

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département des Sciences Agronomiques



Mémoire fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Agronomiques

Spécialité: protection des ressources sol, eau et environnement

Présentée par:

ABBASSI Nadjah § MAHAMMEDI Asma

L'effet des eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol dans la région de Touggourt

Soutenu publiquement le : 30/06/2021

Devant le jury :

Président	M, DADDI BOUHOUNE. M	pr	Univ. K.M. Ouargla
Promoteur	M. SAGGAI.M.M	MCA	Univ. K.M. Ouargla
Co-promoteur	M. IDDER.A	MCA	Univ. K.M. Ouargla
Examineur	M ^{me} . LAMRANI.CH		Univ. K.M. Ouargla

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

Merci Allah (mon dieu) de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur << M.SEGGAI Mohamed Mounir >> pour ses orientations et ses conseils

judicieux et nous adressons également nos respectueux remerciements à notre co-promoteur Mr <<M. IDDER Abdelhak >> qui nous a fait

l'honneur de participer à l'évaluation de notre travail par leurs vastes connaissances et leur esprit critique constructif pour nous aider, par leurs commentaires et leurs discussions, à mieux comprendre certains problèmes rencontrés au cours de ce travail de recherche, et sans oublier toute l'équipe de la STEP de Touggourt .

Aussi à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

Enfin, nous espérons du fond de nos cœurs que tous ce petit monde trouve ici un mot de reconnaissance et chacun se reconnaisse en ce qui le concerne. Nous espérons aussi que l'effort fourni dans le présent travail réponde aux attentes des uns et des autres.

Mlle .ABBASSI Nadjah

Mlle .MAHAMMEDI Asma

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a
donné la vie, le symbole de tendresse, qui
s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma
réussite, à ma mère ...*

*A mon père, école de mon enfance, qui a
été mon ombre durant toutes les années
des études, et qui a veillé tout au long de
ma vie à m'encourager, à me donner l'aide
et à me protéger.*

Que dieu les gardes et les protège.

*A ma adorable sœur : Nada
mes frères : Yasser, Imad, Ghaïth
et Sid-Ali.*

A mes amies.

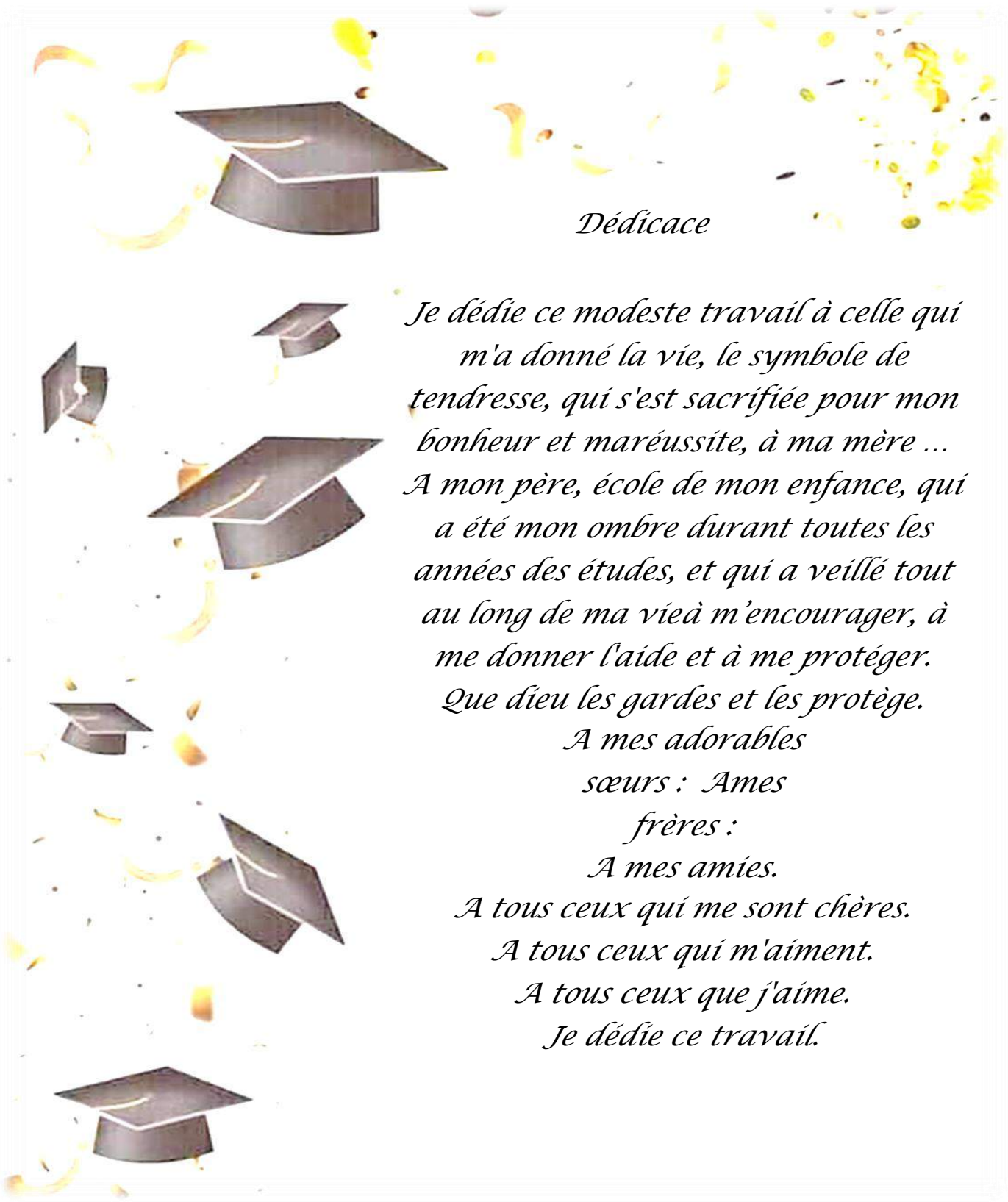
A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Je dédie ce travail.

MELLE Mahammedi Asma



Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à celle qui
m'a donné la vie, le symbole de
tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon
bonheur et ma réussite, à ma mère ...
A mon père, école de mon enfance, qui
a été mon ombre durant toutes les
années des études, et qui a veillé tout
au long de ma vie à m'encourager, à
me donner l'aide et à me protéger.
Que dieu les garde et les protège.*

A mes adorables

sœurs : Ames

frères :

A mes amies.

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Je dédie ce travail.

Liste des abréviations

ONA	Office nationale d'assainissement.
EUT	Les eaux usées traitées .
MRE	Ministère des Ressources en Eau.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).
IUSS	L'Union International de la Science du sol.
D.A.T	Direction de l'aménagement des terres
CaCO₃	Carbonate de calcium
pH	Le potentiel hydrogène
CE	La conductivité électrique
CEC	La capacité d'échange cationique
SAR	Sodium Adsorption Ratio
A.N.D.I	Agence nationale de développement de l'investissement
STEP	Station d'épuration des eaux usées
DBO₅	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
MES	Matières En Suspension
EH	Equivalent habitats
A.N.R.H	L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
O.N.M	Office National de Météorologie.
MO	Matière organique



Liste des figures:

	Titre	Page
01	Situation géographique de la ville de Touggourt	24
02	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Touggourt (2009-2018).	28
03	- Position de la région de Touggourt dans le climagramme d'EMBERGER (2009 –2018	30
04	Schéma général du procédé de boues activées appliqué à la STEP de Touggourt	33
05	Les différentes étapes de la méthodologie de travail	43
06	Variation des paramètres physico-chimiques du sol témoin	51
07	variation du pH dans les sols étudiés par le temps	52
08	Variation de la CE des sols étudiés par le temps	53
09	Variation de CaCO ₃ dans les sols étudiés	55
10	: variation de gypse dans les sols étudiés	56
11	variation de MO dan les sols étudiés	57
12	évaluation des bilan ionique dans le sol irrigué par EUT	58
13	évaluation du bilan ionique dans le sol irrigué par eau de forage	58
14	évaluation du bilan ionique dans le sol cultivé	59
15	évaluation des SAR dans les sols étudiés.	61



Liste des photos

	Titre	Page
Photos 01	photo de la station relevage	34
Photos 02	dérailleur mécanique	35
Photos 03	Dessablage-déshuilage	35
Photos 04	Bassin d aération.	36
Photos 05	Décanteur	37
Photos 06	Bassin de chloration.	37
Photos 07	vis d'Archimède	38
Photos 08	Epaississeur de boues.	38
Photos 09	lit de séchage	39
Photos 10	colorimètre pour mesurer la DCO	44
Photos 11	DBO mètre pour la détermination de DBO ₅	45
Photos 12	tamissage avec l'utilisation d'un vibreur	45
Photos 13	l'extrait de sol (1/5)	46
Photos 14	multi paramètre	47
Photos 15	Dosage de Calcaire totale	47
Photos 16	Spectrophotomètre à flamme	47
Photos 17	Four à moufle	



SOMMAIRE :

Titre	Page
Remerciements	A
Dédicace	B
Liste des abréviations	D
Liste des figures	E
Liste des photos	F
Sommaire	G
Introduction	1
Première Partie : Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Les eaux usées	
1 / Définition des eaux usées	5
1-1 Origine des eaux usées	5
1-1-1- Les eaux usées domestiques	5
1-1-2- Les eaux usées industrielles	5
1-1-3- Eaux de pluie	6
1-1-4- Eaux agricoles	6
1-2- Composition	6
1-3- Voies d'élimination des eaux usées épurées.	8
1-3-1- Rejet des eaux usées épurées dans le milieu naturel	8
1-3-2- Impacts de rejet des eaux usées épurées sur les milieux naturels	8
1-4- La réutilisation des eaux usées traitées	9
1-4-1- Modes de Réutilisation des eaux usées épuré	9
1-4-2- Les différents types de Réutilisation des eaux usées épurées	9

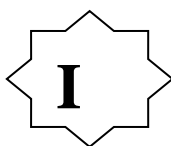


1-4-3-Impacts de la réutilisation des eaux usées épurées	11
1-5-Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie .	14
Situation actuelle des ressources en eau	14
La réutilisation des eaux usées traités en agriculture	15
Chapitre II : Généralité sur le sol	
2-1-Caractéristiques générales	17
2-1-1-Granulométrie du sol	17
2-1-1-La structure	17
2-1-3-matières organiques	17
2-1-4-Les sels peu solubles	18
2-2-Caractéristiques physico-chimiques	18
2-2-1-Le pH	18
2-2-2-La conductivité électrique	19
2-2-3-La capacité d'échange cationique (CEC)	19
2-2-4-Les sels solubles	19
PARTIE PRATIQUE	
Chapitre III: Matériel et méthode	
3-1-Présentation de la région d'étude	24

3-1-1-Localisation de la région de Touggourt	24
3-1-2-Climatologie	25
Température	25
Précipitation	26
Vent	27
Synthèse bioclimatique	27
Climagramme d'emberger	30
Géologie	30
Pédologie	31



Topographie	31
Hydrogéologie	31
2- localisation et historique de la STEP	32
3-Etapes des traitements	33
4-Equipement de la station	33
4-1-Station relevage	34
4-2- Dégrillage mécanique	34
4-3- Dessablage-déshuilage	35
4-4- Epuration biologiques	35
4-5- Décanteur secondaire	36
4—6 Bassin de chloration	37
4-7- Retour des boues	38
4-8- Epaisseur des boues	38
4-9- Lits de séchage des boues	39
Méthodes d'étude	40
3-1-Approche méthodologique	41
Méthodes d'analyses des eaux	43
Méthodes d'analyses des sol	44
analyse des eaux	46
analyse des sols	48
chapitre IV: résultats et discussion	
Résultats et discussion	50
Conclusion	63
Références bibliographiques	66
Annexes	74



Introduction

Introduction

Personne n'ignore que l'eau est un élément majeur pour toute la planète. Elle est une ressource vitale pour l'homme et essentiel pour tout genre de production. Elle doit être classée comme un patrimoine universel et donc protégée, défendue et traitée comme tel, alors sa rareté deviendra une préoccupation pour l'humanité.

Le volume d'eau utilisée dans le monde a progressé plus de deux fois plus que le taux de croissance de la population, et un nombre grandissant de régions atteint la limite au-delà de laquelle il n'est plus possible de fournir des services fiables d'approvisionnement en eau (pour différents usages) **(FAO, 2007)**. La croissance démographique et le développement économique exercent une pression sans précédent sur les ressources en eau, renouvelables mais limitées, notamment dans les régions arides **(FAO, 2007)**.

La réutilisation des eaux usées (REU) consiste en l'utilisation des eaux usées traitées dans un objectif de valorisation (usage bénéfique). Les projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUT) 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)**.

Pour une meilleure utilisation des eaux usées traitées, une des mesures prises consiste à assurer un suivi périodique et régulier de l'utilisation de ces eaux. Un tel suivi est sanctionné par une évaluation de leur impact sur le sol et une recherche des solutions idoines pour résoudre les éventuels problèmes qui peuvent se poser.

La situation en Algérie se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente pour l'agriculture. En revanche, la production des eaux usées s'accroît, et leur réutilisation se présente alors comme une première réponse à cette situation de pénurie d'eau pour l'irrigation **(ZELLA, 1991 in GADDA, 2013)**.

Ces eaux procurent à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libèrent un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires. Elles constituent en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption **limitées (PAPAIACOVU, 2001 in GADDA, 2013)**.

Introduction

L'étude que nous présentons est une contribution à l'évaluation de l'impact de l'irrigation par les EUT au niveau du périmètre irrigué de la région Touggourt. L'objectif de travail est d'évaluer l'impact des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Première partie
Synthèse bibliographique

CHAPITRE I
Généralités Sur Les Eaux Usées

L'eau est le dissolvant universel, elle est utilisée et ensuite rejetée, contenant souvent des polluants en suspension, flottants et dissous. Suite à la croissance et l'expansion des secteurs industriels, l'assimilation de ces polluants par des processus naturels d'épuration dans les rivières et les lacs ne peut pas suffire pour éviter l'accroissement de la pollution.

La qualité de l'eau constitue donc aujourd'hui un enjeu Environnemental primordial
(RODRIGEZ- GARCIA., 2004 in FORTAS et GHDAIRI,2019).

I Définition des eaux usées :

Les eaux usées, ou les eaux résiduaires, constituent l'ensemble des déchets liquides provenant de l'activité humaine, industrielle et agricole. Les eaux usées sont généralement chargées de débris divers de matières minérales dissoutes et produits minéraux et organiques en suspension (THOMAS, 1995 in BOUKHRIIS, 2012; BOUZIANI 2000; DER HOEK, 2007). Au cours de ce chapitre, nous présenterons ; l'origine, les caractéristiques de la pollution ainsi que la composition moyenne d'une eau usée.

I-1 Origine Des Eaux Usées :

Les eaux usées proviennent essentiellement des activités humaines qui sont d'origine ; urbaines , industrielles ou agricoles ainsi que des eaux des précipitations.

I-1-1 Les eaux usées urbaines ou domestiques :

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout- à-l'égout» (BAUMONT et al, 2004).

I-1-2- Les eaux usées industrielles :

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à une autre. Elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques, selon leur origine industrielle soit par les rejets des usines ou les rejets d'activités artisanales et commerciales comme blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc. Selon BAUMONT et al., (2004) elles peuvent également contenir des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage); des hydrocarbures (raffineries); des métaux (traitements de

surface, métallurgie) des acides, des bases et divers produits chimiques industries chimiques divers, tanneries); de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques); des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs). Tous les rejets résultant d'une utilisation industrielle doivent faire l'objet d'un traitement avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

I-1-3- Les eaux pluviales :

Les eaux de ruissellement des zones urbaines sont généralement transportées par des réseaux d'égouts pluviaux distincts ou par des réseaux d'égouts unitaires. Le volume des eaux de ruissellement varie en fonction de l'imperméabilité du sol. Dans une zone urbaine, de 30 à 50 % des eaux de pluie peuvent s'écouler en surface avant d'atteindre un réseau d'égouts séparatifs ou unitaires (**BLIEFERT, 2010 IN MIMECHE L,2014**).

