecology* 30, 325–335.

-TABET. M. (2015) : Etude physico-chimique et microbiologique des eaux usées et évaluation du traitement d'épuration.

- Pelmont J., (2005). Biodégradations et métabolismes : Les bactéries pour les technologies de l'environnement. EDP Sciences Editions, 10. 11.

- Bousseboua H., (2005). Eléments de microbiologie. 2ème édition, Campus-Club. Constantine. Algérie. 304p.

- Metiche M., (2004). Environnement : phénomènes de pollution et techniques de protection. Centre Universitaire de Bechar. 4.8p.

-Unité d'appui au programme (Union Européenne), 2010. Appui au Secteur des Ressources en Eau en Algérie, EUROPEAID/122241/C/SER/DZ, ACTIVITÉ 202, Renforcement des capacités institutionnelles et légales du MRE, TDR 202/14, Élaboration de normes et de guides techniques pour l'utilisation des eaux usées épurées, Utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Rapport de mission 3, Projet de normes et guide technique.

-BOULAHAI et al,(2014) : Inventaire des normes existantes en matière de réutilisation des eaux usées en pisciculture.

-Abbas S.T., Sarfraz M., Mehdi S.M., Hassan G. et Obaid-Ur-Rehman (2007), Trace elements accumulation in soil and rice plants irrigated with the contaminated water; *Soil & Tillage Research* 94 503–509.

-Magesan G.N., Williamson J.C., Yeates G.W.et Lloyd-Jones A.Rh. (2000), Wastewater C:N ratio effects on soil hydraulic conductivity and potential mechanisms for recovery *Bioresource Technology* 71, 21-27.

-Rattan R.K., Datta S.P., Chhonkar P.K., Suribabu K., Singh A.K. (2005), Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater—a case study. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109, 310–322.

-Solis C., Andrade E., Mireles A., Reyes-Solis I.E., Garcia-Calderon N., Lagunas-Solar M.C., Pina C.U. et Flocchini R.G., (2005), Distribution of heavy metals in plants cultivated with wastewater irrigated soils during different periods of time. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 241, 351–355.

-BOUILLON C, ANTOINE B, BRIKCO J et GERONNEZ A, 2012. Guide pratique à l'usage des communes et relatif à l'assainissement des eaux usées. Ed. union des villes et communes de Wallonie, p-p : 19-95.

-BOUTIN C, HEDUIT A et HELMER J M, 2009. Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées Ed. ONEMA – Direction de l'Action Scientifique et Technique. Paris , p-p : 9-100.

-BOUTIN C, HEDUIT A et MICHEL H, 2009. Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUE) rapport finale . Convention de partenariat ONEMA-Cemagref. 100 P.

-El ALAOUI .R,TAOUSSI. I,(2013) : L'impact du Chrome VI sur le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech.

-BENMOUSSA .S,GASMI I,2015 Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara).

-ANRH., Rapport de fine d'étude d'Agence National des Ressources Hydrique, Touggourt (2005).

-BENKRIMA. A.,DJAFOUR .A,2013 Impact des eaux usées épurées sur la fertilité Phospho-Azotée des sols à Ouargla.

-Yazid B. (2014). Évaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « *Allium cepa* ». Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, 158p.

- **MEZIANI H., DRIDI M. et KALLA., 2012.** La réutilisation des eaux usées dans la région de Souf-Sahara Algérien, Canadian Journal of Technology and Scientific Management, Vol. 1, Issue 1. Pp.106.

- **O.N.S., 2008** (Office National des Statistiques), Evolution des agglomérations 1998-2013, Collections statistiques.

- **MILOUDI A., 2008.** Mécanismes et remèdes de phénomène de la remontée des eaux dans la région d'Oued Souf, L'impact sur l'environnement de la région, mémoire Magistère Hydrolique. Univ Kasdi Merbah. Ouargla. 116p.