I-1-4- Les eaux usées agricoles :

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphatés, sous une forme ionique ou en quantité telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. (**METAHRI, 2012**).

I-2-Composition des eaux usées:

Les composés que l'on retrouve dans les eaux usées sont très nombreux et variés en fonction de leur origine (industrielle, domestique, agricole). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous formes solides ou dissoutes, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, les substances contenues dans les eaux usées peuvent être classées en quatre groupes:

A). Les microorganismes:

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. La microflore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes ; les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (**HARZALLAH,2011**)

B).Matières en suspension et matière organique

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. Elles peuvent être d'origine minérale (sables, limons, argiles, ...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques ou fulviques par exemple). A ces composés s'ajoutent les micro-organismes, tels que bactéries, planctons, algues et virus (**DEGREMONT, 2005**).

Les matières colloïdales (moins de 1 micron) sont des MES de même origine que les précédentes, mais de plus petite taille, dont la décantation est excessivement lente. Elles sont génératrices de turbidité et de couleur (**DEGREMONT, 2005**).

C) Substances nutritives

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation. D'après **FABY ET BRISSAUD(1997)**, une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare :

- de 16 à 62 kg d'azote.
- de 2 à 69 kg de potassium.
- de 4 à 24 kg de phosphore.
- de 18 à 208 kg de calcium.
- de 9 à 100 kg de magnésium.
- de 27 à 182 kg de sodium.

D) Éléments traces (micropolluants)

Le terme micropolluant désigne un ensemble de substances qui en raison de leur toxicité,

de leur persistance et de leur bioaccumulation sont de nature à engendrer des nuisances, même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités (**LARKEM et BACEL, 2005 In FORTAS et GHDAIRI 2019**).

Les principaux micropolluants sont :

- Certains métaux lourds et métalloïdes (Cd, Pb, Cr, Cu ...Hg).

- Composés phénoliques, organohalogéniques, organophosphorés et hydrocarbures aromatiques polycycliques (**MIZI, 2006**).

I-3-Voies d'élimination des eaux usées épurées:

Les eaux Après leur épuration, les eaux usées épurées gagnent une des deux des tinations: soit elles vont être rejetées dans le milieu naturel ou bien elles vont être réutilisées dans différents domaines (agricole, industriel, municipal...etc.).(**FORTAS, GHDAIRI 2019**)

I-3-1. Rejet des eaux usées épurées dans le milieu naturel:

Dans le cas de rejet, les eaux usées épurées sont déversées dans le milieu naturel (cours d'eau, plans d'eau, chotts et sebkhas...etc.).

En Algérie les eaux usées épurées sont rejetées soit au niveau de la mer, les chotts et les sebkhas ou les barrages par le biais des cours d'eau (**annexe 01,02**). il doit prendre en compte des aspects techniques (choix des procédés, des infrastructures et des équipements existants), réglementaires locaux (normes), sociaux (spécificités culturelles, acceptabilité) et économiques (sources de financement des équipements et de l'exploitation). Aussi, le type de système d'irrigation, les caractéristiques du sol et le type de culture à irriguer, en vue de garantir une ressource alternative, à un coût économiquement acceptable et sans risques pour la santé publique et l'environnement (**www.snaasco.com, 2012. www.inbo news.org, 2012**).

I -3-2-Impacts de rejet des eaux usées épurées sur les milieux naturels :

A) Impacts positives :

Le rejet des eaux usées épurées peut avoir des impacts positifs que nous citons, entre autres :

- l'alimentation des zones humides;

- le soutien d'étiage des cours d'eau (**BRL, 2011**).
- la création de zones humides surtout en régions arides et semi-arides.

B) Impacts négatifs:

Les rejets des eaux usées même épurées dans certains milieux sensibles peuvent causer des problèmes environnementaux graves, parmi lesquels, nous citons :

- l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques causée par l'excès de l'azote et du phosphore.
- l'augmentation de la turbidité des eaux réceptrices (**ADLER, 2005**).
- la contamination des zones destinées à la baignade par des microorganismes pathogènes ou par des substances chimiques (**IFREMER, 2002 in FORTAS GHDAIRI,2019**).
- la pollution des sols par l'accumulation des éléments traces métalliques à long terme.
- la salinisation ou la sodisation des sols si l'eau usée épurée rejetée est salée ou présente un pouvoir alcalinisant élevé.
- la génération des certaines nuisances si les sols récepteurs présentent un pouvoir faible à épurer les matières organiques.

I -4-La réutilisation des eaux usées traitées :

La réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques. C'est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Elle est adoptée de plus en plus par son avantage majeur d'assurer une ressource alternative à moindre coût permettant de limiter les pénuries d'eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau (**FORTAS ET GHDAIRI,2019**)

I -4-1-Modes de Réutilisation des eaux usées épurés :

La réutilisation des eaux usées est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisation. Il existe des milliers de projets utilisant des eaux usées, mais dans la plupart des cas, les eaux usées sont utilisées à l'état brut ou après un traitement minimal, et pratiquement aucune mesure n'est prise pour protéger la santé (**MARA et CAIRNCROSS, 1989**).

I -4-2-Les différents types de Réutilisation des eaux usées épurées:

a) Usage agricole :

La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concernent des utilisations agricoles, la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles. (LAZAROVA V et BRISSAUD F., 2007).

b) Usage industrielle :

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique dans le monde. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau (OMS, 1989).

Les plus grands secteurs consommateurs de l'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 (USEPA, 2004 in GADDA N, 2013).

c) Usage urbain et périurbain :

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).

d) Usage en aquaculture :

Une production de poissons à grande échelle avec des EUT est également réalisée aux Etats Unis. La plupart des étangs de loisirs qui utilisent les EUT aux Etats Unis permettent généralement la pêche. Quand des poissons sont pêchés dans ces étangs et sont destinés à la consommation humaine, la qualité du traitement des eaux doit être minutieusement évaluée (qualité chimique et microbiologique) afin d'éviter la bioaccumulation de contaminants toxiques à travers la chaîne alimentaire. Ainsi, les recommandations de l'OMS (1989) exigent un nombre de coliformes totaux de 103 germes/100mL et l'absence d'œufs de nématode.

e) La recharge de la nappe

Selon l'agence Française de développement (2011), la principale motivation concernant la recharge de la nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau. Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer. On poursuit plusieurs objectifs à savoir :

- ↳ La restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable.
- ↳ La protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée.
- ↳ Le stockage des eaux pour une utilisation différée.
- ↳ L'amélioration du niveau de traitement de l'eau, utilisant de la sorte le pouvoir autoépuration du sol.
- ↳ La protection de l'environnement en évitant de rejeter les effluents dans un cours d'eau ou en mer.
- ↳ La réutilisation des eaux usées en agriculture présente un intérêt certain, des risques de réutilisation ainsi que des impacts positifs notamment négatifs sur les sols et les cultures (**annexe 03, 04,05**).

I -4-3-Impacts de la réutilisation des eaux usées épurées :

A) Avantages environnementaux :

Du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus sûre et la plus réaliste (**FAO, 2003**).

De même, pour l'**OMS (1989)**, qui juge que du point de vue de la protection de l'environnement, la réutilisation des eaux usées est souvent la meilleure méthode d'évacuation. Également, selon la **FAO (2003)**, lorsque l'eau usée est utilisée correctement à des fins agricoles, plutôt que toute autre utilisation, l'environnement peut être amélioré. Voici quelques avantages environnementaux :

- ↳ La suppression de rejet en eaux de surface, prévient l'éventualité de situations esthétiques désagréables, de conditions anaérobies dans les cours d'eau et l'eutrophisation des lacs et réservoirs.
- ↳ La sauvegarde des ressources en eaux souterraines dans les zones de surexploitation de ces ressources par l'agriculture. Cette surexploitation pose le problème de l'épuisement et de l'intrusion du biseau salin .
- ↳ La possibilité de conservation des sols et de leur amélioration par apport d'humus sur les terres agricoles et de prévention de l'érosion (FAO, 2003) .

B) Impacts négatifs et risques de la réutilisation des eaux usées épurées

B-1) Risques sanitaires :

Le lien entre eaux usées et risques sanitaires est essentiel. Il porte sur les contaminations que peuvent engendrer, soit le contact direct avec des eaux usées, soit l'ingestion de produits alimentaires ayant été en contact avec des EU ; ces risques de contamination sont d'ordre microbiologique ou chimique (BRL, 2011).

Du point de vue microbiologie, des maladies peuvent être causées par les bactéries pathogènes, les virus, les protozoaires ou par les helminthes contenus dans les eaux usées épurées (OMS, 1989).

D'autre part, l'irrigation à partir des eaux usées épurées, peut apporter des éléments toxiques à la plante, tels que le plomb, le mercure, le cadmium, le brome, le fluor, l'aluminium, le nickel, le chrome, le sélénium et l'étain (BELAID, 2010).

Ces substances toxiques peuvent, à travers les produits irrigués avec des eaux usées, entrer dans la chaîne alimentaire. Cependant, le risque est extrêmement petit lors d'un usage des eaux usées domestiques (BENABDALLAH et NABEURT, 2003).

B-2) Risque environnemental :

Il réside dans la dégradation de la qualité des sols, des eaux souterraines et de surface, Les sols ayant une perméabilité interstitielle (gravier, sable) permettent une bonne épuration à l'inverse des sols fissurés (calcaire, dolomies, granit, etc.). Les nappes libres sont les plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection

naturelle vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes. La réutilisation des eaux usées épurées peut donc être remise en cause dans des zones qu'accumulent ces facteurs de risque (**LAZAROVA et BRISSAUD, 2007**).

✓ **Effets sur les eaux souterraines :**

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible (**FAO, 2003**).

✓ Effets sur les eaux de surface :

La concentration élevée en N et P dans l'eau usée est d'un intérêt particulier lorsque l'eau usée épurée est mélangée dans un barrage, car ces éléments peuvent créer des conditions favorables à l'eutrophisation. Dans de telles conditions, l'apparition d'algues vertes est très fréquente et il est difficile de remédier aux problèmes y associés (**FAO, 2003**).

✓ Effets sur les cultures :

Au delà de l'effet global de certains constituants de l'eau usée épurée sur les cultures irriguées comme la salinité, l'eau usée épurée peut potentiellement créer une toxicité due à une concentration élevée de certains éléments comme le bore et quelques métaux lourds (**FAO, 2003**).

✓ Effet sur le sol :

↳ La salinisation du sol :

La salinisation du sol par une eau d'irrigation est une caractéristique physico-chimique produite 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, 2010**).

↳ 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 adsorbable (SAR) (**LEONE et al, 2007 in Fortas et Ghdaïri 2013**).

↳ 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, 2010**).

↳ Nature de sol :

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.

Les sols à texture argileuse sont imperméables ou moyennement perméables et sont les plus vulnérables à la salinisation (**MIYAMOTO et CHACON, 2006 in FORTAS ET GHDAIRI 2019**).

↳ 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 on a 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 Sub surface (**MAPENDA et al, 2005 in**

BALAI, 2010).

I -5) Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie :

➤ **Situation actuelle des ressources en eau :**

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m³/an par habitant. Cette moyenne est très faible comparée à la moyenne mondiale qui est de 7,500 m³. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare (TAMRABET et al ., 2002 in FORTAS ET GHDAIRI 2019).

➤ **Situation actuelle de la réutilisation des eaux usées :**

La réutilisation des eaux usées traitées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages.

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale (MRE, 2012).

Le réseau national d'assainissement totalise un linéaire de 27000 kilomètres. Le taux de recouvrement est, hors population épars, de 85%. Le volume global d'eaux usées rejetées annuellement est évalué à près de 600 millions de m³, dont 550 pour les seules agglomérations du nord. Ce chiffre passerait à près de 1150 millions de m³ à l'horizon 2020 (MRE, 2012).

CHAPITRE II
GÉNÉRALITÉS SUR LE SOL

Chapitre II: Généralités sur le sol

II-1-Caractéristiques générales :

II-1-1-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.

L'Union International de la Science du sol (IUSS) a adopté l'échelle d'Atterberg qui classe les particules constituant la terre fine ($<2\mu$) . (DADI BOUHOUNE et HAMDI AISSA, 2008).(annexe06)

II-1-2-La structure :

Correspond au mode d'assemblage de ses particules. Lorsque celles-ci s'agglutinent en agrégats, elles sont à l'état floculé et la structure est grumeleuse. Lorsqu'elles demeurent indépendantes les unes des autres, la structure est dite particulaire. Texture et structure commandent la porosité totale, ou pourcentage d'espace vide par unité de volume du sol, et la circulation de l'eau de l'air et des gaz ; selon les cas, le sol sera bien aéré ou au contraire asphyxiant (BAISE, 2000).

II-1-3-Matière organique (Carbone organique)

Les débris végétaux de toute nature, feuilles, rameaux morts qui tombent sur le sol, constituent la source essentielle de la matière organique : dès leur arrivée au sol, ils sont plus ou moins rapidement décomposés par l'activité biologique.

La matière organique est ainsi peu à peu transformée et cela donne naissance, d'une part, à des éléments solubles ou gazeux comme l'ammoniac NH_3 l'acide nitreux HNO_2 , et le gaz carbonique CO_2 , et d'autre part à des complexes humiques (l'humus) qui se décomposeront, se

minéraliseront très lentement très progressivement

(CLEMENT et PIELTEIN ,2003. (annexe07)

II-1-4-Les sels peu solubles :

- **Le calcaire :**

De nombreux sols, notamment ceux qui sont développés en climat aride et semi-aride, renferment des quantités plus ou moins importantes de carbonate de calcium (CaCO_3). Ce carbonate de calcium, couramment appelé calcaire prend son origine soit : dans la roche-mère pédologique ou géologique ; dans l'apport par l'eau de ruissèlement et de percolation ; dans l'apport de l'eau. Un sol calcaire est un sol qui contient une partie ou sur la totalité du profil de CaCO_3 . Le calcaire étant présent soit dans les particules fines ($<2\text{mm}$), soit dans les cailloux (fraction grossière). Dans les sols le calcaire peut se présenter sous forme diffuse ou sous différentes forme d'accumulation à savoir pseudo-mycéliums, taches, amas friables, nodules, encroutements, croutes et dalles calcaires. Il forme ainsi les horizons calciques et péro calciques (BAISE, 2000). (annexe09)

- **Le gypse :**

Le gypse est un élément très fréquent dans les sols salins et dans les formations des régions arides et semi-arides, le gypse est soluble que le calcaire et le bicarbonate de calcium ; il donne ainsi des phénomènes de dissolution et de présentation analogues a ceux du calcaire, mais dans lesquels le gaz carbonique n'intervient pas. Il est souvent associé aux sels de magnésium et de sodium dans les efflorescences et les pseudomy- céliums des sols et de formation précitée. La présence de faibles quantités de gypse dans le sol ne gêne pas la majorité de des cultures.

Sa solubilité est non négligeable, sa densité est plus faible que celle des constituants minéraux habituels des sols (CLEMENT et PIELTAIN, 2003). (annexe08

II-2-les caractéristiques physico-chimiques :

II-2-1-PH :

Le pH du sol est une notion permettant de façon commode et précise de désigner la réaction du sol. Le pH est une expression logarithmique de l'acidité d'une solution. Il est mesuré par un pH mètre à électrode en verre, préalablement étalonnée à l'aide d'une solution tampon de pH connu sur des extraits aqueux au 1/5 de la solution du sol. Dans les zones arides, la gamme relative aux sols s'étend d'un pH légèrement inférieur à 7 à un pH d'environ 9. (BUCKMAN et al.,1965 in BACI.,1982 IN BOUKHALFA.A et KAFI.K ,2013) (annexe10) .

II-2-2-La conductivité électrique :

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 ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinisation (CLEMENT et PIELTAIN, 2003 in Gadda 2013.). (Annexe 11). En science du sol, la conductivité électrique (CE) est exprimée à une température de 25°C.

II-2-3-La capacité d'échange cationique (CEC) :

La capacité d'échange cationique (CEC) est la capacité à fixer de façon réversible les cations échangeables (Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+}) (BAISE ,2004 in FORTAS et GHDAIRI, 2019).

Les cations sont liés aux feuillets d'argile par des forces de nature électrostatique et possèdent la propriété d'être échangeables. Ces cations échangeables se fixent à la surface des feuillets et assurent la liaison entre eux. L'intensité de ces liaisons dépend de la valence de ces cations, qui est probablement le facteur déterminant dans la capacité d'échange ou de remplacement des cations plus élevé qui peuvent remplacer facilement les cations de valeurs plus faibles (CALVET ,2003 in FORTAS et GHDAIRI 2019). Par ordre de capacité de remplacement croissante, les ions se classent comme suit : $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{H}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}_2^+ < \text{Ca}_2^+ < \text{Al}_3^+$

D'après cette série, le lithium est le plus facile à remplacer alors que l'aluminium est le plus difficile (CALVET ,2003).

II-2-4-Les sels solubles :

✚La salinisation du sol :

La salinisation est le processus par lequel les sels solubles s'accumulent au niveau de la rhizosphère des sols (EILERS in YOUCFI., 2011). La salinisation peut être aussi définie comme étant un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin (USDA en ligne). La salinité est la présence de concentrations excessives de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (MASS et NIEMAN., 1978 in MOKAR et al ., 2010).

➤ 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. la salinisation peut aussi être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines (SAIS et al., 2006 in PITMAN M et al., 2002).

• 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).

• 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.

➤ **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**).

✚ **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**).

✚ **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 SAR donne des indications sur le degré d'alcalinisation du milieu. L'alcalinisation est basse si $SAR < 4$, faible si SAR est compris entre 4 et 8, moyenne si $4 < SAR < 8$, forte si SAR est entre 12 et 18 et très élevés si $SAR > 18$ (**SEVANT et al.1966 in BOUTELLI, 2012**).

✚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 (Echangeable Sodium Pourcentage) pour estimer le degré de saturation du complexe d'échange cationique (MICHEL et al., 2005 in BOUKHRIS., 2012).

Deuxième partie :
Pratique

Chapitre III:
Matériel et méthode

III-1-Présentation du site d'étude :

1. Localisation de la région de Touggourt :

Touggourt dépend administrativement de la wilaya d'Ouargla qui fut capitale de l'Oasis. Touggourt, historiquement capitale de l'Oued Righ, chef-lieu de commune et de daïra, la ville détient une indéniable vocation de pôle régionale et de centre de transit (Direction de l'Artisanat Touggourt, 1999).

1-2 - Positionnement géographique :

Géographiquement, Touggourt est située à 33° 16' de latitude Nord, 6° 04' de longitude Est et à 55 mètres d'altitude. Elle est à :

- 160 km de wilaya ;
- 160 km de Hassi Messaoud ;
- 220 km de Biskra ;
- 450 km de Constantine ;
- 620 km d'Alger (direction de l'artisanat Touggourt, 1999).



Figure N° 01 : Situation géographique de la ville de Touggourt (maps.google.fr)

1-2-Climatologie :

Les facteurs climatiques ont des actions multiples sur la physiologie et le comportement des animaux (DAJOZ, 1974 in NIBOUA 2018). En effet, le climat joue un rôle fondamental dans la distribution des êtres vivants sur le globe terrestre (FAURIE *et al.*, 2011).

↪ **Caractéristiques climatiques :**

➤ **Température**

Selon RAMADE (1984), la température est considérée comme le facteur limitant le plus important car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition géographique des animaux et des plantes, ainsi que sur la durée du cycle biologique des insectes en déterminant le nombre de générations par an.

Tableau01:-Températures mensuelles moyennes, maximales et minimales à Touggourt durant l'année2018et la dernière décennie (2009-2018)

Année	T(°C)	Mois											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2018	M	19,7	18,8	25,5	29,6	32,9	37,9	45,5	38,5	37,4	29,0	23,2	19,6
	m	5,6	6,6	11,1	14,8	18,9	23,6	29,5	25,8	23,0	16,3	9,9	5,3
	(M+m)/2	12,7	12,7	18,3	22,2	25,9	30,7	37,5	32,1	30,2	22,7	16,6	12,5
2009 à2018	M	18,5	19,8	24,2	29,2	33,7	38,6	42,4	40,9	36,3	30,5	23,5	18,8
	m	5,1	6,4	10,1	14,6	19,1	23,8	27,1	26,3	22,7	16,6	10,0	5,4
	(M+m)/2	11,8	13,1	17,2	21,9	26,4	31,2	34,8	33,6	29,5	23,6	16,8	12,1

M : Moyenne mensuelle des températures maximales.

m:Moyenne mensuelle des températures minimales.

(M+m)/2:Moyenne mensuelle des températures maximales et minimales.

Chapitre III.....Matériel et méthode

Les températures moyennes de la région de Touggourt en 2018 varient entre 12,5°C au mois de décembre et 37,5°C au mois de Juillet (Tab.1). Par ailleurs, le mois de Décembre est le plus froid avec une température moyenne mensuelle de 12,5 °C, alors que le mois de Juillet le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de 37,5 °C. Pour la période de dix ans (2009-2018), le mois le plus chaud est celui de Juillet avec une température moyenne de 34,8°C, par contre le mois le plus froid est celui de Janvier avec une moyenne de 11,8°C (**Tab. 1**)

➤ Précipitation :

La précipitation constitue un facteur écologique d'importance fondamentale du fait qu'elle influence la répartition et la multiplication de la flore et notamment la biologie de la faune (**MUTIN, 1977**). Ainsi, elle agit sur la vitesse du développement des animaux, sur leur longévité et sur leur fécondité (**DAJOZ, 1971 in NIBOUA 2018**). Par ailleurs, les zones arides se caractérisent par de faibles précipitations et un degré d'aridité d'autant plus élevé (**RAMADE, 2003**). Les valeurs des précipitations mensuelles de la région de Touggourt en 2018 sont représentées dans le **tableau 2**.

Tableau 2-Précipitations mensuelles moyennes en (mm) de la région de Touggourt Durant l'année 2018 et la dernière décennie (2009-2018).

Année	Mois												cumul
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2018	0,3	9,8	4,2	2,4	7,2	0	0	2,0	5,0	0,1	0,6	0	31,6
2009 à 2018	11,0	5,9	7,2	9,9	2,4	0,2	0	1,4	6,0	0,8	6,1	2,8	53,6

(O.N.M.Ouargla, 2019)

A Touggourt, il y a un déséquilibre dans la répartition des quantités d'eau tombées entre les mois de l'année 2018 et même durant la période de 2009 à 2018 (Tab. 2). En effet, le mois le plus pluvieux en 2018 est Février avec 9,8 mm. En revanche, la pluie est totalement absente en mois Juin, Juillet et décembre. Le cumul des précipitations enregistrées durant l'année 2018 est égal à 31,6 mm. Le cumul des précipitations des dix dernières années est de 53,6 mm (Tab. 2).

➤ Vent

Le vent constitue l'un des facteurs importants du climat (RAMADE, 1984). Dans les régions désertiques, dont la zone d'étude fait partie, le vent peut souffler toute l'année. Le vent a une action indirecte sur les êtres vivants et joue le rôle de facteur de mortalité vis à vis des oiseaux et des insectes (DAJOZ, 1982). Dans la région de Touggourt, les vents d'ouest sont relativement fréquents en hiver alors qu'au printemps, ils soufflent surtout du côté nord-est. Par contre, en été ils viennent notamment du sud-ouest (HAFOUDA, 2005). Les valeurs des vitesses des vent se enregistrées dans la région de Touggourt en 2018 sont représentées dans le tableau 3.

Tableau3–Vitesse du vent (m/s) dans la région de Touggourt durant l'année 2018 et la dernière décennie (2009-2018)

Année	Mois											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2018	8,1	9,7	12,5	9,7	11,8	9,8	11,3	10,9	9,7	9,6	8,3	7,1
2009 à 2018	8,6	8,8	10,2	10,5	10,3	9,6	9,2	9,2	8,2	7,9	8,1	7,2

(O.N.M.Ouargla, 2019)

Les données enregistrées durant l'année 2018, montrent que le vent atteint une vitesse maximale en Mars avec une valeur de 12,5 m/s, et le minimum est noté en décembre avec 7,1 m/s (Tab.3). Pour la période 2009 à 2018, les vents les plus fréquents et les plus violents au printemps avec des vitesses qui varient entre 10,2 à 10,5 m/s (Tab.3).

–Synthèse bioclimatique :

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres (DAJOZ, 1985). Il est par conséquent important d'étudier l'impact de la combinaison de ces facteurs sur le milieu. Pour caractériser le climat de la région de Touggourt, le diagramme

ombrothermique de(BAGNOULS et GAUSSEN,1953)et le climagramme pluviothermiques d'EMBERGER sont utilisés.

–Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est considéré biologiquement sec, lorsque le cumul des précipitations (P) exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température (T) exprimée en°C.($P < 2T$).Les diagramme sombrothermiques de la région de Touggourt de l'année 2018 ainsi que de la période (2009-2018) ont été établis à partir des données climatiques du tableau 1 et 2. Ces diagrammes ombrothermique montre l'existence d'une période sèche qui s'étale sur tous les mois (Fig. 2),car les courbes des précipitations sont toujours inférieures à ce des températures.

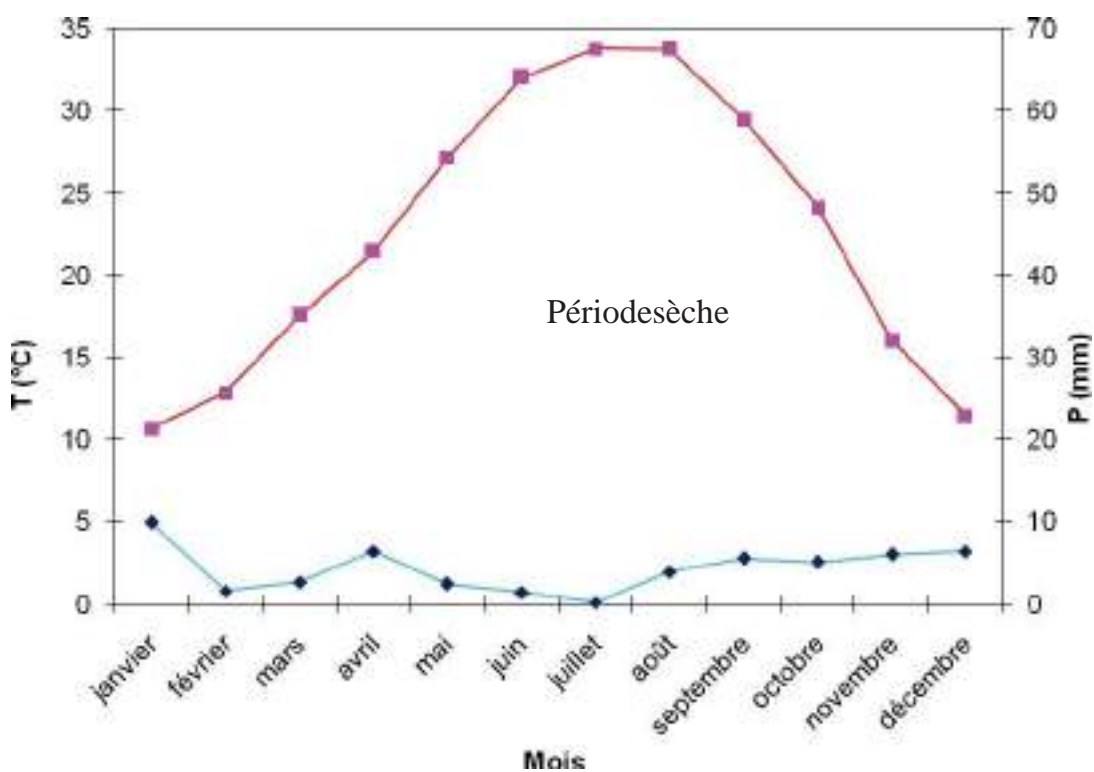


Figure N°02: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de Touggourt(2009-2018).

Climagramme d'Emberger :

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté, en abscisses par la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnée par le quotient pluviométrique (Q3). Le quotient pluviothermique de STEWART est présenté par la formule suivante :

$$Q3=3,43 \times P / (M-m)$$

Q3: Quotient pluviothermique;

P: Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm calculé pour les 10 ans (53,6mm).

M: Moyenne des températures maximal du mois le plus chaud (M =42,4 °C.)

m : Moyenne des températures minima du mois le plus froid (m =5,1 °C.).

Le quotient pluviométrique (Q3) de la région de Touggourt est calculé pour une période de dix ans (2009-2018) est égal à 4,9. En rapportant cette valeur sur le climagramme d'EMBERGER, accompagnée de la valeur de la température minimale (m =5,1 °C.) du mois le plus froid, on constate que la région de Touggourt appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Fig. 3).

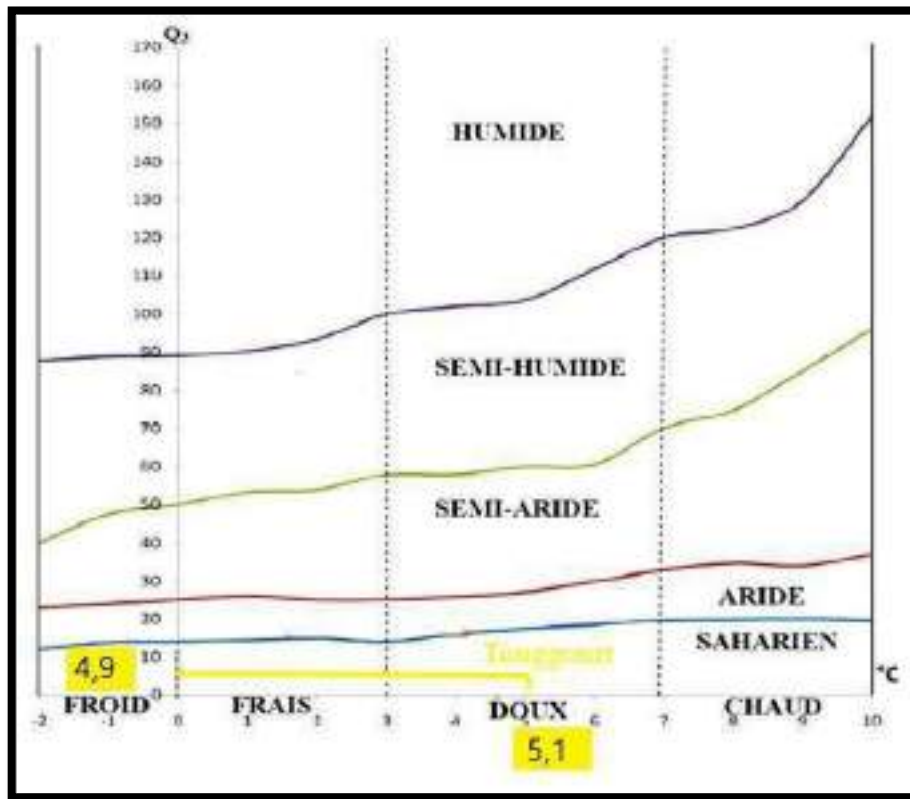


Figure. 3 - Position de la région de Touggourt dans le climagramme d'EMBERGER (2009/2018).

1-3-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 de bouchant 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-pliocenes et eocenes qui s'infiltrent progressivement vers le nord (**HELAL ET AL, 2004 in LABED et MEFTAH, 2007**).

1-4-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 meridionale de l'Atlas Saharien. Avec plus de 600km de diamètre, il couvre 720.000 km² de superficie et s'étendent des pieds de l'Aures 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 Labeled et Meftah, 2007**).

1-5-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 grégation. 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**).