- **HAMZI F.; REGUIBI S., 2010** :*Caractéristiques physico-chimiques et niveau trophique d'un plan d'eau saumâtre du lac Ayata (Sidi Amrane). Mémoire d'ingénieur d'état en Aquaculture, Université Kasdi Merbah Ouargla, 1-12 p.*
- **CLEMENT.M, 2003**:Analyse chimique des sols, méthodes choisies. Ed. TEC, Paris
- **Dreux P., 1980**:Précis d'écologie. Ed. Presseuniversitaire de France, Paris,
- حليس يوسف 2007 . الموسوعة النباتية لمنطقة سوف . إنتاج الوليد للطباعة . الوادي . 252 ص 52
- **DAOUDI S.; SADALLAH A., 2012** :L'effet de la pollution par les engrais (Fumier organique) sur la santé humaine dans la région d'El Oued. Mémoire d'ingénieur d'Etat, Université Kasdi Merbah Ouargla, 17-18 p.
- **VOISIN P., 2004** : Le Souf. Ed. El-Walide, El-Oued, 190 p.
- **OZENDA P., 2004** : Flore du Sahara. Ed. Centre Nati. de Rech. Sci. (C.N.R.S.),
- **Raven, Berg, Et Hassenzahl 2009** : ENVIRONNEMENT.
- **DUBIEF J., 1964**: Le climat de sahara. Alger.Mémoire. h.s Tome II, 298p.
- **DAJOZ R., 1982** : Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris,503 p.
- **NADJAH A., 1971** :Le Souf des oasis. Ed. maison livres, Alger.
- **RAMADE F., 2003** : Eléments d'écologie-écologie fondamental. Ed. Dunod. Paris, 690p.
- **DAJOZ R., 1971**: Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- **STEWART P., 1969** : Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. Bull. Doc. hist. natu. agro.,
- **KACHOU T., 2006**:Contribution à l'étude de la situation de l'arboriculture fruitières dans la région du Souf, Mémoire Ing. Agro. ITAS.
- **BEGGAS Y., 1992** : Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthopterologiques dans la région d'El oued – régime alimentaire d'Ochilidia tibilis, Mémoire Ing. Agro. Insti. nati. Agro.

- **MOSBAHI L. et NAAM A., 1995** : Contribution à l'étude de la faune de la palmeraie du Souf et synthèse des travaux faunistiques effectués au Sud algérien. Mémoire Ing. agro., Inst. nati. form. sup. agro. sah.
- **ALIA Z. et FERDJANI B., 2008** : Inventaire de l'entomofaune dans la région d'Oued Souf (cas de deux stations Dabadibe et Ghamra). Mém. Ing. Univ. Ouargla. 160 p.
- **ALLAL M., 2008** : Régime trophique de la Pie grièche grise *Lanius excubitor elegans* Swainson, 1831 dans la palmeraie de Debila (Souf) et L'ex-I.T.A.S (Ouargla). Mém. Ing. agro. saha. Univ. KASDI Merbah. Ouargla. 122 p.
- **CHERADID Z., 2008** : Inventaire des orthoptéroïdes dans la région de Djamaa. Mém. Ing. agro. saha. Ouargla. 122 p.
- **ZERIG H., 2008** : Inventaire de l'arthropode associé aux cultures maraichères dans deux stations d'étude dans la région de Souf, Mémoire Ing. Agro. Univ.
- **KHECHEKHOUCHE E. et MOSTEFAOUI O., 2008** : Ecologie trophique de *Fennecus zerda* (Zimmermann, 1780) dans les régions sahariennes cas de la région du souf et la cuvette d'Ouargla, Mémoire Ing. Agro., Univ. KASDI Merbah. Ouargla, 173 p.
- **GORI O., 2009** : Contribution à l'étude du régime alimentaire du Fennec *Fennecus zerda* (Zimmermann, 1780) dans la région du Souf. Mémoire Ing. Agro., Univ. Ouargla, 137 p.
- **Le Berre. M., 1990**: Guépard. In: Le Berre M, editor. Faune du Sahara - 2 - Mammifères. Paris: Lechevalier Chabaud; p 360p
- **MOUANE .A., 2010**: Contribution à la connaissance des Amphibiens et des Reptiles de la région de l'erg Oriental (Souf, Taibet et Touggourt). Mém. Magistère en Écologie Animale, Univ. Biskra.
- **KOWALSKI K. et RZEBIK-KOWALSKA., 1991**: Mammals of Algeria. Ed Ossolineum, Wroklaw, 353 p.
- **ISENMANN P. et MOALI A., 2000**: Oiseaux d'Algérie. Ed. Buffon, Paris. 336p.
- **BOUGHAZALA H. B., 2009** : Place des espèces nuisibles dans le régime alimentaire du Hibou grand-duc ascalaphe *Bubo ascalaphus* (SAVIGNY, 1809) dans la région du Souf. Mémoire Ing. Agro., Univ. KASDI Merbah. Ouargla, 156 p.
- **JOURNAL OFFICIEL ALGERIEN., 2012**: Journal officiel N° 41 de la république algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtés, décisions, avis, communications et annonces (traduction française). Dimanche 25 Chaàbane 1433 Correspondant au 15 juillet 2012. 27p.