1-6-Topographie :

Le lieu de résidence de l'agglomération de Touggourt présente une de pression par rapport à toute la région. Elle est caractérisée par une altitude moyenne de 60 à 80 m, et une déclivité de 0 à 2 %.(**S.T.E.P Touggourt, 2008**).

1-7- Hydrogéologie :

Les ressources en eau souterraines du Sahara septentrional sont contenues dans deux grands aquifères qui se tendent au de la 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 senomo-

éocène carbonate est d'âge de mio-pliocène sablo-argileux, et continental intercalaire d'âge du crétacé inférieur (A.N.R.H 2006 *in* Labed et Meftah, 2007).

1-8-Description Stratigraphique :

Les formations géologiques de la zone étudiée sont décrites du plus ancien au plus récent.

➤ **Quaternaire :**

Essentiellement sableux, à la base des couches d'argile et d'évaporites semi-perméable le séparant de la pliocène supérieure.

Cette formation quaternaire renferme une nappe phréatique très salée alimentée principalement par percolation des eaux en excès lors des périodes d'irrigation et en faible quantité par la précipitation.

➤ **Tertiaire :**

- **Miopliocène**

- Miopliocène supérieur: de formation sablo gréseuses; renferme la première nappe (C.T1).

- Miopliocène inférieur: sable de la deuxième nappe (C.T2).

- **Eocène inférieur**

Calcaire de la troisième nappe (C.T3) ces différents aquifères sont séparés par des niveaux imperméables à dominance argileuse.

➤ **Secondaire :**

- **.Sénonien**

Constitué de calcaires blancs et une alternance de calcaire, de marne et des couches de gypse.

- **Turonien**

Représenté par un dépôt marin, calcaire-marneux, l'épaisseur du turonien reste à peu près constante.

- **Cénomaniens**

Il est composé essentiellement de dépôts à dominante marneuse ou prédominance des couches d'anhydrite et parfois même du sel.

➤ **Albien :**

Se présente comme une série très épaisse formée d'une alternance de couches gréseuses avec des passées d'argiles schisteuses.

2. Localisation et historique de la STEP Touggourt :

La station d'épuration des eaux usées est située à Touggourt avec les coordonnées de Latitude : 33° 16' Nord et Longitude : 6° 04' Est. Plus exactement à Ben Yass Oued, dans la commune de Tebesbest, sur la route d'El-Oued elle s'étend sur une superficie de 5 Hectares.

Elle a été mise en service le 20/11/1991, puis elle est mise en arrêt en 1995 jusqu' à 2003 où des travaux de réhabilitations ont été effectués. La mise en service de nouveau est faite en 2004 jusqu' à ce jour. La STEP traite une partie des rejets des eaux usées déversées par la ville de Touggourt soit une capacité de 62 500 EH avec un débit moyen de 9 360 m³/j.(GHETTAS .N,2009).

L'exploitation et la gestionnaire par: Office National D'assainissement ONA:17/04/2005 jusqu'à ce jour.



FigureN°04: Positionnement de la station dans la commune de Tbesbest.

3-Etapes des traitements:

Le processus de traitement comporte les étapes suivantes:

- 1) Criblage grossier à l'aide de dérailleur à barreaux mécaniques.
- 2) Des canaux à sable aérés éliminent le sable et les graisses.
- 3) Le traitement biologique est accompli dans des bassins à aération mécanique.
- 4) Les boues activées de retour sont refoulées par des pompes à vis et criblées à travers des cribles à barreaux moyens.
- 5) Les eaux usées traitées destinées à l'irrigation seront désinfectées au chlore.

4-Equipement de la station :

Toutes les informations relatives à la station énumérées ci-dessous sont récoltées de GHETTAS. N, 2009

4-1-Station relevage:

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



Photo.1 : photo de la station relevage

4-2-Dégrillage mécanique :

Ce dégrillage prendra place dans un regard en tête de la station, après le poste de relevage. L'installation comporte:

- Dégrillage mécanique, grilles mécaniques constituées des barreaux de large espacement de 20 mm .
- Canaux de dessablage et déshuilage: avec portion d'extraction des sables, et Centrale de production d'air pour aération des sableurs.



Photo02 : dérailleur mécanique

4-3-Dessablage-déshuilage :

L'eaudégrillée passe dans les des sableurs –déshuileur aéré. L'aération du des sableur-déshuileur est assurée par 02 suppresseurs d'air. Le sable décanté est évacué par une pompe à sable submersible portée par un pont racleur qui fait le "va-et-vient", il est évacué dans un container en acier galvanisé.



Photo.3:Dessablage-déshuilage

4-3-Epuration biologiques

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

- Equipement par bassin: capacité totale 7 200 m³ ;
- 2 aérateurs de 45 KW - capacité d'aération 80 kg O₂/h.76. - Huile : 30 litres



Photo.4 : Bassin d aération.

4-5-Décanteur

Décanteur secondaire

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



Photo.5 : Décanteur

4-6-Bassin de chloration :

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

L'eau désinfectée est évacuée à partir d'un puisard vers conduite. Elle passe ensuite dans un regard avant d'être rejetée dans le canal de l'oued Righ.



Photo.6 : Bassin de chloration.

4-7-Retour des boues :

vis d'Archimède à débit unitaire de 500 l/s.

- Hauteur de relevage : 1.05 m .

- Vitesse d'entrée/sortie : 1500/50 T/min.



Photo.7: vis d'Archimède

4-8-Epaisseur de boues :

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



Photo.8 : Epaisseur de boues.

4-9-Lits de séchage des boues :

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



Photo.9 : lit de séchage.

Méthode d'étude

↳ Objectif d'étude :

A partir du moment, où les sels se déplacent avec l'eau la salinité du sol dépend directement des aménagements hydro-agricoles en particulier d'irrigation de drainage et du lessivage des éléments en sols (BOUHIHI, 1996 in BOUKHALFA et KAFI ,2013) .

L'objectif de cette étude est l'impact de l'irrigation par EUT sur les propriétés physico-chimique du sol une partie de ce sol est irriguée par les eaux de forage et l'autre partie est irriguée par EUT ... les étapes de notre étude expérimental consistent à suivre l'évolution de la salinité dans le sol homogène initialement nu (témoin) ayant jamais subi d'irrigation.

1. Choix et présentation des sites :

L'étude a été réalisée dans la région agricole située dans la ville de Touggourt à proximité de la STEP de Tebsbast où on a effectué notre recherche par exploitation directe des eaux usées traitées non stagnantes en irrigation, afin aussi d'évaluer ces eaux dans des conditions réelles d'expérimentale

2. Situation des sols étudiés :

- La situation géographique : La STEP de Touggourt.
- La saison d'étude : Hiver.
- La topographie : pente faible.
- L'aspect de la surface: sable dunaire.
- L'occupation du sol: sol nu.
- La végétation : sans végétation.

3. matériels utilisés sur le terrain :

- Sonde du profil pédologique (tarière).
- Sac en plastique.
- Etiquettes.

4. échantillons :

04 échantillons des sols différents par type d'eau utilisée dans une irrigation de trois (03)

mois successifs par l'eau traitée et l'eau de forage. La profondeur des prélèvements de sol est entre 0-40 cm .On a pris 4Kg de sol pour chaque échantillon.

02 échantillons prélevés d'un sol irrigué par eau usée traitée et 01 prélevé d'un sol irrigué par eau de forage ,01 prélève d'un sol témoin (sol non irrigué). On a stocké les échantillons dans des sachets en plastique.

Tableau 04 : données des pratiques réelles dans les stations d'études

Nature d'eau d'irrigation	Paramètres étudiés	Janvier	Février	Mars
Sol irriguée par EUT et eau de forage	Fréquences d'irrigation	02 Semaine	03 Semaine	04 Semaine
		06 Fois	09 Fois	12 Fois

Les différentes étapes de la méthodologie de travail sont schématisés comme suite (figure)

Prospection sur terrain

L'échantillonnage est effectué chaque mois au niveau des 03 points réservés pour l'étude au niveau de la STEP:
 sol non irrigué nu
 Sol nu irrigué (par EUT et Eau de forage)
 Sol cultivé
 Le prélèvement par tarière (0-40 cm)
 Les échantillons des sols nus irrigués sont prélevés des bacs en plastique du dispositif installé (Ø = 70 cm , H=40 cm)
 L'irrigation est appliquée avec une fréquence de 3 fois/ semaine et une dose de 3L

Travail sur terrain

Travail sur laboratoire

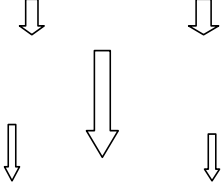
S'effectue par une tarière de 2 m sur la couche (0-40cm) de différentes types des sols choisies irrigué par EUT et irriguée par les eaux de forage et sol non irrigué et sol cultivé irrigué par EUT

SOL **Eau**

Echantillonnag

Analyse physico-chimique des l'eau et de sol

 PH
 CE
 Matière organique
 calcaire totale
 gypse
 granulométrie
 sels solubles



Analyse au laboratoire ↔

Réalisation des analyses de laboratoire

5. Techniques des analyses physico-chimiques de l'eau et de sol:

↳ **L'eau usée traitée:**

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

↳ **Le sol:**

Les analyses physico-chimiques du sol ont été effectuées au niveau de laboratoire de pédologie de CRASTRA.

5-1-Les méthodes utilisées pour l'eau :

Dosage de MES :

La méthode utilisée pour les MES de l'eau est la centrifugation (Rodieretal. 2005). L'eau est centrifugée à 1600 tr/mn pendant 10 à 15 mn la calot est recueilli, séché à 105°C et la isserre froidir ou des siccateur et pesé.



s utilisés pour l



Détermination de DCO:

La DCO c'est la mesure de degré de pollution dans les eaux usées.



a DCO



Détermin:

Il s'agit de la
une eau saturée er
statée à 20°C.(Ro

par un échantillon dilué avec
acé dans une enceinte thermo

Photo11 :DBO mètre pour la détermination de DBO₅



Pour les analyses des paramètres physico-chimiques ,on

utilise les mêmes méthodes que les analyses du sol.

5-2-Les méthodes utilisées pour le sol:

➤ La granulométrie :

Selon les fractions envisagées du sable, on a utilisé le tamisage par voie sèche avec l'utilisation d'un vibreur. On a pesé 100g du sol, après on le superposé dans une série de tamis (100, 500, 200, 100, 50microm). Ensuite, on fait couler les 5 tamis superposés durant 10min. Puis, on pèse le sol resté dans chaque tamis.



Photo12 : tamisage avec l'utilisation d'un vibreur

➤ analyses chimiques qui sont effectuées sur l'extrait (1/5) :

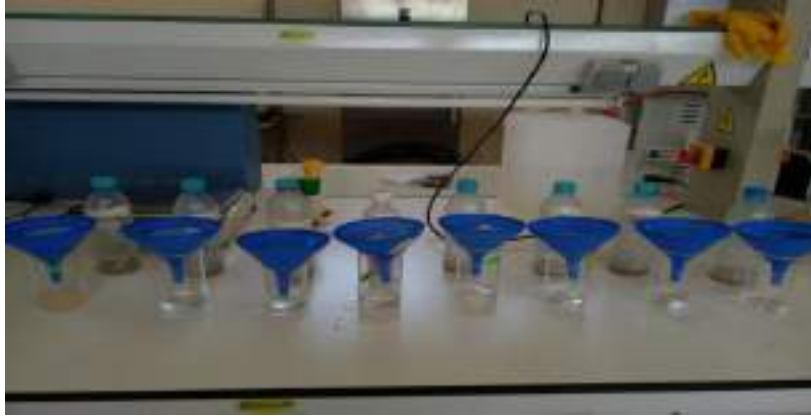


Photo13 : de l'extrait de sol (1/5)

➤ **La conductivité électrique :**

La conductivité électrique a été déterminée par 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.

➤ **Le pH :**

Le pH de l'extrait du rapport 1/5 est mesuré à l'aide d'un multi paramètre



Photo14 : multi paramètre

➤ Dosage des Anions solubles

- Cl⁻ déterminés par la méthode de MOHR basée sur la trituration de l'extrait de sol par AgNO₃ (0,1N) en présence de chromate de potassium jusqu'à l'apparition de couleur rouge (AUBERT, 1978).

- SO₄²⁻ il s'agit de la méthode gravimétrique, elle consiste à précipiter les ions SO₄²⁻ sous forme de sulfate de baryum ; en présence du chlorure concentré à 10%.

- Bicarbonate (HCO₃⁻) effectué par titrimétrie à H₂SO₄ (0,1) en présence des indicateurs (Phénolphthaléine et orange de méthyle). La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la couleur rosâtre.

➤ Dosage du calcaire total (CaCO₃) :

- Application de la méthode gazométrique par le calcimètre de Bernard

➤ Dosage du gypse (CaSO₄):

Par la méthode chimique (la méthode de gravimétrie), consiste à doser les ions SO₄²⁻ libérés après attaque au carbonate d'ammonium.



.Photo 15 : Dosage de Calcaire totale

➤ Dosage des cations solubles:

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



Photo16 : Spectrophotomètre à flamme

➤ **La teneur en matière organique :**



Photo 17 : four à moufle

Résultat et discussion

Résultats et discussion

1. Analyse des eaux :

Tableau05 : Paramètres physico-chimiques et biologiques

Date de Prélèvement	Lieu de Prélèvement	PH /	Salinité g/l	CE $\mu\text{s}/\text{cm}$	O2 dissous mg/l	T° C C°	DCO mgO2/l	DBO5 mgO2/l	ME S mg/l
11-01-2021	Entrée	7,37	3	5,29	1,20	22,3	114	110	157
	Sortie	6,98	2,8	4,54	5,66	17,6	19,9	6	11
08-02-2021	Entrée	7,28	3,4	6,55	0,15	27,5	190	120	278
	Sortie	5,57	2,1	6,20	4,25	21,6	25	05	15
21-02-2021	Entrée	7,28	3,3	6,49	0,12	21,6	238	90	354
	Sortie	7,60	3,1	6,18	4,55	22,1	54	06	22

1-1-Propriétés chimiques :

Tableau06 : Bilan ionique des analyses des eaux

	Les anions(meq/l)			Les cations(meq/l)		pH	SAR	T°	CE
	HCO3-	Cl-	SO ₄ ⁻²	Na ⁺⁺ k ⁺	Ca ⁺⁺				
Eau de forage	3,04	18,50	11,5	7,60	8,2	7,25	3,21	23	3,8
EUT	5	34	21,3	17,05	14	6	7,80	5,39	22,3

On remarque dans ce tableau que la valeur du pH dans les EUE (7,25) qui répond à la norme de rejets national algérienne (annexe 01) .

La valeur de la conductivité électrique dépasse les normes, avec une valeur de 6,20mS/cm.

La valeur de la salinité enregistré dans les EUE (3,1g/l) (tableau 05),qui est

répond à la norme Recommandations physico-chimiques pour la réutilisation

des eaux usées épurées en agriculture pour l'Algérie. (annexe 12)

Chapitre IV.....résultats et discussion

On remarque que les teneurs de Cl^- et SO_4^{2-} sont plus important dans les deux types d'eau et , les bicarbonates et le magnésium se trouvent en très faibles concentrations. Avec une concentration moyenne de sodium et calcium .

Selon les analyses de bilan ionique, le faciès géochimique de l'eau de forage et EUT est chloruré-sodique .(annexe 16)

1-2- Analyse du sol :

caractéristiques		Sol non irrigué	Sol irrigué par EUT	Sol irrigué par eau de forage	Sol cultivé
Gypse		63	48,34	46,41	48,17
Calcaire total(%)		4,54	3,97	3,12	3,43
pH		7,89	8,09	8	7,98
C.E(dS /m)		8,85	8,28	5,05	3,35
MO(%)		0,856	0,88	0,9	0,92
Granulométrie(%)	Sable grossier	7,7	10,75	12,27	2,38
	Sable moyen	11,8	10,28	8,54	14,47
	Sable fin	17,8	50,67	66,77	29,25
	Sable très fin	22,34	14,34	8,07	34,65
	Limon grossie	31,29	12,15	2,59	13,52
	Limon+argile	8,49	0,73	0,23	1,09
Bilan ionique					
	HCO_3^-	1,89	1,48	1,25	2,20
	Cl^-	35,02	39,51	14,95	38,41

Chapitre IV.....résultats et discussion

(meq/l)	SO ₄ ²⁻	14,10	17,32	15,27	17,77
	Na ⁺ + k ⁺	7,10	18,39	7,63	1,69
	Mg ⁺⁺	5,99	7,6	3,85	7,22
	Ca ²⁺	26,22	21,82	17,88	21,28
SAR		1,77	4,77	2,32	3,60

La granulométrie:

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 classe la plus abondante est le sable fin, avec une proportion très élevée dans les sols irrigués par les eaux usées traitées et celles irriguées, par les eaux de forage et sols cultivés (annexe 15).

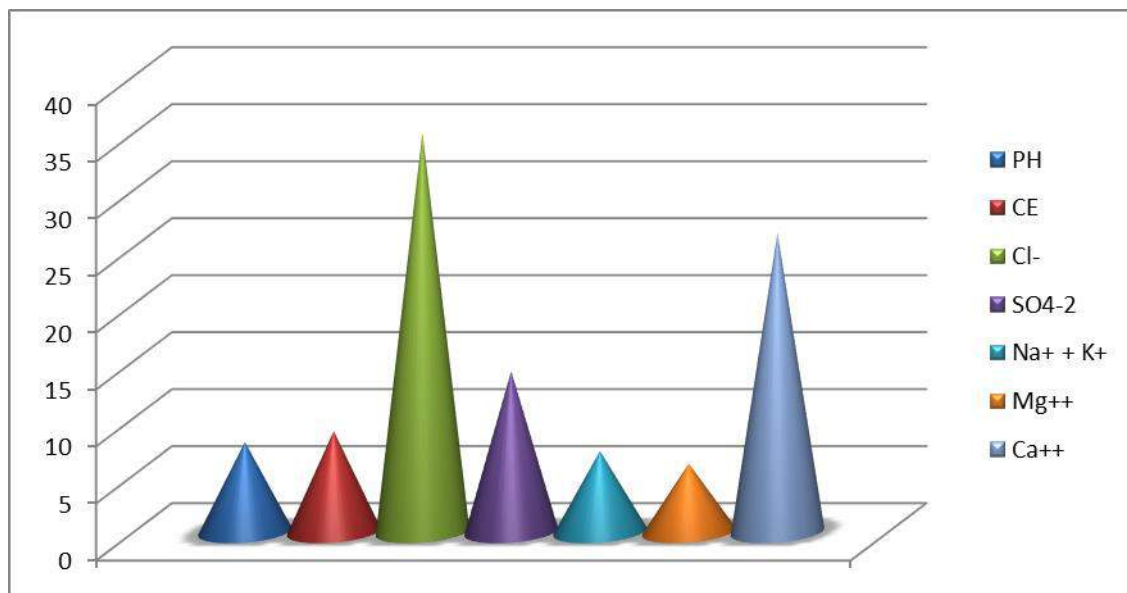


Figure 06: Variation des paramètres physico-chimiques du sol témoin

❖ pH :

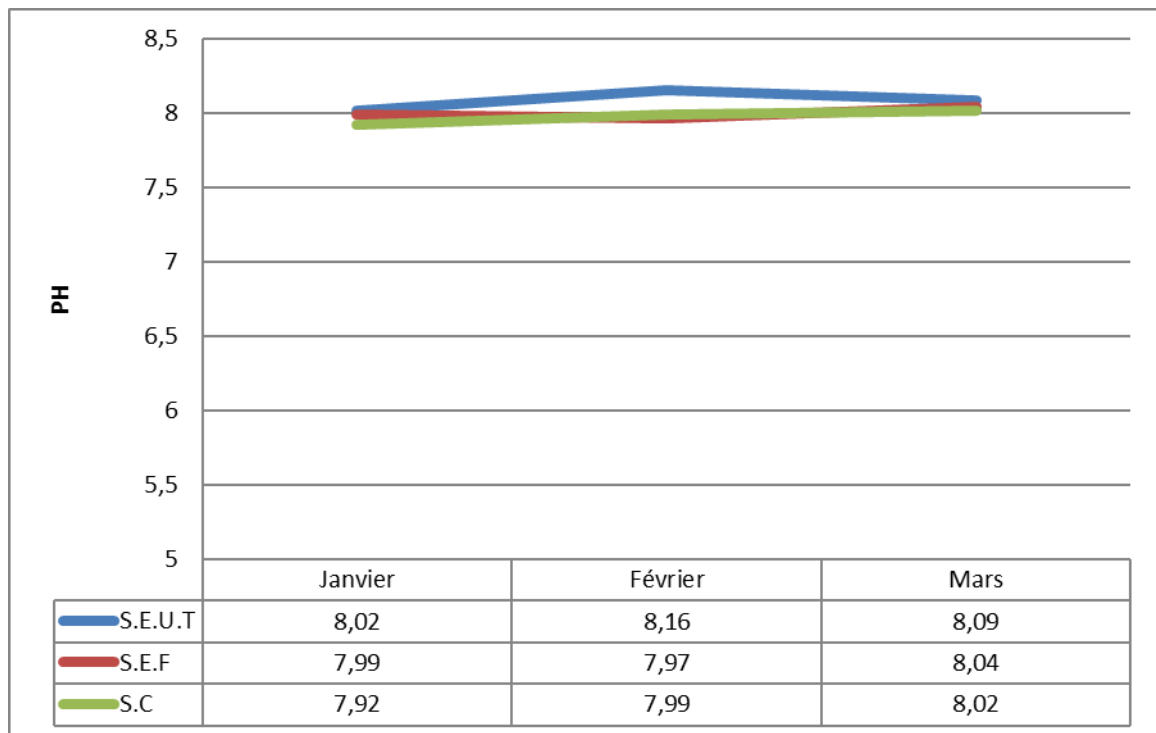


Figure07: variation du pH dans les sols étudiés par le temps

La figure ci-dessus, montre des valeurs dépassant la neutralité pour l'ensemble des traitements de l'essai avec une valeur maximale 8,16 enregistré dans le sol irrigués par EUT. Dans le sol irrigué par l'eau de forage, on remarque que le pH du sol varie entre (7,97 et 8,04), de même pour le sol cultivé , on observe que les valeurs du pH du sol augmentent progressivement (7,92- 7,99 -8,02).

Selon le graphe et d'après l'échelle d'interprétation de pH 1/5(DADDI BOUHOUNE et, HAMDI AISSA ,2008) (annexe 10,on peut conclure que les pH du sol irrigué par EUT et du sol irrigué par l'eau de forage et du sol cultivé sont moyennement alcalins.

- ❖ L'élévation du pH du sol irrigué par EUT, est probablement dû au pH alcalin des eaux utilisées en question.
- ❖ Le sol cultivé et le sol brut irrigué par l'eau de forage ont présenté un pH moyennement alcalin. Les valeurs sont inférieure à celles enregistrés dans le sol irrigué par les EUT. Ce changement de pH est lié à la composante des eaux de forage utilisé et qui provienne..

D'après Aubert, 1983 un pH compris entre 8 et 9 est retenu, généralement, comme limite de la dégradation de la structure. De ce fait il est important d'apporter des corrections par amendement organiques.

❖ CE :

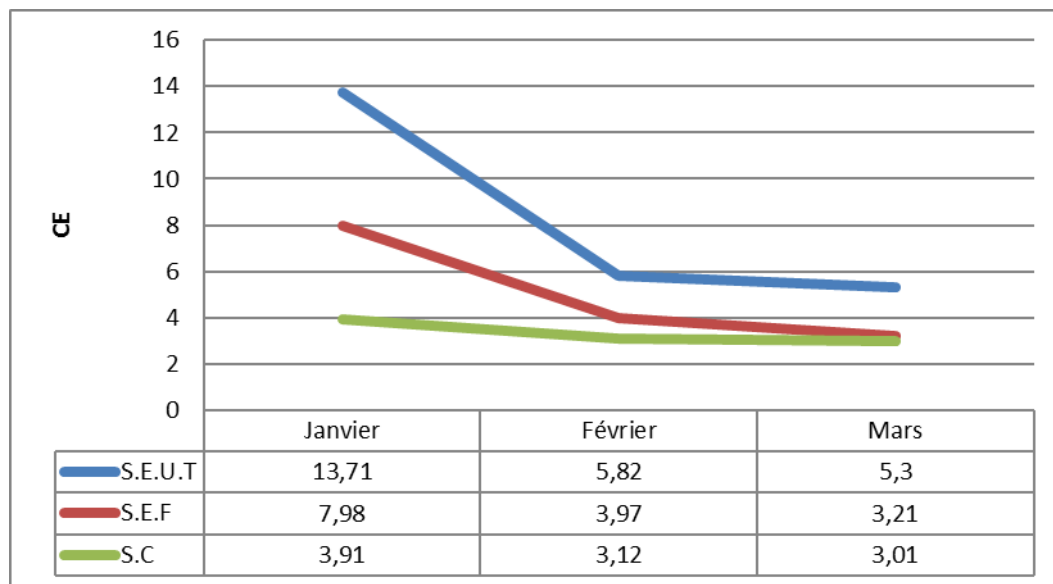


Figure08: Variation de la CE des sols étudiés en fonction du temps

En science du sol .la conductivité électrique est exprimée à un température de 25C° l'échelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT .1978) (annexe 11).

La conductivité électrique permet d'obtenir une estimation de la teneur globale en sels dissous, de plus la connaissance de la conductivité est nécessaire pour l'étude du complexe absorbant des sols salés. (Aubert, 1978).

D'après la (figure 08) le sol témoin (non irrigué) présente une CE de 8.85 (dS/m) ce qui permet de classer le sol en sol extrêmement salé (6<CE). La salinité dans le sol témoin résulte du phénomène de l'évaporation des eaux de la nappe phréatique proche à la surface dans la zone d'étude.

L'impact d'irrigation avec eaux usées traitées sur les sols est discuté par de nombreux auteurs (**BAHRI et HOUMANE ,1987**) ils ont tous signalé que l'irrigation avec les eaux

usées augmente la salinité des sols.

On a constaté que la salinité dans l'échantillon irriguée par eau usée traitée est plus élevé. La valeur de CE dans le sol irrigué par l'EUT a augmenté par rapport à la valeur initial au début de l'essai, avec une grandeur de 4,85 dS/m en mois de Janvier. La CE pour ce traitement à subit un chute pour atteindre 5,3 dS/m dans les deux mois suivant. La rabatement de CE est probablement due au phénomène de lessivage des sels en profondeur.

Les courbes dans la figure, ont la même allure,; on assiste à l'augmentation de CE en premier temps de l'essai puis une diminution des valeurs dans le dernier mois de l'essai pour arriver à de valeurs inférieures au valeur initial au début de l'expérimentation..

En comparaison entre les trois traitements, on constate que l'irrigation par l'eau conventionnelle, a provoqué une cumulation moindre en sel que es EUT.

Les doses d'irrigations des eaux conventionnelles peut être la cause de cette réduction des sels dans le sol suite aux lessivages des sels ce que réduit la salinité des sols.

Au niveau des sols cultivés, la CE est réduite malgré l'utilisation des EUT, ceci est expliqué par l'activité des plantes grâce au phénomène d'absorption des éléments qui réduit la charge saline dans les sols.

- A partir des résultats de la CE, on remarque une diminution des valeurs de CE dans les sols irrigués par l'eau usée traitée et l'eau de forage. Cette diminution est expliquée par le changement de fréquence d'irrigation voir tableau 04. Cela veut dire que le nombre de fréquence influe sur la CE de sol ; plus le sol est irrigué par l'eau, plus la valeur de la CE diminue.
- Dans notre cas la fréquence est de 03 irrigations hebdomadaire, cependant le nombre de semaines d'irrigation par mois est de 2, 3 et 4 semaines respectivement pour les mois de janvier, février et mars. Cette variation d'irrigation est à l'origine des CE obtenues.

❖ Le calcaire totale :

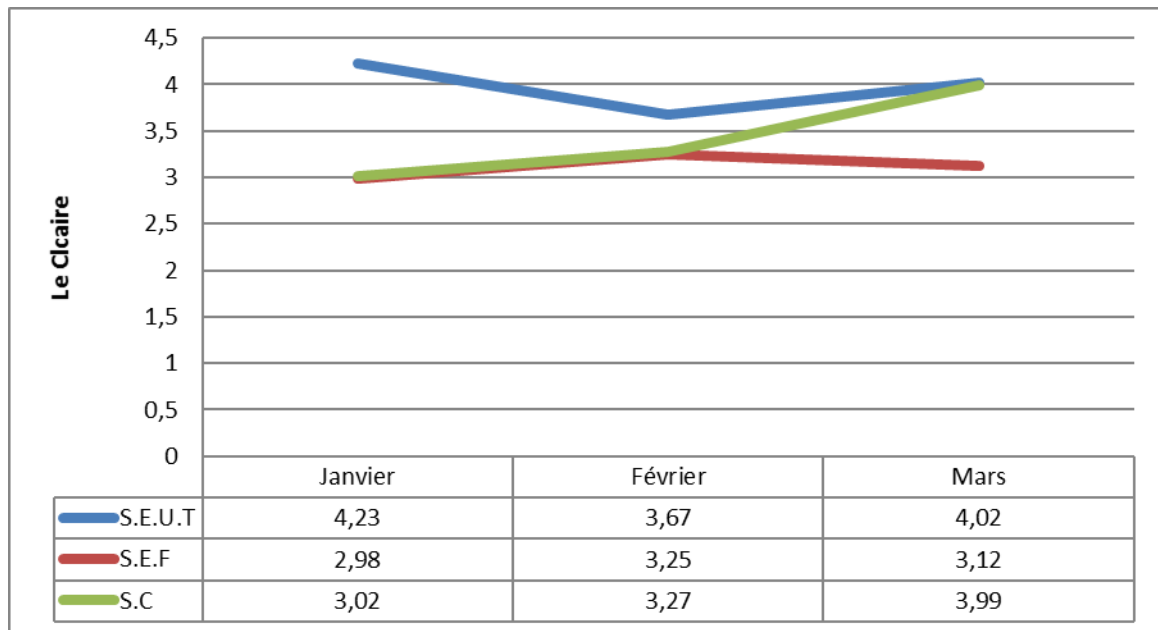


Figure09: Variation de CaCO₃ dans les sols étudiés

La teneur moyenne en calcaire total pour les sols irrigués par l'EUT est de 3,97 %, et de l'ordre de 3,11% pour les sols irrigués par l'eau de forage , cependant pour les sols cultivé la valeur est de 3,42% , le témoin est de 4,54%

D'après l'échelle d'interprétations BAISE (2000)(annexe 09), les sols étudiés sont faible en calcaires. Les taux de CaCO₃ sont moins importants dans les sols irrigués et cultivé que ceux des sols non irrigués, ce qui confirme nos résultats de l'essai expérimental.