- **U.S. Environmental Protection Agency "USEPA" (2004)**, Guidelines for Water Reuse. p 478.
- **Référence Electronique** : WWW.Google earth 2017.com.
- **Ferdjani, 2013**: Faisabilité de système de lagunage dans le traitement des eaux usées dans vallée d'el-oued .

ANNEXES

(Annexe n° 01): Recommandations microbiologiques de l'OMS pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation (OMS, 2006)

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

^aDans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.

^bEspèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.

^cPendant la période d'irrigation.

^dUne directive plus stricte (≤200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

^eDans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

Annexen° 2 :Recommandations de l'USEPA concernant la réutilisation des eaux usées (USEPA, 2004)

Type of use	Reclaimed Water Quality	Treatment
Urban uses, crops eaten raw, Recreational impoundments	<ul style="list-style-type: none"> • pH = 6 - 9 • ≤ 10 mg/L BOD • \leq NTU^a • No detectable fecal coli/100mL^b • ≥ 1 mg/L Cl₂ residual^c 	<ul style="list-style-type: none"> • Secondary • Filtration • Disinfection
Restricted access area irrigation, processed food crops, nonfood crops, aesthetic impoundments, construction uses, industrial cooling, environmental reuse	<ul style="list-style-type: none"> • pH = 6 - 9 • ≤ 30 mg/L BOD • ≤ 30 mg/L TSS • ≤ 200 fecal coli/100 mL^c • ≥ 1 mg/L Cl₂ residual^c 	<ul style="list-style-type: none"> • Secondary • Disinfection
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by spreading	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific and use dependent 	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific and use dependent • Primary (minimum)
Groundwater recharge of nonpotable aquifers by injection	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific and use dependent 	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific and use dependent • Secondary (minimum)
Groundwater recharge of potable aquifers by spreading	<ul style="list-style-type: none"> • Site specific • Meet drinking water standards after percolation through vasode/one 	<ul style="list-style-type: none"> • Secondary • Disinfection • May Also need filtration & advanced wastewater
Groundwater recharge of potable aquifers by injection, augmentation of surfacesupplies	Includes Following : <ul style="list-style-type: none"> • pH = 6.5 - 8.5 • ≤ 2 NTU^a • No detectable fecal coli/100mL^c • ≥ 1 mg/L Cl₂ residual^c • ≤ 3 mg/L TOC • ≤ 0.2mg/L TOX • Meet drinking water standards 	<ul style="list-style-type: none"> • Secondary • Filtration • Disinfection • Advanced wastewater

^aShould be met prior to disinfection, Average based on a 24-hour time period. Turbidity should not exceed 5 NTU at any time.

^b Based on 7-day median value. Should not exceed 14 fecal coli/100ml. in any sample .

^c After a minimum contact time of 30 minutes.

^d Recirculating cooling towers

^e Based on 7-day median value. Should not exceed 800 fecal coli/100mL. in any sample

Source : Adapted from U.S. Environmental Protection Agency [2004]



Annexe n°4 : Balance électrique (TP-303)



Annexe n° 03 : Zone expérimentation



Annexe n°5: Met le électrode dans le bêcher



Annexe n °6 : spécrade



Annexe n°08: Tamis des granulométrique



Annexe 09: l'étuve

Annexe n°09: Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (Aubert, 1978).