❖ Le gypse:

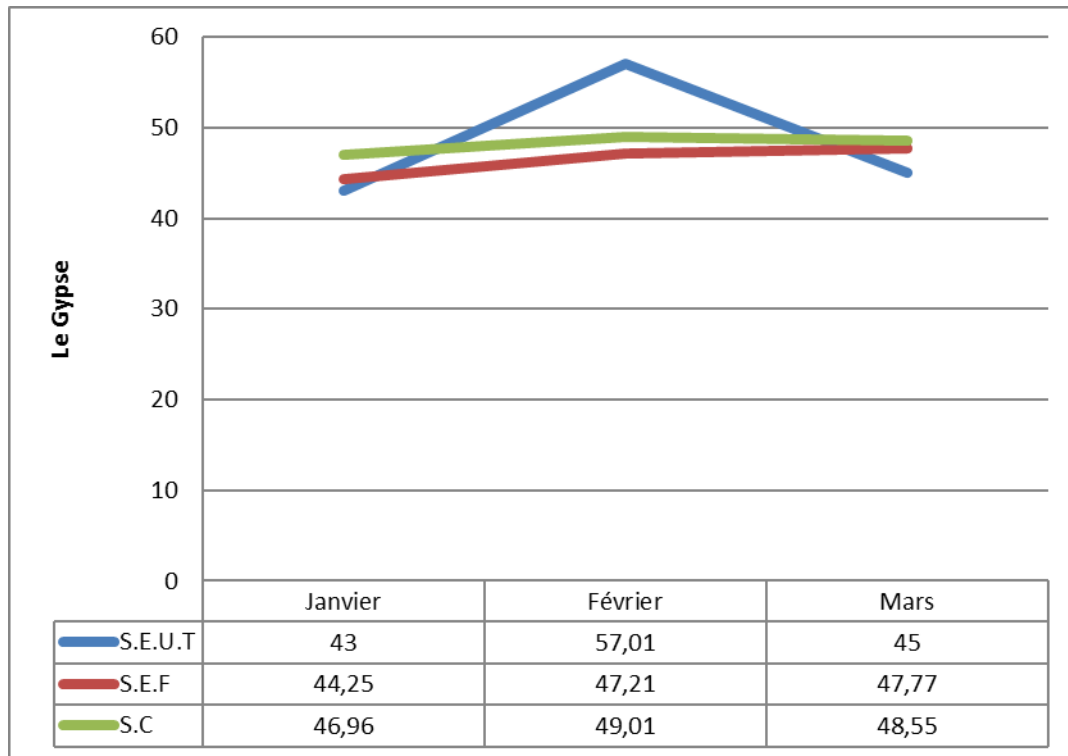


Figure10 : variation de gypse dans les sols étudiés

La figure montre une variation légère du pourcentage de gypse au niveau des différents sols étudiés, ce qui indique que les sols des stations étudiées sont extrêmement gypseux.

La densité de gypse est plus faible que celle des constituants minéraux habituels des sols(CLEMENT et PIELTAIN, 2003).

Selon(HALITIM, 1988), un sol est considéré gypseux, si les taux de CaSO₄ sont compris au minimum entre5% et 10%.

❖ **Le carbone organique:**

Les teneurs de MO dans chaque échantillon étudié sont représenté dans la figure suivante:

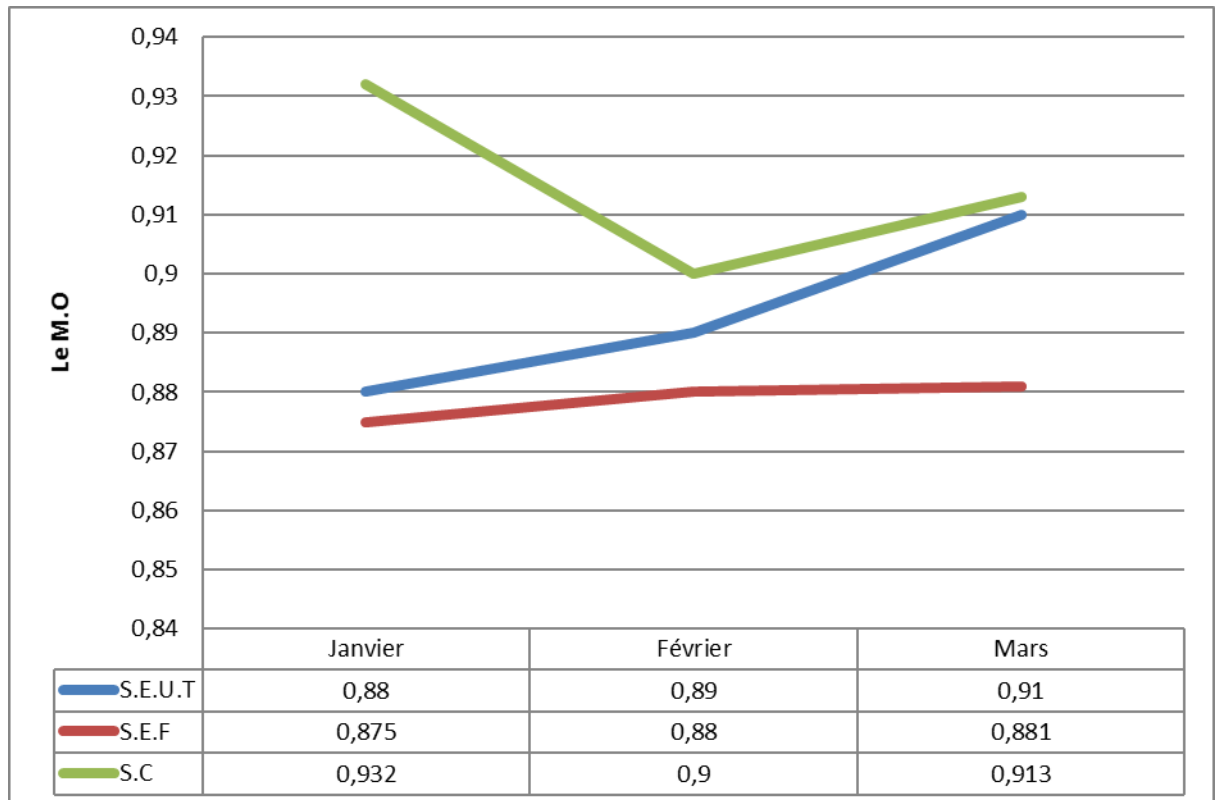


Figure 11:variation de MO dan les sols étudiés

Les résultats révèlent un taux de 1% pour les sols irrigués par EUT et de 0.89% pour les sols irrigués par les eaux conventionnelles et diminuent jusqu'à 0.85% dans sol témoin (non irrigué). Ces résultats démontrent que l'irrigation par les eaux traitées à entrainer une légère augmentation du taux de carbone organique par rapport à ceux irrigués par les eaux conventionnelles.

D'après la classification de (I.T.A, 1975 in HAFOUDA,2005),les sols sont moyennement riches en matière organique dans les sols irrigués par les eaux usées traité épurées, et faibles dans les sols non irrigués.

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

▪ Etude les sels solubles dans le sol :

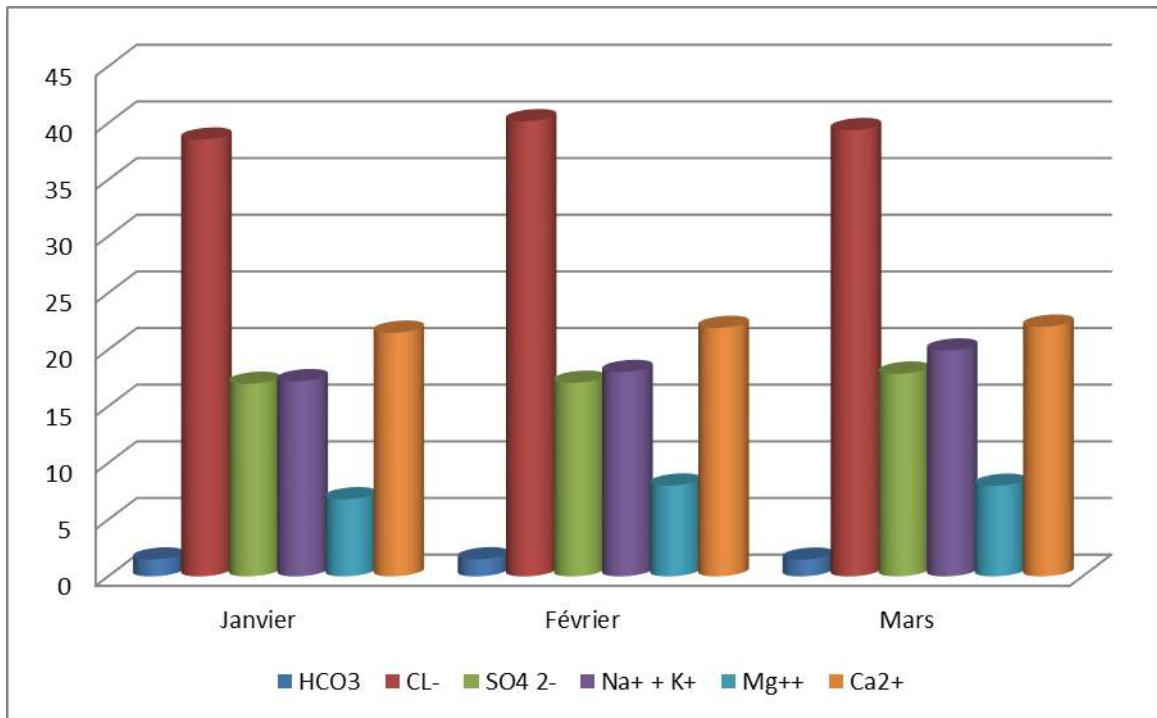


Figure 12 : évaluation des bilan ionique dans le sol irrigué par EUT

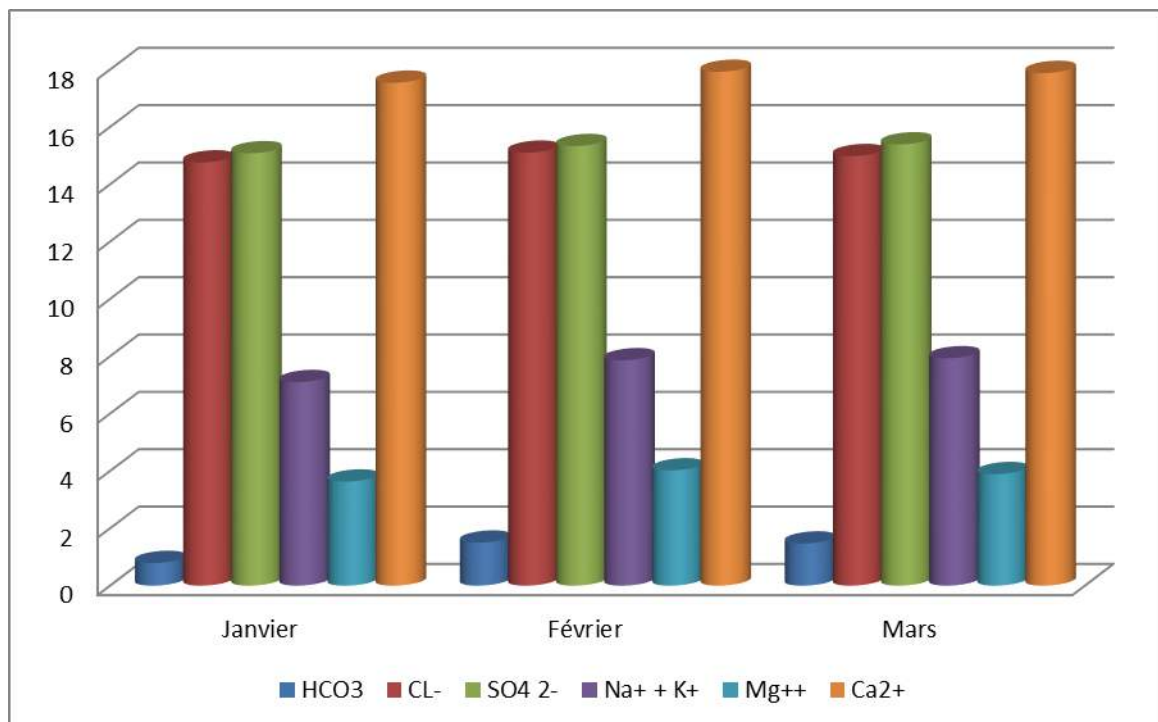


Figure 13: évaluation des bilans ioniques dans le sol irrigué.

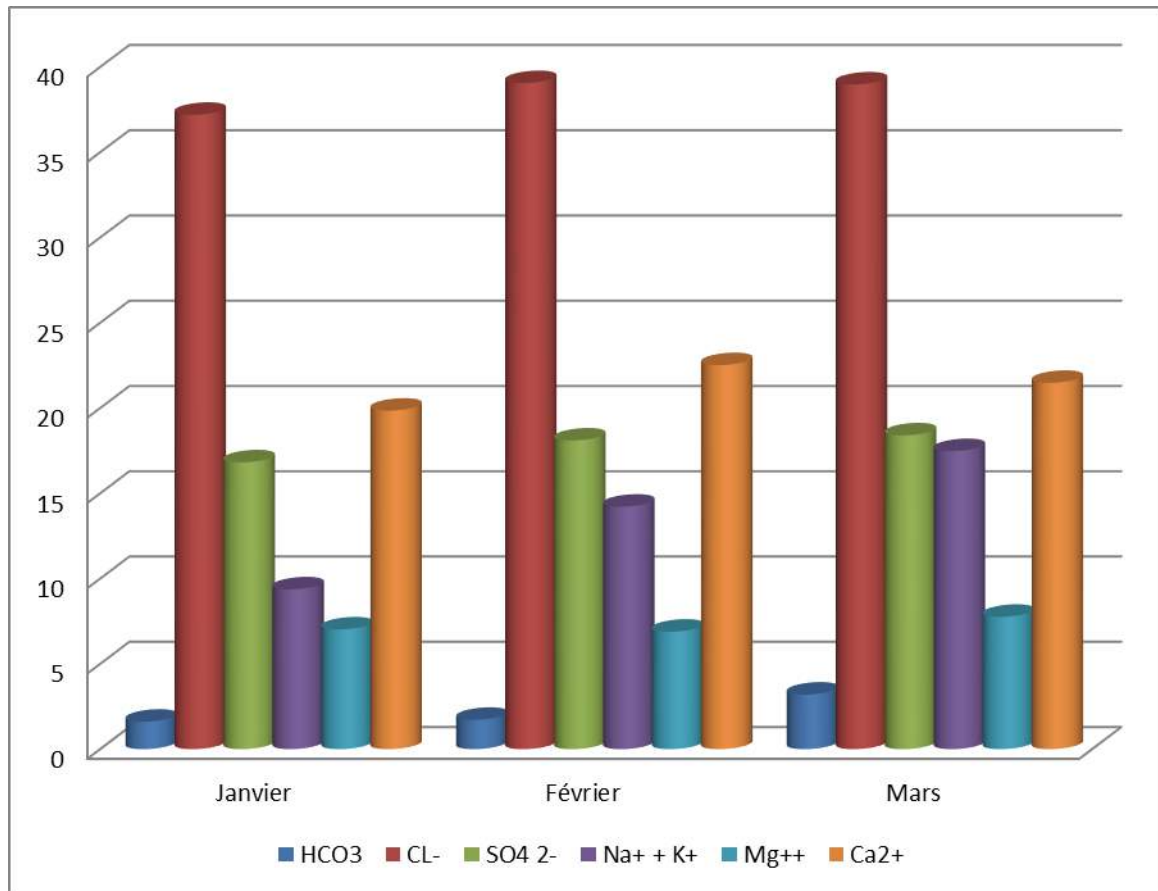


Figure 14 : évaluation des bilan ionique dans le sol cultivé

On remarque que les teneurs de Cl⁻, et le Ca⁺⁺ sont les plus importantes dans les 04 sols , les bicarbonates et le magnésium se trouvent en très faibles concentrations. Les cations et les anions sont plus remarquables dans les sols irrigués par les eaux usées traitées par rapport aux sols irrigués par les eaux conventionnelles. Cela est dû à la teneur élevée en ions dans l'eau usée traité. La forte teneur en ces éléments peut changer la structure du sol. (HAMDI AISSA, 2001).

✚ La comparaison du bilan ionique des sols étudiés :

↪ Cl⁻ :

D'après le tableau 04 : Avant irrigation la concentration en Cl⁻ dans le sol est (35.02meq/l) et augmente avec la salinité des eaux d'irrigation. D'après le graphe on

Chapitre IV.....résultats et discussion

observe que la teneur en chlorure est beaucoup plus importante dans le sol irriguée par EUT (38,54 meq/l) et dans les sols cultivé que celle irriguée par l'eau de forage (14,16 meq/l). Cela est dû à la teneur élevée en Cl⁻ dans l'eau usée traitée (voir tableau 04). Cette valeur de Cl élève par rapport de REUT en agriculture

↳ Ca⁺:

La concentration de Ca⁺ est de (26.22meq/l) généralement plus élevée dans les 03sols irriguées, mais elle est plus grande dans le sol irriguée par l'eau usée traitée avec une valeur de 21,5 meq/l,et par le sol cultivé est (19.85meq/l) et pour le sol irrigué par l'eau de forage est de (17,54 meq/l). Cela est dû aux fortes concentrations en Ca⁺⁺ dans l'eau usée traitée. cette valeur de Ca dans les sol étudié élève par rapport de la REUT en agriculture .(annexe04)

- Il est à noter que le Cl⁻ et le Ca⁺ ont une très bonne corrélation avec la CE.

↳ Na⁺ :

Pour le Na⁺, dans les sols témoin est de (7.10meq/l) (tableau04) , après l'irrigation par l'eau de fourrage on enregistre une augmentation pour atteindre (7.86meq/l). L'irrigation par EUT dans les sols non cultivé permet d'obtenir une concentration de (17.22meq/l) tandis que pour le sol cultivé elle est de (7.02meq/l).Il y a presque une égalité de concentrations entres les 03sols, ceci semble être expliqué par la solubilité difficile de cet élément par rapport au Ca⁺ et Cl⁻ et aussi par la faible teneur de Na⁺ dans les deux types d'eaux d'irrigation. Cette valeur élève par rapport de valeur de REUT en agriculture (annexe 04).

↳ SO₄⁻ :

La teneur en SO₄⁻² dans le non irrigués (14.10meq/l) , et plus importante dans le sol irrigué par l'eau usée traitée (19,99 meq/l) et dans le sol cultivé (16.82meq/l) , que celui irrigué par l'eau de forage qui est (15,08 meq/l). Cette valeur est élève de valeur de REUT en agriculture.

↳ Mg⁺⁺ :

Elle est la concentration plus faible par rapport aux autres ions (5.99meq/l) et diminuent après l'irrigation par l'eau de forage à (3.63meq/l) , mais elle est élevée dans les deux sols

irrigué par EUT (6.8meq/l) et cultivé (7.08meq/l) . cette valeur trouve dans les sol inferieur de (10meq/l) valeur de REUT en agriculture

Selon les analyses de bilan ionique, le faciès géochimique des sols est chloruré-sodique

↳ SAR (Sodium Absorption Ration) :

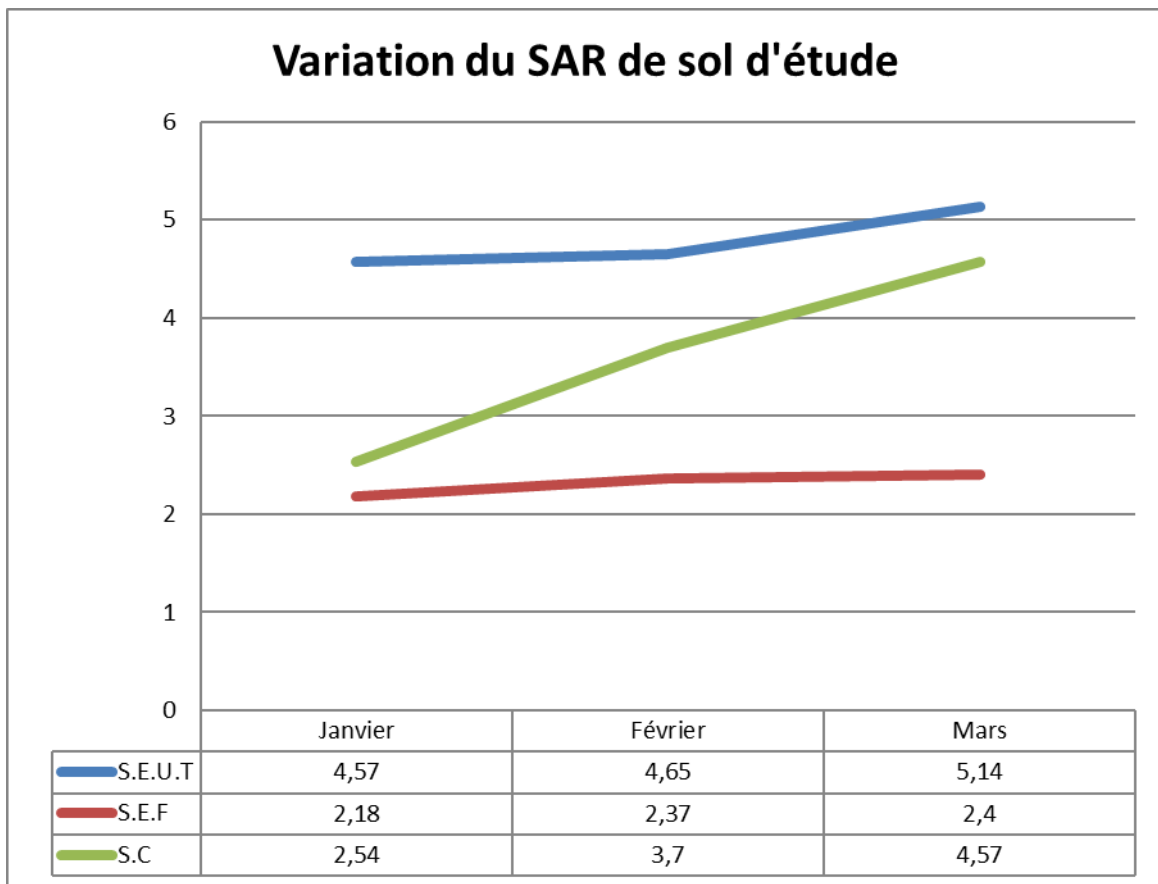


Figure 15 : évaluation des SAR dans les sols étudiés.

Il s'agit d'un paramètre fondamental pour déterminer le niveau d'alcalinisation de la solution du sol. $SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{(Ca^{++}+Mg^{++})/2}}$; (Na⁺⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺) méq/l.

Les valeurs de SAR obtenues dans les résultats sont liées aux concentrations de Na⁺⁺, Mg⁺⁺, et Ca⁺⁺.

Les résultats obtenus montrent des variations entre les valeurs moyennes de SAR, qui sont

comprises entre 1,77 dans les sols non irriguées et 4.57 dans les sols irriguées par les eaux usées traités et 2.54 dans les sols cultivés . Alors que la valeur de SAR dans les sols irriguées par les eaux conventionnelles est de 2.18 le valeur de SAR eleve par rapport de valeur de REUT en agriculture 1,3 ds/m ce fait, selon (SEVANT *et al*, 1966 in BOUTELLI, 2012) l'alcalinisation est moyenne dans la sols non irriguée, faible dans les sols irriguées par l'eau usée traitée et basse dans les sols irriguées par les eaux conventionnelles.

Conclusion

Conclusion

De part sa situation géographique, l'Algérie est un pays sec, aux faibles ressources hydriques. La recherche de ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées et d'altératives pour une utilisation plus efficiente et présente des effets positifs sur la richesse du sol en éléments fertilisants, ainsi que des effets négatifs, à savoir la salinisation des horizons, dégradation de la qualité de sol liés aux qualités physico-chimiques des EUT (HARTANI, 2004) 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 caractères physico-chimiques du sol.

Concernant l'impact de l'utilisation des eaux usées traitées, et les eaux de forage sur les paramètres physico-chimiques du sol, nous avons trouve que La conductivité électrique du sol diminue avec l'utilisation de deux types d'eau d'irrigations, mais elle est plus grande dans la parcelle irriguée par l'eau usée traitée de la station d'épuration de Touggourt, le résultats est à l'oppose de la bibliographie (Hartani 2004 BAHRI et HOUMANE 1987) qui rapportent que 'irrigation avec l'EUT a des effets négatifs à savoir la salinisation des horizons, dégradation de la qualité de sol liés aux qualités physico-chimiques de ces eaux Le sol non cultivé utilisé dans l'essai est sous l'effet de la fluctuation de la nappe phréatique de manière courante ce qui a engendré avec le temps un concentration considérable en sel dans ses horizons Les EUT présentent un effet positifs sur quelques paramètres du sol notamment la diminution en CE et augmentation en MO.

Cependant ces résultats restent à vérifier surtout que le sol teste dans l'essai est à l'origine trop salé. Les résultats reste encourageantes pour la réutilisation des eau usée de la STEP de Touggourt. mais, à condition de poursuivre l'essai pour d'autres saison de l'année pour comprendre d'avantage le comportement des eaux dans le sol en onction des conditions climatiques.

Enfin, les travaux de recherches futures devront se singer prioritairement vers la

Conclusion

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 sans oublier de prendre en compte les différents processus possible à apporter avant usage en irrigation.

Références

Références

1. **ADLER E., 2005.** Éléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement. ENTPE
2. **AUBERT., 1978 .**Guide des analyses en pédologie, techniques et pratique, Ed INRA, Paris.
3. **BAGNOULS F et GAUSSEN H., 1953 -** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. soc.hist. nat., Toulouse : 193 - 239.
4. **BELAID N., 2010.** Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de Doctorat en chimie et microbiologie de l'eau. Université de Sfax. Tunisie.
5. **BENABDALLAH S et NEUBERT S., 2003.** La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie. Institut Allemand de Développement Bonn. Allemagne
6. **BIASE, D, 2000.** Guide des analyses en pédologie, techniques et pratique, Ed INRA, Paris.
7. **BITTELLI M., CAMPBELL G.S. ET FLURY M., (1999).** Characterization of particle size distribution in soils using a fragmentation model. soilsci. soc. Am.J. Vol 63. Pp : 782-78.
8. **BOUTELLI, M. 2012.** Salinité des eaux et des sols au niveau de la Sebkha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement, mémoire magister en hydrologie, Ouargla, Algérie.
9. **BRL., 2011.** Réutilisation des eaux usées traitées -perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action. Rapport final. Agence Française de Développement.

Références

10. CALVET R., (2003). Le sol propriétés et fonctions. Tome 2 : phénomènes physiques et chimiques, applications agronomiques et environnementales. France agricole. France. p : 97- 188..
11. CLEMENT.M et PIELTAIN.F, 2003. Analyse chimique des sols, méthodes choisies. Ed. TEC, Paris.
12. DADI BOUHOUNE et HAMDI AISSA, 2008. Travaux pratique d'éco-pédologique. Université de Kasdi Merbah Ouargla.
13. DAJOZ R., 1971– Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
14. DAJOZ R., 1974 - Dynamique des populations. Ed. Masson et Cie, Paris, 301p
15. DAJOZ R., 1982- *Précis d'écologie*. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 503 p.
16. DEGREMONT., 2005. Mémento technique de l'eau. Tome 1. 10ème édition □
17. DER HOK W V., 2007. A Framework for a Global Assessment of the Extent of Wastewater Irrigation: The Need for a Common Wastewater Typology. Waste water Use in Irrigate.
18. FABY J ET BRISSAUD F.,1997 ,L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, *office Internationale de l'eau* 76pages.
19. FAO (2007), Agriculture et rareté de l'eau: une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p15.
20. FAO., 2003.L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation.
21. FORTAS .GHDAIRI ,2019.L'effet d'utilisation des eaux usées traitées en irrigation sur certaines propriétés physico-chimique de sol dans la cuvette d'Ouargla. Mémoire master protection de la ressource sol eau et environnement université du Ouargla,p7

Références

22. **FREMER., 2002.** La surveillance des rejets urbains en Méditerranée. Guide méthodologique..
23. **GADDA.N.,2013** **Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de Ouargla ,mémoire master protection de la ressource sol eau et environnement univ.Ouargla**
24. **GHETTAS.N,2009.** Epuration des eaux usées . mémoire d'ingénieur d'état Ecologie végétale et environnement, univ. Oaargla.
25. **GOBAT J M., ARGNO M ET MATHEY W., (2010).** Le livre le sol vivant Bases De Pédologie–Biologie Des Sols (3eme Ed., Vol.1).Italie :Revu Et Augmentée Page 51-60.
26. **HAFOUDA L., 2005** - Caractérisation et quantification de la salinité du sol et de la nappe dans la vallée de l'Oued Righ. Thèse Magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 78p.
27. **HARTANI T. 2004.** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie Thème 2 Vers une gestion durable de l'irrigation: conséquences sur les options de modernisation. Projet INCO-WADEMED. Actes du séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée. Rabat, du 19 au 23 avril 2004. 11p.
28. **HARTANI T. 1998.** La réutilisation des eaux usées en irrigation. Situation actuelle et perspectives. Séminaire sur les ressources en eau non conventionnelles. Alger : KLI Conseil, p 10.
29. **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 appliqué .Univ.Mentouri Constantine.102p..

Références

30. **KERBOUB MAROUA,2020**: effet de eaux usées traitées sur les paramètres physico-chimiques du sol .Mémoire master protection de la ressource sol eau et environnement.univerité.Ouargla
31. **LABED et MEFTAH S., 2007** – Contribution sur l’agro système dans la daïra de Touggourt. Mém. Ing. Eco., univ. Oaurgla .
32. **LARAB S , 2019** . La réutilisation des eaux usées traités en agriculture à partir de la station d'épuration (Ain Bouchakif) de la wilaya de Tiaret ,mémoire Master Hydraulique université Biskra ,p5,6.
33. **LAZAROVA V et BRISSAUD F., 2007**. Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisationdes eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.
34. **LAZAROVA V et BRISSAUD F., 2007**. Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisationdes eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.
35. **LEONE A.P., MENENTI M., BUONDONNO A., LETIZIA A.,MAFFEI C.,**
36. **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.
37. **MARA et CAIRNCROSS, 1989**.Guide pour l'utilisation sans risqué des eaux résiduaires et excreta .
38. **METAHRI MS., 2012**. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou. Th. Doc. Univ. de MOULOUD MAMMARI de Tizi-Ouzou.
39. **MIYAMOTO S.ET CHACON A. (2006)**, Soil salinity of urban turf areas irrigated with saline waterII. Soil factors. Landscape and Urban Planning 77, 28–38.

Références

40. **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.
41. **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.
42. **MRE ,2012**. Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 2012.
43. **MUTIN L., 1977** – La Mitidja. Décolonisation et espèce géographique. Ed Office Presse Anniversaire, Alger, 607p.
44. **NEGGACH.N,2017**. La Réutilisation Des Eaux Usées Epurées De La Station D'épuration De Zemmouri. mémoire Master génie des procédés .université Boumerdès ,p42,43
45. **NIBOUA N et REDJALEMLAH S, 2018**, La diversité des Formicidae dans la région de Touggourt.
46. **O.N.M., 2019** – Office National de la Météorologie, Ouargla.
47. **OMS., 1989**. L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève..
48. **RAMADE F., 1984** – *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed. Mc GrawHill Inc., Paris, 397 p.
49. **RAMADE F., 2003** - *Eléments d'écologie, - Ecologie fondamentale-*. Ed. Dunod, Paris, 690 p.
50. **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.
51. **SORRENTINO G. (2007)**, A field experiment on spectrometry of crop response to soilsalinity; *Agricultural Water Management* 89 39 – 48.

Références

- 52. TAMRABET L., 2011.** Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Th. Doc. Sciences Hydrauliques. Inst. Génie Civil Hydr. Archi. Univ. Hadj Lakhdar. Batna. 147p. **JOURNAL OFFICIEL ALGERIEN, 2012.** Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtes, décisions, avis, communications et annonces (traduction française). Dimanche 25 Chaàbane 1433 N° 41^{me} Correspondant au 15 juillet 2012, p27.
- 53. TAMRABET L., 2011.** Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Thèse Doctorat en sciences. Option Hydraulique. Institut de Génie Civil, d'Hydraulique et d'Architecture. Département d'Hydraulique. Université Hadj Lakhdar–Batna. 147 p.
- 54. TAMRABET, L., D., GOLEA, H., BOUZERZOUR (2002).** La réutilisation des eaux usées en agriculture: insuffisances et solutions des méthodes de traitement des effluents en Algérie. Watmed2002, Monastir, Tunisie. Pp. 295-302.
- 55. U.S. Environmental Protection Agency "USEPA" (2004),** Guidelines for Water Reuse. p 478.
- 56. 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 p.
- 57. 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 p.