C.E (ds/m) à 25°C	Degré de salinité
$0.6 < C.E < 2$ $2 < C.E < 2.4$ $2.4 < C.E < 6$ $C.E > 6$	Sol non salé Sol peu salé Sol salé Sol très salé Sol extrêmement salé

Annexe n°10: Taux CE dans les échantillon

L'échantillon	CE ds /m
P ₂ EF	4.22
P ₂ ET MO	5.17
P ₂ EF MO	4.11
S T	0.12
P ₁ ET	4.22

Annexe.11. Echelle de pH de l'extrait 1/5 (SOLTNER, 1989)

pH 1/5	Classes
5 à 5.5	Très
5.4 à 5.9	acide
6 à 6.5	légèrement acide
6.6 à 7.2	Neutre
7.3 à 8	alcalin
> 8	Très alcalin

Annexe: n°12: Taux PH des sols dans les échantillons

L'échantillon	PH
P ₂ EF	7.64
P ₂ ET MO	8.33
P ₂ EF MO	7.7.
S T	7.4
P ₁ ET	8.10

(Annexen°13) :Analyses tenure en eau

P₂ EF						
PT	PhT	PS	PSh	PSS	TN	TN %
94.09	294.04	280.17	199.95	186.08	13.87	7.453
P₂ ET MO						
155.65	12.45	306.03	156.81	150.38	6.42	4.783
P₂ EF MO						
74.56	215.54	205.07	140.98	130.51	10.47	8.022
S T						
78.02	270.14	267.96	192.12	189.94	2.18	1.147
P₁ ET						
70.14	211.83	206.40	83.69	136.26	2.43	1.269

(Annexe n° 14) :Analyses granulométrique

Poids de l'échantillon(g)	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	Poids refus cumulés (%)	Complément à 100	Tamisats %
P₂ EF						
700	2	1.47	1.47	0.21	99.79	100
	1	1.17	2.64	0.37	99.62	99.5
	0.4	8.92	11.56	1.65	98.34	98
	0.2	627.01	638.57	91.22	8.77	9
	0.1	52.99	691.56	98.79	1.20	1
	0.08	4.55	696.11	99.44	0.55	1
ST						
700	2	1.03	1.03	0.14	99.85	100
	1	1.51	2.54	0.36	99.6	99.5
	0.4	7.04	9.58	1.36	98.6	98
	0.2	659.13	668.71	95.53	4.47	4
	0.1	28.15	696.82	99.5	0.45	00
	0.08	1.64	698.5	99.78	0.21	00
p₂ ET MO						
700	2	4.45	4.45	0.63	99.36	99
	1	5.42	9.87	1.41	98.59	98
	0.4	20.49	30.36	4.33	95.66	95
	0.2	630.02	660.38	94.34	5.66	5
	0.1	35	695.38	99.34	0.66	1
	0.08	0.64	696.02	99.43	0.56	1
P₁ ET						
700	2	7.48	7.48	1.068	98.93	99
	1	5.58	13.06	1.86	98.14	98
	0.4	20.48	33.54	4.79	95.21	95
	0.2	583.33	616.87	88.12	11.88	12
	0.1	70.77	687.64	98.23	1.77	2
	0.08	5.23	692.87	98.98	1.02	1
P₂ EF MO						
700	2	0.21	0.21	0.03	99.97	100
	1	3.81	4.02	0.57	99.42	99
	0.4	17.78	21.8	3.11	96.88	97
	0.2	668.48	690.28	98.61	1.38	1.5
	0.1	0.44	690.72	98.67	1.31	1
	0.08	4.91	695.63	99.37	0.62	1

Tableau N°15: Taux NPK des sols dans les échantillons

Echantillon	P ₂ -EF	P ₂ -ET MO	P ₂ -EF MO	ST	P ₁ - ET
NH ₄ ⁺ Ppm	13.32	11.34	11.87	8.75	10.70
P2O5Ppm	44.59	61.39	61.82	36.81	53.86
K2OPpm	28.08	52.81	31.37	35.50	49.14

Tableau n°16 : Taux Matière Organique des sols dans les échantillons

L'échantillon	Carbone %
P ₂ EF	3.07
P ₂ ET MO	6.13
P ₂ EF MO	6.11
ST	1.92
P ₁ ET	4.34