Annexes

Annexe 01: des normes de rejet de l'OMS et celle de l'Algérie (in Ladjel, 2006).

Caractéristiques	Normes de l'OMS	Normes Algériennes
T (C°)	25-30	30
PH	6,9- 9	5.5-8.5
DBO ₅ (mg/1)	30	40
DCO (mg/1)	90	120
MES (mg/1)	30	30
NTK (mg/1)	50	40
Phosphate (mg/1)	2	2
Huiles et graisses	20	20

Annexe 02 : les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal0fficiel de la République Algérienne ,1993).

Paramètres	Unités	Valeurs Limites
Température	°C	30
Ph		6,5-8,5
MES	mg/l	35
Turbidité	UTN	50
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphor total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluors et composés	mg/l	15

Annexe 03: Recommandations microbiologiques pour la REUE en agriculture

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

(JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

- (1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombe ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.
- (2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.
- (3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

Annexe 04 : Recommandations physico-chimiques pour REUE en agriculture

	Paramètres	Unité	Concentration max admissible
Physiques	Ph	mg/l	
	MES	ds/m	
	CE	ds/m	
	Infiltration le SAR = 0-3	0.2	
	3-6	0.3	
	6-12	0.5	
	12-20	1.3	
	20-40	3	
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (NO3-N)	mg/l	30
	Bicarbonates (HCO3)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Béryllium	mg/l	0.5
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Bore	mg/l	2.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
Vanadium	mg/l	1.0	
	Zinc	mg/l	10.0

Annexe 05: Recommandations microbiologiques de l'OMS 1989 pour les eaux usées destinées à l'irrigation (OMS., 1989).

Catégorie	Condition de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux ^a (nbre, d'oeuf/litre) moyenne arithmétique	Coliformes intestinaux (nbre/100 ml) moyenne géométrique	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics	Ouvriers agricoles consommateurs, public	<=1	<= 1000d	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbre e	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 exposé	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire.

Annexe 06: Echelle d'ATTERBERG de classification des particules constituant la terre fine (in DADI BOUHOUNE et HAMDI AISSA, 2008).

Diamètre	Sol
<2 μ	Argileux
2-20 μ	Limon fin
20-50 μ	Limon grossier
50-200 μ	Sable fin
200-2000 μ	Sable grossier

Annexe 07: Echelles d'interprétation de la Matière organique (I.T.A, 1975 in HAFOUDA, 2005).

MO (%)	Sol
MO < 1	Très pauvre
1 < MO < 2	Pauvre
2 < MO < 4	Moyen
MO > 4	Riche

Annexe 08: Classe des sols gypseux (BARZANJI, 1973 in HELIMI, 2010)

Gypse	Nom de la classe
<0,3	Non gypseux
0,3-10	Légèrement gypseux
	Modérément gypseux
15-25	Fortement gypseux
25-50	Extrêmement gypseux

Annexe 09: Echelle d'interprétation de Calcaire Total (BAISE, 2000)

CaCO₃ (%)	Sol
CaCO ₃ <1%	Non calcaire
<1CaCO ₃ <5%	Peu calcaire
5<CaCO ₃ <25%	Modérément calcaire
25<CaCO ₃ <50%	Fortement calcaire
50<CaCO ₃ <80%	Très fortement calcaire
CaCO ₃ >80%	Excessivement calcaire

Annexe 10: Echelles d'interprétation de pH extrait 1/5 (DADI BOUHOUNE et HAMDIAISSA, 2008).

Valeur de pH	Classe d'interprétation
< 4.5	Extrêmement acide
4.5 - 5.0	Très fortement acide
5.1 - 5.5	Fortement acide
5.6 - 6.0	Moyennement acide
6.1 - 6.5	Légèrement acide
6.6 - 7.3	Neutre
7.4 - 7.8	Légèrement alcalin
7.9 - 8.4	Moyennement alcalin
8.5 - 9.0	Fortement alcalin
> 9.0	Très fortement alcalin

Annexe 11: Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT., 1978)

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

Annexe 12: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 électrique ou TDS	dS/m	< 0,7 < 450	0,7-3,0 450-2 000	> 3,0 > 2 000
Infiltration SAR=0-3 et CE = 3 - 6 = 6 - 12 = 12 - 20 = 20 - 40	dS/m	> 0,7 > 1,2 > 1,9 > 2,9 > 5,0	0,7-0,2 1,2-0,3 1,9-0,5 2,9-1,3 5,0-2,9	< 0,2 < 0,3 < 0,5 < 1,3 < 2,9
Toxicité spécifique des ions Sodium (Na) Irrigation de surface Irrigation par aspersion Chlorure (Cl) Irrigation de surface Irrigation par aspersion Bore (B)	SAR mécq/L mécq/L mécq/L mg/L	< 3 < 3 < 4 < 3 < 0,7	3-9 > 3 4-10 > 3 0,7-3,0	> 9 > 10 >3,0
Effets divers Azote (NO ₃ -N) Bicarbonate (HCO ₃)	mg/L mécq/L	< 5 < 1,5	5-30 1,5-8,5	> 30 > 8,5
pH	Gamme normale 6,5 - 8,4			

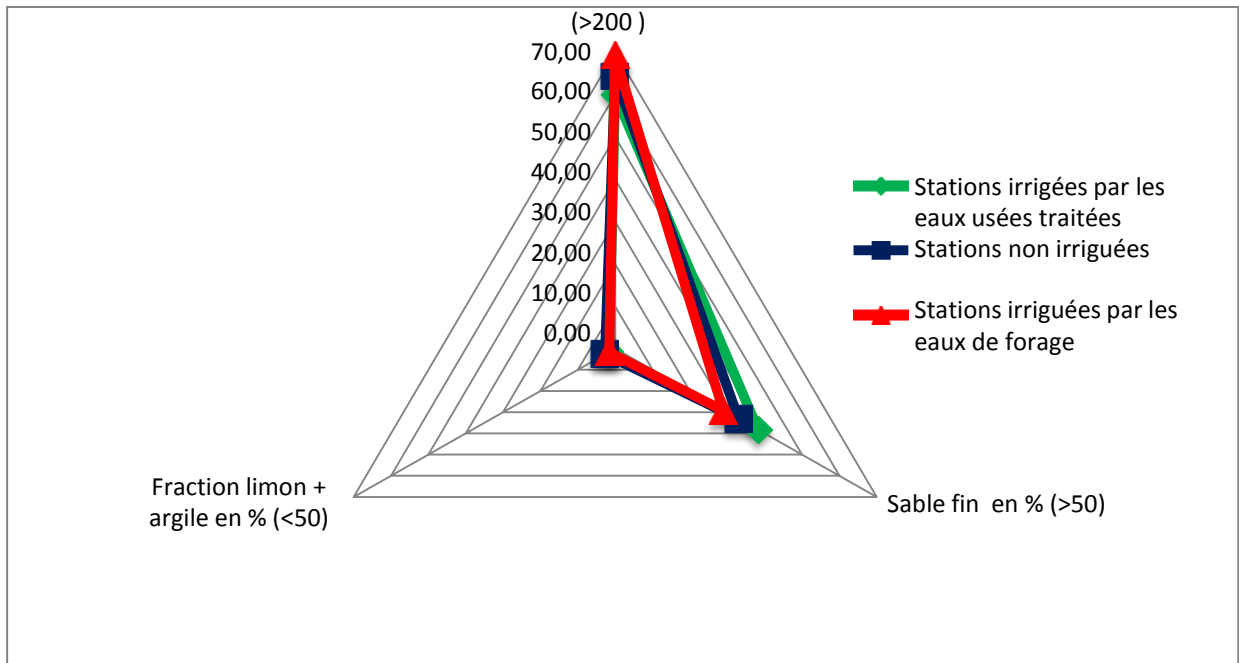
Annexe13:

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

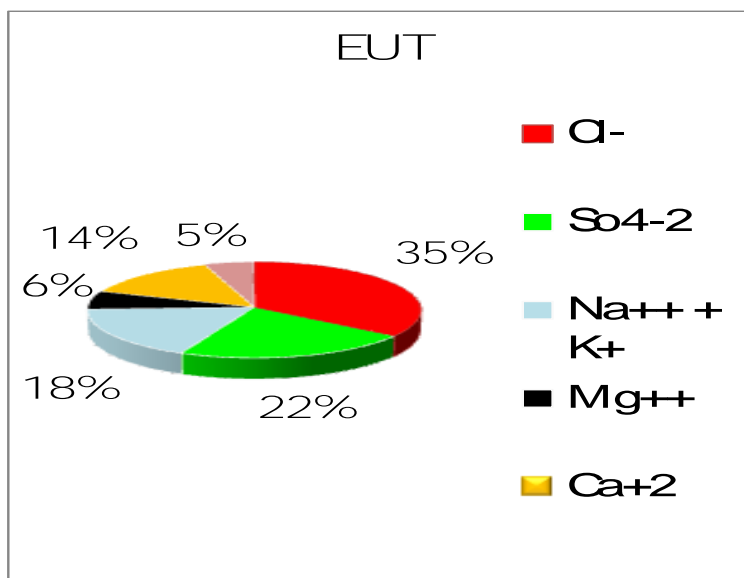
Annexe 14: sol cultivé et sol témoin

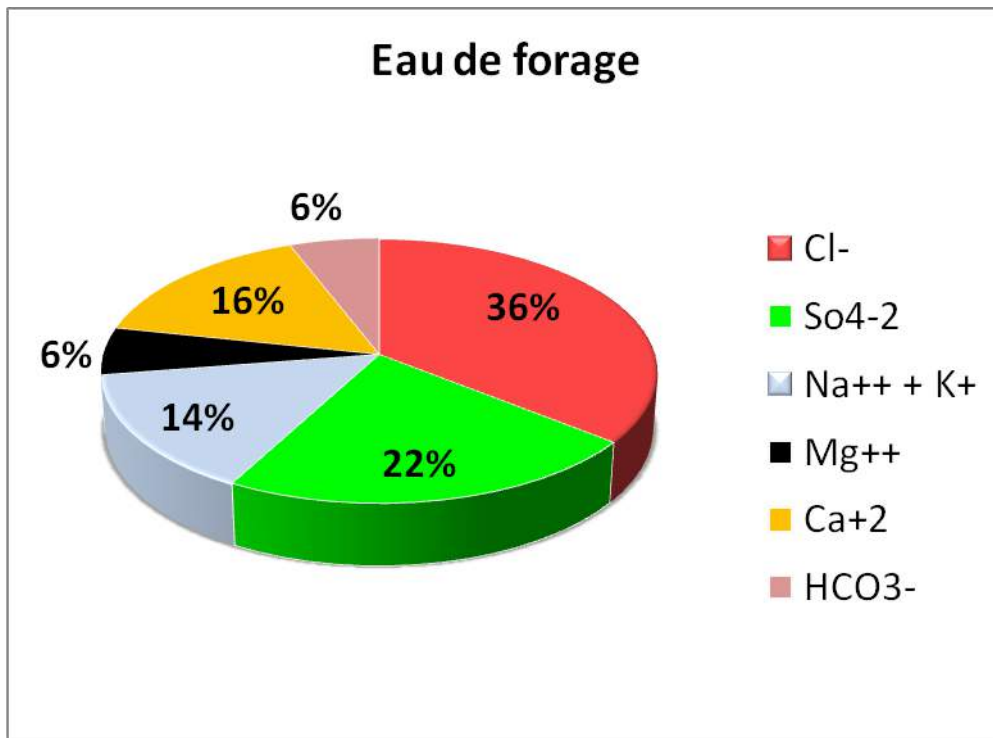


Annexe 15:



Annexe 16:





Résumé :

L'effet des eaux usées traitées sur quelques paramètres physico-chimiques dans la région de Touggourt

La réutilisation des eaux usées consiste en l'utilisation d'eaux usées traitées dans un objectif de valorisation (usage bénéfique).

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'impact des EUE sur les propriétés physico-chimique dans la région de Touggourt.

Les résultats issue d'étude des caractéristiques physiques des sols étudié montre que ces derniers sont des sols sableux, moyennement alcalin, peu calcaire, présente un grand taux de gypse et il est moyennement riche en matière organique dans les sols irrigués que dans les sols non irrigués. Les résultats des caractéristiques physico-chimiques indique une différence remarquables entre les 04 types du sol, cette différence est liés aux qualités physico-chimiques des EUT.

L'irrigation par les eaux usées traitées présente des effets positifs sur la richesse du sol en éléments fertilisants ainsi que des effets négatifs à savoir l'élévation des concentrations en ions (Ca^{++} , SO_4^{2-} , Cl^-).

Par une meilleure utilisation des eaux usées traitées, une des mesures prises consiste à assurer un suivi périodique et régulier de l'utilisation de ces eaux. Un tel suivi est sanctionné par une évaluation de leur impact sur le sol et une recherche des solutions pour résoudre les éventuels problèmes qui peuvent se poser.

Mot clés : les eaux usées traitées , réutilisation, propriétés physico-chimiques du sol.

Abstract

The effect of treated wastewater on some physicochemical parameters in the Touggourt region

The reuse of wastewater consists of the use of treated wastewater for the purpose of recovery (beneficial use).

The objective of our work is to assess the impact of WASH on the physicochemical properties in the Touggourt region The results resulting from the study of the physical characteristics of the studied soils show that the latter are sandy soils, moderately alkaline, not very calcareous, present a high rate of gypsum and it is moderately rich in organic matter in irrigated soils than in non-soils. Irrigated.

The results of the physicochemical characteristics indicate a remarkable difference between the 04 types of soil, this difference is linked to the physicochemical qualities of the EUTs. Irrigation with treated wastewater has positive effects on the richness of the soil in fertilizing elements as well as negative effects, namely the increase in ion concentrations (Ca^{++} , SO_4^{2-} , Cl^-).

For better use of treated wastewater, one of the measures taken is to periodically and regularly monitor the use of this water. Such monitoring is sanctioned by an assessment of their impact on the soil and a search for solutions to resolve any problems that may arise.

Keywords: treated wastewater, reuse, and physico-chemical properties of the soil.

ملخص :

تأثير المياه المستعملة المعالجة على بعض معاملات التربة الفيزيائية والكيميائية في منطقة تقرت تتمثل إعادة استخدام المياه المستعملة المعالجة في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لغرض الاستعادة (استخدام مفيد). الهدف من عملنا هو تقييم تأثير المياه المستعملة المعالجة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية في منطقة تقرت أظهرت نتائج دراسة الخصائص الفيزيائية للتربة المدروسة أن الأخيرة عبارة عن تربة رملية ، قلوية معتدلة وليست كلسية للغاية ، وتمثل نسبة عالية من الجبس وهي غنية إلى حد ما بالمواد العضوية في التربة المروية مقارنة بالتربة غير التربة المروية. تشير نتائج الخصائص الفيزيائية والكيميائية إلى اختلاف ملحوظ بين أنواع التربة 04 ، ويرتبط هذا الاختلاف بالصفات الفيزيائية والكيميائية الخاصة بالمياه المستعملة المعالجة. للري بمياه الصرف الصحي آثار إيجابية على ثراء التربة بعناصر التسميد بالإضافة إلى التأثيرات السلبية وهي زيادة تراكيز الأيونات (Ca^{++} ، SO_4^{2-} ، Cl^-).

من أجل الاستخدام الأفضل لمياه الصرف الصحي المعالجة ، فإن أحد التدابير المتخذة هو المراقبة الدورية والمنتظمة لاستخدام هذه المياه. تتم الموافقة على هذا الرصد من خلال تقييم تأثيرها على التربة والبحث عن حلول لحل أي مشاكل قد تنشأ.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي المعالجة ، إعادة الاستخدام ، الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة.