

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences appliquées

Département Hydraulique et Génie Civil



**Mémoire
MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Hydraulique
Filière : Hydraulique
Spécialité : Ressources Hydriques

Présenté par :

ZIANE Billal

**Etude de la porosité des sols irrigués par les eaux
usées épurées dans la zone de Ouargla**

Soutenu publiquement :

Le : 04/07/2019

Devant le jury :

Mr. Fortas Taher	M.A.A	Président	UKM Ouargla
Mr. Bouamrane Ali	M.C.B	Examineur	UKM Ouargla
Mme. El Fergougi Myriam Marie	M.C.A	Promotrice	UKM Ouargla
Mr. Boutaoutaou Djamel	Professeur	Membre invité	UKM Ouargla
Mme. Benlarbi Dallila	M.C.A	Membre invité	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2018 /2019

Dédicace

Je dédie ce modeste travail a tous personne qui men soutenu
du primaire jusqu' a arriver ou j'en suis aujourd'hui.

A ma mère .a mon père a mes grands-mères et mes grands-
pères mon frère Sawad et mes sœurs, à toute ma famille et mes
amis et mes voisins.

A mes collègues de l'Université de Kasdi Merbah Ouargla

A mes frères de la résidence universitaire et mon équipe de
basketball a Ouargla

Remerciement

Je remercie tout d'abord Allah qui m'a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail, je remercie ma famille.

Ce travail ne serait jamais vu la lumière sans la contribution efficace de tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, par leur appui en acquisition de documents et de matériels nécessaires, en accès à l'information ou par leur soutien moral et encouragements. A tous, je suis redevable et reconnaissant.

Dans ce chemin de reconnaissance, il y a des personnes qu'il faut citer.

Tout d'abord je remercie avec tout respect Mr Fortas Taher le président de jury et Mr Bouamrane Ali mon examinateur de la thèse.

Je remercie aussi ma promotrice Mme El Fergoug Maryem pour avoir consacré une partie de son temps pour m'encadrer et pour leur patience.

Je remercie avec tout respect Mr Boutaoutaou Djamel et Mme Benlarbi Dallila.

Un remercie spéciale pour Mr Hafsi pour sa disponibilité et tous les employeurs de laboratoire de travaux publics Ouargla.

Un remercie aussi Pour Mr Makhlouf S et tout l'équipage de l'office national d'assainissement de Ouargla.

Je remercie Mr Arif S et tous les employeurs de l'Agence National des Ressources Hydriques

Mes enseignants de filière d'hydraulique Mr Touil Y, Mr Kateb S, Mr Derdous O, et tous les enseignants de département de l'Hydraulique et Génie civil.

Et Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire.

SOMMAIRE

Résume.....	
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I 3

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

ETUDE THEORIQUE DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES POUR L'IRRIGATION ET LEURS EFFETS SUR LES SOLS AGRICOLES

I-1 Introduction.....	4
I-2 Réutilisation des Eaux Usées Epurés au niveau mondial.....	4
I-3 Réglementation de la réutilisation des eaux recyclées dans le monde.....	6
I-3-1 Recommandation de l'USPEA (united states agency of international development).....	6
I-3-2 Recommandations de l'Organisation Mondiale de Santee.....	8
I-3-3 Recommandations de l'Union Européenne.....	9
I-4 Objectifs de la réutilisation des eaux usées épurées.....	10
I-5 Directives de la FAO.....	10
I-6 Réutilisation des eaux usées traitées en Algérie.....	11
I-7 Réglementation Algérienne de réutilisation des eaux usées épurés	12
I-8 Modes de réutilisation des eaux usées traitées.....	14
I-8-1 Agriculture et Aquaculture.	15
I-8-2 Industrie	15
I-8-3 Milieu urbain et périurbain.....	15
I-8-4 Recharge des nappes	15
I-9 Risques associés à la réutilisation des eaux usées.....	16
I-9-1 Risque sanitaire.....	16
I-9-2 Risques environnementaux.....	16

CHAPITRE II

PRESENTATION DU CADRE NATUREL DE LA ZONE D'ETUDE 17

II.1 Introduction.....	18
II.2 Situation Géographiques	18
II.3 Situation Humaine	20
II.4 Aspect Climatique	20

II.5 Synthèse climatiques	25
II.6 Aspect géomorphologiques.....	25

CHAPITRE III

26

MATERIELS ET METHODES

III-1 Introduction.....	27
III-2 Matériels	27
III-2-1 Présentation du laboratoire	27
III-2-2 Site des sols étudiés.....	28
III-2-3 Matériels utilisés pour le prélèvement des échantillons.....	29
III-2-4 Echantillonnage de l'eau usée épuré.....	29
III-2-5 Site de prélèvement des eaux usées épurés.....	31
III-2-6 Dispositif expérimental	31
III-3 Méthode	33
III-3-1 Méthode d'identification de sol	33
III-3-2 Méthode utilisée pour l'analyse d'eaux usées épurées à la sortie de la STEP....	34
III-3-3 Méthode de contrôle des infiltrations des eaux usées traitées à travers les sols prélevés	36

CHAPITRE IV

37

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

IV-1 Introduction	38
IV -2 Résultats d'identifications des sols	38
IV- 3 analyses physiques des eaux usées traitées avant est après l'étude.....	41
IV-3-1 Concentration de la matière en suspension (MES) à la sortie de la station d'épuration de Ouargla (avant l'étude).....	41
IV-3-2 concertation des matières en suspension dans les eaux usées traités après chaque jour d'arrosage	41
IV -4 Interprétations des résultats de l'étude de la porosité des sols	41
IV-4-1. Sol 1 arrosée par les eaux usées traitées	42
IV-4-2. Sol 2 arrosée par les eaux usées traitées.....	45
IV-4-3. Sol 3 arrosée par les eaux naturelles	49
Conclusion partielle	52
Conclusion Générale.....	54
Références bibliographiques	
Annexes	

Page

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure N 1 Rejets des EUE (HM^3/An) par milieu récepteur	11
Figure N 2 Aspects de réutilisation des EUE dans les différentes régions du monde	14
Figure N 3 Situation de la cuvette de Ouargla	18
Figure N 4 Histogrammes de température de la région d'Ouargla 2008-2017	22
Figure N 5 Histogramme de précipitation de la région de ouergla 2008-2017	22
Figure N 6 Histogramme d'humidité de la région d'Ouargla 2008-2017	23
Figure N 7 Histogramme de vitesse de vent de la région de Ouargla 2008-2017	23
Figure N 8 Histogramme d'évaporation de la région de Ouargla 2008-2017	24
Figure N 9 Histogramme d'insolation de la région de Ouargla 2008-2017	24
Figure N 10 Diagramme ombrothermique de Gausson de la région d'Ouargla	25
Figure N 11 Laboratoire expérimental à l'université de Kasdi Merbah Ouargla	27
Figure N 12 Position des zones des prélèvements des échantillons des sols	28
Figure N 13 Prélèvement de sol	29
Figure N 14 Echantillon du sol	29
Figure N 15 Tamis	29
Figure N 16 Balance électronique	29
Figure N 17 Grande cuillère.	29
Figure N 18 citerne en plastique pleine des EUE	30
Figure N 19 seau en plastique pour le prélèvement	30

	Page	
Figure N 20	la conduite de sortie des eaux usées épurés vers le milieu naturel sebkha Sefioune par une conduite à ciel ouvert STEP SAID OTBA OUARGLA	30
Figure N 21	Schéma des Composantes de la station d'épuration de Ouargla	31
Figure N 22	colonnes en pvc plein de sol équipés par des entonnoirs	31
Figure N 23	petite citerne pour remplissage des colonnes par les eaux usées épurés	32
Figure N 24	entonnoir en plastique de diamètre 1 cm	32
Figure N 25	étuve	34
Figure N 26	rampe de filtration	34
Figure N 27	fiolle de 100 ml	34
Figure N 28	balance électronique	34
Figure N 29	Granulométrie des trois sols prélevés des terres agricoles de Ain El Baida, L'exploitation de l'ex LITAS et Bamendil	39
Figure N 30	Triangle de texture du sol pour la classification des trois sols prélevés	40
Figure N 31	variations des vitesses d'infiltrations des EUE dans le sol Ain El Beida en fonction d la hauteur de la bouteille en plastique	45
Figure N 32	variations des vitesses d'infiltrations des EUE dans le sol lex LITAS en fonction d la hauteur de la bouteille en plastique	48
Figure N 33	variations des vitesses d'infiltrations de l'eau naturelle dans le sol de Bamndil en fonction de la hauteur de la bouteille en plastique	51

LISTE DES TABLEAUX

		Page
Tableau N 1	Recommandations de l'USEPA concernant la réutilisation des eaux usées	7
Tableau N 2	Limites de concentrations recommandées en éléments toxiques dans les eaux usées épurées destinées l'irrigation	8
Tableau N 3	Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS (1989) pour la réutilisation en agriculture des eaux usées	9
Tableau N 4	Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation	10
Tableau N 5	Recommandations au niveau microbiologique pour la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation appliquées en l'Algérie	12
Tableau N 6	Recommandations au niveau microbiologique pour la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation appliquées en l'Algérie	13
Tableau N 7	Dairas, Communes, superficie	19
Tableau N 8	Population de la cuvette de Ouargla	20
Tableau N 9	Données climatiques de la région de Ouargla (2008-2017)	21
Tableau N 10	Echelle d'Atterberg qui classe les particules constituant la terre fine	33
Tableau N 11	Résultats de granulométrie du sol N 1 des terres agricole de la région d'Ain El-Beida	38
Tableau N 12	Résultats de granulométrie du sol N 2 des terres agricoles de l'exploitation de l'ex l'ITAS.	38
Tableau N 13	Résultats de granulométrie du sol N 3 des terres agricoles de la région de Bamndil	39
Tableau N 14	Résultats des analyses physiques des eaux usés épurés concernant les MES après l'arrosage des sols prélèves	41
Tableau N 15	Résultats d'arrosage compagne 1 du sol 1 (sable limoneux)	43
Tableau N 16	Résultats d'arrosage compagne 2 du sol 1 (sable limoneux)	43
Tableau N 17	Résultats d'arrosage compagne 3 du sol 1 (sable limoneux)	43
Tableau N 18	Résultats d'arrosage compagne 4 du sol 1 (sable limoneux)	44
Tableau N 19	Résultats d'arrosage jour 5 du sol 1 (sable limoneux)	44

Tableau N 20	Résultats d'arrosage compagne 6 du sol 1 (sable limoneux)	44
Tableau N 21	Résultats d'arrosage compagne 1 du sol 2 (sable limoneux)	46
Tableau N 22	Résultats d'arrosage compagne 2 du sol 2 (sable limoneux)	46
Tableau N 23	Résultats d'arrosage compagne 3 du sol 2 (sable limoneux)	47
Tableau N 24	Résultats d'arrosage compagne 4 du sol 2 (sable limoneux)	47
Tableau N 25	Résultats d'arrosage compagne 5 du sol 2 (sable limoneux)	47
Tableau N 26	Résultats d'arrosage compagne 6 du sol 2 (sable limoneux)	48
Tableau N 27	Résultats d'arrosage compagne 1 du sol 3 (sable)	49
Tableau N 28	Résultats d'arrosage compagne 2 du sol 3 (sable)	50
Tableau N 29	Résultats d'arrosage compagne 3 du sol 3 (sable)	50
Tableau N 30	Résultats d'arrosage compagne 4 du sol 3 (sable)	50
Tableau N 31	Résultats d'arrosage compagne 5 du sol 3 (sable)	50
Tableau N 32	Résultats d'arrosage compagne 6 du sol 3 (sable)	51

Introduction générale

Les eaux usées épurées traitées sont bien utilisées dans le domaine agriculture et aquaculture dans quel pays.

Il existe plusieurs procédés d'épuration des eaux usées permettent l'obtention des eaux usées traitées, l'une de ces technique utilisée au niveau mondiale et national est l'épuration par lagunage qui est basée sur l'élimination des paramètres de pollution par traitement mécanique et un traitement biologique et de clarification.

La STEP se compose d'un prétraitement qui est basé sur l'élimination des déchets solides, les huiles et le sable. La décantation des particules colloïdales et l'élimination de la matière organique (MO) et la matière minérale (MM).

Le domaine d'agriculture en Algérie est base nécessairement sur la qualité et la quantité des eaux d'irrigation superficielle ou bien souterraine. Le réussite de ce domaine repose surtout sur la qualité des eaux.

Les eaux usées épurés sont des eaux de rejets humaines passent par des procédés de traitement avec la construction des stations d'épuration. Actuellement les eaux usées épurés sont utilisée juste pour l'irrigation.

Pour cela notre recherche consiste à suivre le processus de l'irrigation par les eaux uses épurées dans la zone de Ouargla

Le changement de la porosité du sol peut être dû au bouchage des pores du sol par les dépôts de la matière en suspension qui se trouvent dans l'eau d'irrigation.

Les buts de notre étude sont

- contrôler et suivre l'effet de la matière en suspensions dans les eaux usées épurés sur la porosité des sols agricoles sahariens par un système d'irrigation similaire avec échantillonnage.
- l'impact de ces eaux sur le changement de la perméabilité des sols irrigués.

Cette étude se compose :

D'une étude bibliographique.

Nous allons présenter les eaux usées, normes de rejets d'une eau usées d'une manière mondiale et locale. Après on définit le mode de réutilisation des eaux usées épurés traitées ainsi que les conditions d'usage et les règlements.

Et une étude expérimentale représente :

- la zone d'étude
- Matériels utilisés
- Résultats et interprétation des résultats
- Conclusion

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

ETUDE THEORIQUE DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES POUR L'IRRIGATION ET LEURS EFFETS SUR LES SOLS AGRICOLES

I-1 Introduction

Plusieurs travaux de recherches ont été réalisés concernant l'impact des eaux sur les sols irrigués. On cite quelques recherches effectuées dans ce domaine.

Selon Attab S, (2013). Une eau usée est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ».

I-2 Réutilisation des Eaux Usées Epurées au niveau mondial

Selon Lazarova V et Brissaud F, (2007), la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance de l'ordre de 10 à 29 % par an, en Europe, aux États Unis et en Chine, 41 % en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint 1,5 à 1,7 millions de m³ par jour dans plusieurs pays, exemple en Californie, en Floride, au Mexique et en Chine.

En Italie la réutilisation des eaux usées est devenu un enjeu politique important. En 2005, la ville de Milan a démarré la plus grande usine de réutilisation des eaux usées en Europe avec une capacité moyenne de traitement 345.000 m³/j. Cette usine permet de recycler les eaux usées traitées et désinfectées pour irriguer 22000 hectares de cultures maraîchères.

Selon Global Water Intelligence, (2005), ont trouvé que seulement 5% des eaux usées traitées de la planète sont réutilisées, ce qui représente un volume global d'environ 7,1 km³ (milliards de m³) par an, soit 0,18% de la demande mondiale en eau. La demande globale en eau est estimée à environ 4000 km³ par an, ce qui représente environ 30% des ressources d'eau douce renouvelables.

La réutilisation des eaux usées prend une place très promotionnelle à travers le monde entier. D'après Peasey A et al (2000), en Amérique Latine, environ 400 m³/s d'eaux usées brutes sont rejetées dans les rivières et 500 000 hectares de terres agricoles sont irrigués avec des eaux usées, au Mexique 350000 ha, Chili 16000ha, Pérou 5500ha et Argentine 3700ha.

Selon le même auteur, le Mexique, a débuté l'irrigation avec les eaux usées depuis 1926 pour différents types de cultures. Malheureusement, seulement 11% de ces eaux sont traitées, pour irriguées 350 000 hectares.

Selon Baumont S (2004), l'état de Californie utilise pour l'irrigation 63 % de ces eaux usées recyclées par contre en Floride seulement 34%.

En Espagne le Plan Hydrologique adopté par le gouvernement en 2000, a prévu l'usage exclusif des eaux recyclées pour l'irrigation de 300 golfs.

Selon Esteban R,(2006), plus de 408 millions de m³ par an des eaux usées déjà réutilisées en Espagne en 2004 , les villes de Barcelone, Madrid, Valence et Vitoria ont mis en route de nouveaux projets de réutilisation des eaux usées à grande échelle, avec une diversification des usages et une augmentation considérable de la capacité de production d'eau recyclée de très bonne qualité.

D'après Ounaies F et al (1992), la Tunisie a depuis longtemps procède à des actions de recherches, d'expérimentations dans le domaine. Les superficies irriguées avec des eaux recyclées passeront de 2400 ha actuellement à 23000 ha dans dix ans futur.

Selon le Rapport National de Maroc (2011), le Maroc est un pays qui connaît une grande progression de la réutilisation des eaux usées épurées, seul 12% sont réutilisées actuellement. Ce taux passera à 22% en 2020 si on collecte les eaux usées déversées dans la mer. Il atteindra environ 100% à l'horizon 2030 (objectif fixé par la stratégie du développement du secteur de l'eau). L'usage de ces eaux usées traitées touche le secteur agricole (couvrant actuellement une superficie d'environ 550 hectares et atteindra 4000 hectares à l'horizon 2020), l'arrosage des golfs et des espaces verts, la recharge des nappes et le recyclage en industrie.

Condom M et al (2012) a trouvé que dans les régions méditerranéennes, l'irrigation consomme en moyenne près de 65% des ressources en eau conventionnelles, plus de 80% dans les pays du Sud et de l'Est.

Selon Nicolas C et al (2015), en Égypte la gestion des eaux usées est intrinsèquement liée aux eaux du Nil favorisant la réutilisation indirecte. Les pratiques agricoles et les cultures se sont adaptées à la qualité des eaux.

D'après le même auteur, en Palestine Les expériences de réutilisation des eaux sont encore faibles. Les villages d'Anza et de Beit Dajan en Cisjordanie produisent des cultures grâce à une utilisation sûre et durable d'eaux usées. Au niveau de la station d'épuration de Sheikh Ajle en (Bande de Gaza), les eaux usées partiellement traitées sont réutilisées pour irriguer des plantations d'agrumes, d'oliviers et de palmiers. La rentabilité économique y est très élevée pour les agricultures (économies en apports de nutriments, meilleurs rendements).

D'après Belaid N (2010), la Jordanie se rapproche de son objectif de réutilisation de 100% des EU. Environ 90% des 73 millions de mètres cubes d'eau récupérées sur les 19 stations de traitement des eaux usées sont aujourd'hui réutilisés, directement et indirectement, dans l'industrie, l'aménagement et l'agriculture.

Selon Belaid N (2010), au Royaume Arabie Saoudite, la réutilisation des eaux usées traitées a atteint 15% pour l'irriguer 9500 ha des dattiers.

I-3 Réglementation de la réutilisation des eaux recyclées dans le monde

Selon Adjeroud K(2016), les facteurs climatiques, géologiques et géographiques de chaque pays avec les concepts politiques et sociaux provoquent l'inexistence de la réglementation commune concernant la réutilisation des eaux usées.

Food and Agriculture Organisation FAO, (2007) pense que l'élimination des risques microbiologiques et chimiques est le principal objectif du traitement des eaux usées destinées à être réutilisées. Afin de garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes, des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différentes cultures.

I-3-1 Recommendation de l'USPEA (United States Environmental Protection Agency)

L'USEPA (2004) a publié en 1992, en collaboration avec l'USAID (united states agency of international development) ses propres recommandations sur la réutilisation des EUT, intitulées "Guidelines for Water Reuse". Contrairement à l'OMS, ces recommandations ne

sont pas basées sur des études épidémiologiques ni sur une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Ces normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes.

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency, 2004) a publié, en collaboration avec l'USAID (United States agency of international development), des recommandations sur la réutilisation des eaux usées traitées. Plusieurs paramètres sont pris en compte à savoir le pH, la DBO, la turbidité ou les MES et microbiologiquement seul les coliformes fécaux permet de juger la qualité de l'eau.

Tableau N 1 : Recommandations de l'USEPA concernant la réutilisation des eaux usées épurées
(USEPA, 2004)

Type d'utilisation	Qualité de l'eau récupérée	Traitement
Utilisations urbaines, cultures brutes. Les fourrières récréatives	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH = 6 – 9 ▪ ≤ 10 mg/L BOD ▪ ≤ 0 NTU ▪ fécale détectable coliformes /100 ml ▪ >1 mg/L Cl₂ résiduaire 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secondaire ▪ Filtration ▪ désinfection
Irrigation dans les zones d'accès restreint, produits alimentaires transformés non alimentaires cultures, retenues esthétiques, usages de la construction, industriels refroidissement, réutilisation environnementale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH = 6 – 9 ▪ ≤ 30 mg/L BOD ▪ ≤ 30 mg/l TSS ▪ ≤ 200 fécale coliformes /100 ml ▪ >1 mg/L Cl₂ résiduaire 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secondaire ▪ désinfection
Recharge des eaux souterraines d'aquifères non-potables par épandage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site spécifique et utilisation dépendante 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site spécifique et utilisation dépendant ▪ Primaire (minimum)
Recharge des eaux souterraines d'aquifères non-potables par injection	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site spécifique et utilisation dépendante 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site spécifique et utilisation dépendant ▪ Secondaire
Recharge des eaux souterraines de l'eau potable aquifères en épandage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Site spécifique ▪ respecter les normes relatives à l'eau potable après percolation à travers vasode / un 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secondaire ▪ désinfection ▪ Peut aussi avoir besoin de filtration et eaux usées avancées
Recharge des eaux souterraines de l'eau potable aquifères par injection, augmentation de surfaces	<p>Comprend les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ pH = 6.5-8.5 ▪ ≤ 10 mg/L BOD ▪ ≤ 2 NTU ▪ fécale détectable coliformes /100 ml ▪ >1 mg/L Cl₂ résiduaire ▪ ≤ 3 mg/L TOC ▪ ≤ 0.2mg/L TOX ▪ respecter les normes relatives à l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secondaire ▪ Filtration ▪ Désinfection ▪ Eaux usées avancées

Belaïd N (2010), indique que Les recommandations de l'USEPA concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées (usage urbain, agricole, industriel, recharge de nappe, etc.) Ce qui en fait un outil puissant. Précisons que chaque état américain peut lui-même fixer ses propres recommandations, en s'inspirant plus ou moins de celles de l'USEPA.

Ainsi, les normes californiennes "Title 22" sont extrêmement sévères, et ont inspiré de nombreuses réglementations dans le monde. Dans les recommandations de l'USEPA plusieurs paramètres sont pris en compte : le pH, la demande biologique en oxygène (DBO5), la turbidité ou les solides en suspension et les coliformes fécaux.

Tableau N 2 : Limites de concentration recommandées en éléments toxiques dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (Journal Officiel de la République Algérienne, 2012 N^o 41)

Paramètre	Concentration en long terme (mg/l)	Concentration en court terme (mg/l)
Aluminium	5	20
Arsenic	0.1	2
Béryllium	0.1	0.5
Bore	0.75	2
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1
Cobalt	0.05	5
Cuivre	0.2	5
Cyanures	0.05	0.5
Fluor	1	15
Fer	5	20
Phénols	0.005	0.002
Plomb	5	10
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10
Mercur	0.01	0.01
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1
Zinc	2	10

I-3-2 Recommandations de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS)

L'Organisation Mondiale de Santé (2006) a publié de nouvelles lignes directrices sur l'utilisation des eaux usées qui tiennent compte des situations locales et privilégient les moyens à prendre pour réduire aux minimums les risques sanitaires posés par ces eaux. Cette approche peut inclure la combinaison des éléments suivants, le traitement des eaux usées, la restriction des cultures, les techniques d'irrigation, le contrôle de l'exposition aux eaux usées ainsi que le lavage, la désinfection et la cuisson des produits.

D'après Belaid N (2010), les deux recommandations (OMS et USEPA) s'opposent à plusieurs points de vue. Une des différences concerne le niveau de traitement recommandé. Il est dit dans le document de l'OMS qu'un traitement extrêmement efficace peut être atteint par des bassins de déstabilisations, alors que l'USEPA n'évoque que des traitements de désinfection tertiaire type chloration, ozonation.

L'OMS préconise de contrôler le nombre de nématodes. L'USEPA recommande le comptage des coliformes totaux comme unique contrôle de la qualité microbiologique. En général, l'OMS est taxée d'être trop laxiste et l'USEPA préconise des traitements trop chers et trop technologiques, inaccessibles aux pays en voie de développement.

Tableau N 3 : Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS (1989) pour la réutilisation en agriculture des eaux usées.

Catégorie	Condition de réutilisation	Groupe expose	Nématodes intestinaux	Coliformes intestinaux Mg/l	Procède de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinée à être consommée crues, des terrains de sport des espaces verres	Ouvriers agricoles, consommateurs public	1	1000	Une série de bassin de stabilisation conçus de manière obtenir la qualité microbiologique voulue ou toute autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation de cultures céréalières industrielles et fourragères des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassin de stabilisation pendant 8-10 jours ou toute autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localises des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne seront pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

I-3-3 Recommandations de l'Union Européenne

Selon Belaid N (2010), l'Union Européenne accuse un retard en termes de législation sur la réutilisation des eaux usées épurées, puisqu'elle se limite à cette phrase de l'article 12 de la directive CEE numéro 91/271 de 1991 sur les eaux usées, qui établit que "des eaux usées traitées devront être réutilisées quand ce sera approprié". Cette lacune n'a pas empêché les pays membres d'adopter leur propre réglementation, sans homogénéisation à l'échelle européenne.

En effet, aujourd'hui, certains pays comme l'Italie s'inspirent des normes américaines, et d'autres, comme la France, des normes de l'OMS.

Les pays d'Europe qui ont une réglementation sont l'Italie, l'Espagne et la France. Certains pays tels que l'Espagne, Chypres et l'Italie. Ces pays ont tendance à adopter des normes plus strictes que celle de l'OMS. L'Italie est le premier à avoir adopté une réglementation en 1977 qui suit dans les grandes lignes l'approche californienne.

I-4 Objectifs de la réutilisation des eaux usées épurées

Selon Bas-Rhône et Languedoc, la Compagnie de (2011) d'aménagement et de la réutilisation des eaux usées épurées avait pour objectif de :

- Protéger l'environnement, qu'il soit marin ou souterrain, afin de permettre le maintien d'usages ou de biodiversités en aval.
- bâtir un projet de réutilisation en vue d'une limitation du rejet dans l'environnement, voire atteindre un rejet zéro dans le milieu.
- Préserver la ressource pour faire face à une situation de stress hydrique.

I-5 Directives de la FAO

Selon Ayers R.S et Wastcot D.W, (1994), la FAO a établi en 1974 des directives spécifiques concernant la qualité physicochimique et d'éléments traces métalliques de l'eau d'irrigation dans lesquelles l'accent était mis sur l'influence à long terme de la qualité de l'eau, sur la production agricole, sur les conditions du sol et les techniques culturales.

Tableau N 4. Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO, 1985).

Problème potentiel en irrigation	Unité	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à Modéré	Sévère
Salinité				
Conductivité électrique ou	dS/m	< 0,7	0,7-3,0	> 3,0
TDS		< 450	450-2 000	> 2 000
Infiltration				
SAR=0-3 et CE		> 0,7	0,7-0,2	< 0,2
= 3 - 6	dS/m	> 1,2	1,2-0,3	< 0,3
= 6 - 12		> 1,9	1,9-0,5	< 0,5
= 12 - 20		> 2,9	2,9-1,3	< 1,3
= 20 - 40		> 5,0	5,0-2,9	< 2,9
Toxicité spécifique des ions				
Sodium (Na)	méq/L	< 3	3-9	> 9
Irrigation de surface Irrigation par aspersion	méq/L	< 3 < 4	> 3 4-10	/ > 10
Chlorure dans les eaux de surface	méq/L	< 3	> 3	>3,0
Chlorure dans les eaux irriguées par aspersion	mg/L	< 0,7	0,7-3,0	
Bore (B)				
Effets divers				
Azote (NO ³ N)	mg/L	< 5	5-30	> 30
Bicarbonate (HCO ³)	méq/L	< 1,5	1,5-8,5	> 8,5
pH		Gamme normale 6,5 - 8,4		

CE la conductivité électrique en déci Siemens par mètre à 25°C.

SAR le taux d'adsorption de sodium (sodium adsorption ratio).

NO³ N l'azote sous forme de nitrate rapporté en termes d'azote élémentaire.

I-6 Réutilisation des eaux usées traitées en Algérie

D'après Medkour M (2002), à l'état actuel, l'Algérie s'intéresse progressivement à la protection de l'environnement. Ceci nécessite dans un premier temps d'identifier et de quantifier les volumes d'eaux usées rejetées par les agglomérations à travers le pays. Le volume d'eaux usées rejetées annuellement par les agglomérations dépassant 20.000 habitants est estimé à 58 300 m³ par an. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation concerne en priorité les zones déficitaires en eau naturelle qui devient de plus en plus rare.

Selon Tecsul T (2007), les EUE rejetées dans les sebkhas et la mer représentaient 77% du volume total des eaux usées traitées. Figure N 1

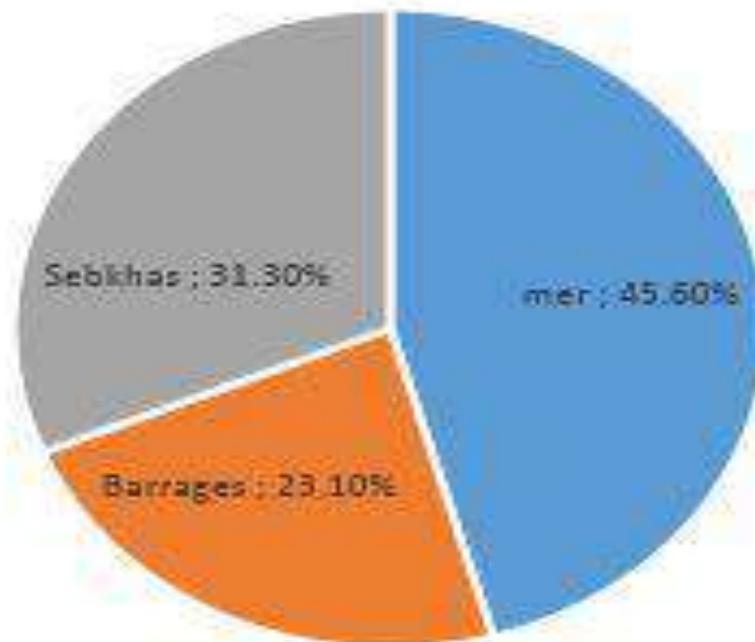


Figure N 1. Rejets des EUE (HM³/An) par milieu récepteur (TECSUL T, 2007).

Selon le ministère des ressources en eau MRE (2003), le volume annuel des eaux usées est estimé à 600 millions de m³, dont 550 millions de m³ correspond aux agglomérations de taille supérieure à 50 000 habitants.

Selon Medkour M (2003), la capacité totale de traitement est de 4 millions de m³ équivalent habitants pour une population de 2,5 millions d'habitants raccordés à un réseau, cela signifie que seulement 20 % de la population raccordée à un réseau d'assainissement bénéficie du traitement de ses eaux usées.

Selon l'étude de TECSUL T (2007), les volumes des eaux usées épurées subiront une augmentation annuelle de plus de 23 Hm³ alors que celle des eaux usées collectées sera d'environ 35 HM³/An. Le taux d'épuration actuel passera de 40% (2004) à 57% (2030).

Selon Hartani T (2004), les eaux réutilisables utilisées pour l'irrigation représentent le tiers des eaux usées épurées produites annuellement en Algérie.

I-7 Réglementation Algérienne de réutilisation des eaux usées épurées

Les organismes nationaux algériens responsables de la production des eaux usées traitées utilise cette dernière comme un excellent alternatif pour irrigation.

Dans les zones sahariennes d'après ONA, les ressources en eaux souterraines se divisent en deux catégories, la première se trouve en grande profondeur est non renouvelables et la deuxième est salée d'où la réutilisation des eaux usées traitées on respectant les normes cité ci-dessous apparait comme une solution très conseillé.

Tableau N 5 : Recommandations au niveau microbiologique pour la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation appliquées en l'Algérie (Journal officiel de la république algérienne, 2012 N^O 41).

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml)	nématodes intestinaux (œufs/l)
	(moyenne géométrique)	(moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive.		
Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits.		
Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	< 0,1
Arbres fruitiers (1).		
Cultures et arbustes fourragers (2).	Seuil	
Cultures céréalières.	recommandé	< 1
Cultures industrielles (3).	<1000	
Arbres forestiers.		
Plantes florales et ornementales (4)		
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6)	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé du sol.

(2) L'irrigation par aspersion est à éviter.

I-8 Modes de réutilisation des eaux usées traitées

Selon OMS (1989), La réutilisation des eaux usées est répandue dans le monde entier avec plusieurs types dévalorisation. 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.

D'après Bioxio D et al. (2008), Il y a 4 catégories de réutilisation de EUE à travers le monde entier.

Cependant, ces proportions varient selon les régions dans le monde. Selon Ecosse 2001, la réutilisation des EUT pour l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques couvrent respectivement 70 %, 20 %, 10 % de leur demande en eau.

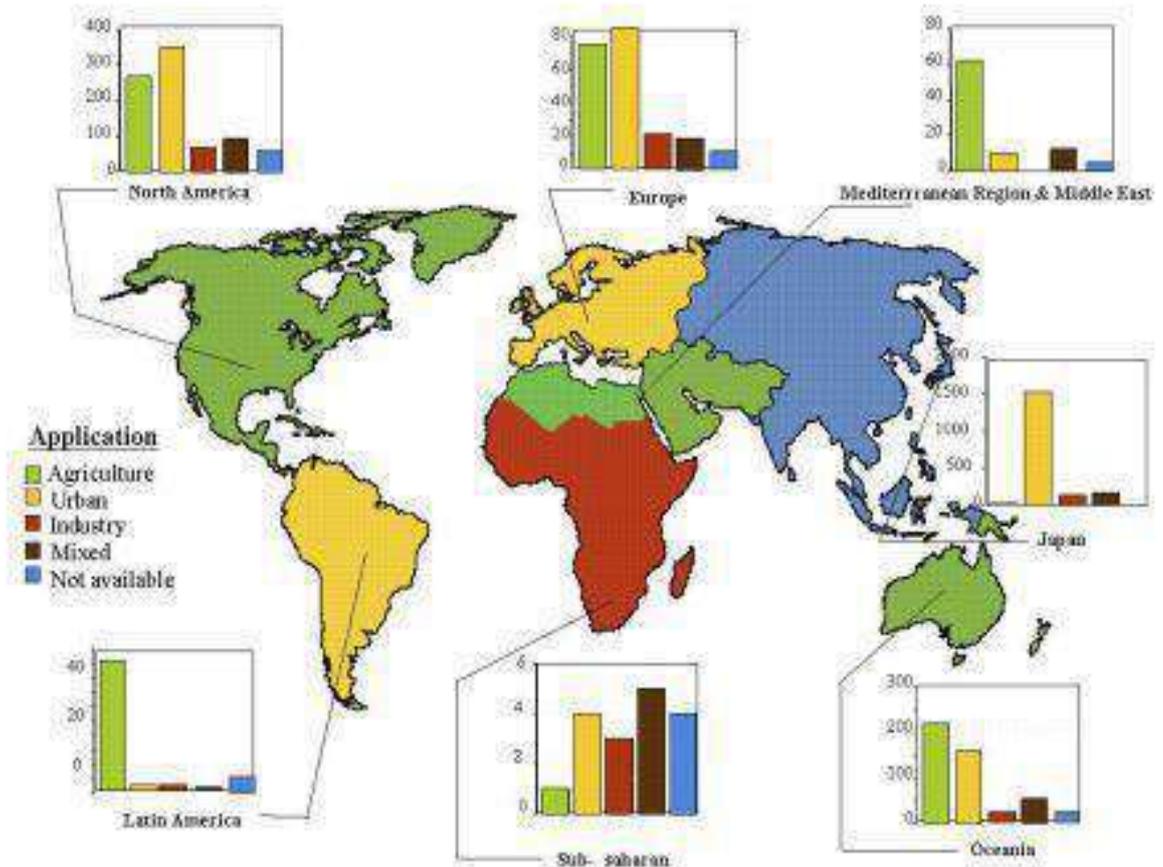


Figure N 2 .Aspects de réutilisation des EUE dans les différentes régions du monde (Bioxio et al. 2005)

I-8-1 Agriculture et Aquaculture

D'après Lazarova V, (1998) La plupart des domaines de réutilisation des EUE sont les domaines agricoles, la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles. Selon OMS, (1989), la

production commerciale du poisson dans des étangs avec les EUT est une pratique courante en Asie du sud et en Chine. Il existe en Inde, plus de 130 réseaux de viviers fertilisés par des eaux usées, couvrant une superficie d'environ 12 000 ha. La plupart sont situées dans l'Ouest du Bengale. Le plus vaste système d'aquaculture alimenté par des eaux usées se trouve à Calcutta.

I-8-2 Industrie

Selon OMS, (1989) l'usage des EUE a reçu une grande importance car il conduit vers une suffisance technique et économique à travers le monde. Pour certains pays, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau pour l'industrie. Selon En Arabie Saoudite, 15000 m³/j des EUT issue de la ville de Riyadh sont réutilisés dans les circuits de refroidissement de la raffinerie pétrolière de la région.

I-8-3 Milieu urbain et périurbain

Selon Miller K (1990), les usages urbains et périurbains des eaux usées ayant subi un traitement se développent rapidement et deviennent un élément fondamental de la politique de gestion intégrée de l'eau dans les grandes agglomérations. Les bénéfices obtenus sont importants. Il faut noter en premier, la réduction de la demande en eau potable qui peut atteindre 10-15 %, voire 40 % dans les zones résidentielles avec beaucoup d'espaces verts. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à de tels usages sont très sévères et voisines de celles en vigueur pour l'eau potable. Dans ce cas, les filières de traitement se rapprochent de celles de la production d'une eau potable.

I-8-4 Recharge des nappes

Selon Belaid N(2010), La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité physico-chimique et/ou la diminution de sa capacité. 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.

I-9 Risques associés à la réutilisation des eaux usées

I-9-1 Risque sanitaire

D'après Sheikh B et al, (1999), il est prouvé depuis longtemps que les micro-organismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes. Selon Asano T, (1998) les pathogènes survivent plus longtemps sur le sol que sur les plantes.

Peasey A et al, (2000), ont trouvé que l'irrigation souterraine ou gravitaire peuvent cause une contamination directes sur le sol et la qualité des eaux souterraines ainsi que l'irrigation par aspersion crée des aérosols contaminants qui peuvent être transportés sur de longues distances. Donc l'irrigation gravitaire cause des grands risques sanitaires.

I-9-2 Risques environnementaux

Effets sur le sol

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité chimique et physique, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- la salinisation,
- l'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- l'accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- l'accumulation de nutriments.

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.

Effets sur les eaux de surface

La concentration élevée en nitrogène et phosphore dans les eaux usées est d'un intérêt particulier lorsqu'elles sont mélangées aux eaux du barrage avant l'irrigation, 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 en y associant, en particulier à l'obstruction des systèmes d'irrigation pressurisés. Ce problème est un des soucis majeurs des agriculteurs.

CHAPITRE II

PRESENTATION DU CADRE NATUREL DE LA ZONE D'ETUDE

II.1 Introduction

Dans le cadre de ce chapitre, nous présentons les principales données que nous avons recueillies qui concernent le cadre général de notre région d'étude.

II.2 Situation Géographiques

La région de Ouargla se trouve au Sud- Est de l'Algérie à 800 km de la capitale Alger. Elle est située à une altitude de 134 m à des coordonnées de 31°58 Nord et 5° 20' Est, (Rouvillois-Brigol, 1975). D'après ce dernier, celle-ci se situe au fond d'une cuvette de la basse vallée de l'Oued Mya. Cette vallée fossile est bordée au Nord par le seuil de Bour El Haïcha., Elle inclut les agglomérations de Ouargla, N'Goussa, Rouissat, Ain El Beida et Sidi Khoulied (Figure N 3).

La distance du Sud au Nord est de 70 km, celle de l'Est à l'Ouest de 20 km. ANRH (2012)

X = 710'000 ; Y = 3'530'000 et

X = 730'000 ; Y = 3'600'000

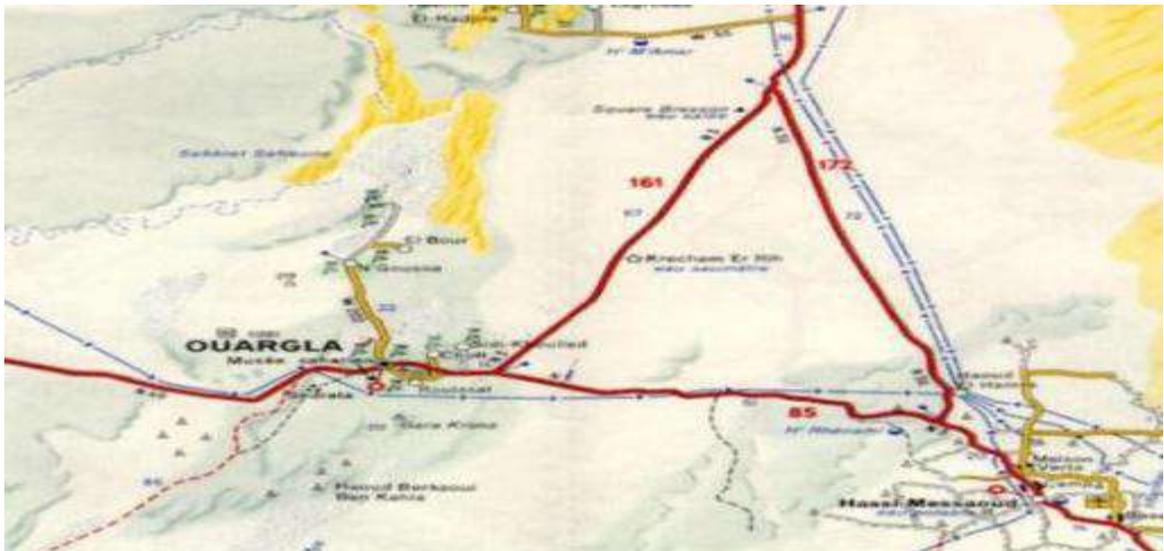


Figure N 3 : Situation de la cuvette de Ouargla (BONNARD et GARDEL, 2003)

La Wilaya de Ouargla couvre une superficie de 163230 Km² .Elle demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Elle compte actuellement 21 communes regroupées en 10 daïras selon la répartition suivante, (Tableau N 7).

Tableau N 7 .Daïras, Communes, superficie

Daïra	Commune	Superficie km²
Ouargla	Ouargla,	2887
	Rouissat	7331
N'Goussa	N'Goussa	2907
Sidi Khouiled	Sidi Khouiled,	131
	Aïn Beïda,	1973
	Hassi Ben Abdellah	3060
Hassi Messaoud	Hassi Messaoud	71237
El Borma	El Borma	47261
El-Hadjira,	El-Hadjira,	2459
	El-Alia	658
Temacine	Temacine,	300
	Blidet-Amor	250
Touggourt	Touggourt,	216
	Nezla,	132
	Tebesbest,	26
	Zaouia El-Abidia	30
Megarine	Megarine,	285
	Sidi Slimane	
Taïbet	Taïbat,	4562
	Bennaceur,	2593
	M'Nagueurn	8933

II.3 Situation Humaine

Population

Ouargla a l'avantage de situé au Nord-Est de l'Algérie ainsi que sa proximité des gisements pétroliers, De ce fait, elle est devenue progressivement un pôle administratif et industriel pour le Sahara. La population résident dans toute la cuvette est de 254 411 habitants pour l'année 2011 selon D.P.A.T (Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire), (2012). La grande partie de la population est concentrée dans la commune de Ouargla et de Rouissant. (Tableau N 8)

Tableau N 8 .Population de la cuvette de Ouargla (D.P.A.T 2012)

Commune	Population 2010	Population 2011	Taux accroissement %
Ouargla	137585	139924	1,7
Rouissant	62913	65178	3,6
Sidi khouiled	10173	10926	7,3
Ain- Beida	20120	20683	2,8
N'goussa	17319	17700	2,2
population Ouargla	248110	254411	3.54

II.4 Aspect Climatique

Selon Ramsar, 2005, la région de Ouargla appartient au secteur du Sahara septentrional, ceci justifie sa position dans l'étage bioclimatique saharien.

D'après Rouvillois-Brigol, 1975, le climat de Ouargla est particulièrement contraste malgré la latitude relativement septentrional. La région de Ouargla est caractérisés par un climat aride, avec des températures très élevés et pluviométrie trop faible, une évapotranspiration forte et par une vie biologique de l'écosystème réduite. Le (Tableau N 9) présente les données climatiques de la région d'étude.

Tableau N 9 .Données climatiques de la région de Ouargla (2008-2017) (O.N.M, 2018)

Paramètre Mois	Tmin en °C	Tmax en °C	Tmoy en °C	H en %	V en m/s	P en mm	Evap en mm	Ins en Heure
Janvier	3.5	18.0	10.8	65	8.8	16.2	61.6	249.0
Février	3.4	17.3	10.3	59	9.6	5.5	80.8	273.0
Mars	8.8	24.5	16.6	53	8.5	1.0	132.4	252.8
Avril	14.5	30.4	22.4	41	10.8	3.5	209.1	293.4
Mai	19.6	35.5	27.6	33	10.2	0.0	312.3	328.1
Juin	27.4	43.2	35.3	30	8.9	0.0	353.6	231.5
Juillet	28.6	44.8	36.7	26	8.9	1.3	382.3	320.8
Août	27.0	43.1	35.1	28	9.0	0.3	367.6	349.2
Septembre	21.7	38.2	30.0	33	8.7	4.6	332.9	285.5
Octobre	18.2	33.4	25.8	39	8.1	0.7	278.3	258.9
Novembre	11.9	26.3	19.1	54	7.7	0.0	146.8	236.2
Décembre	3.7	19.9	11.8	58	6.8	0.0	90.6	239.7
Moyenne annuelle	15.7	31.2	23.5	43.2	8.9	33.1	229	276.5

T max : Moyenne mensuelles des températures maximales en °C.

T min : Moyenne mensuelles des températures minimales en °C.

Tmoy : Moyenne mensuelle des températures maximale et minimale en °C.

H : Humidité relative en %.

V : Vitesse de vent en m/s.

P : Pluviométrie en mm.

E : Evaporation en mm.

I : Insolation en heure.

Température de l'air

La région de Ouargla selon l'ONM de Ouargla est caractérisée par des températures très élevées, la température moyenne annuelle est de 23,5 °C, avec 36,7°C en Juillet pour le mois le plus chaud et 10,3°C en Janvier pour le mois le plus froid, avec des extrêmes de Max = 44,8°C en Juillet et Min =17,3°C en février. Ces températures sont causées par le climat désertique aride et sec. (Figure N 4).

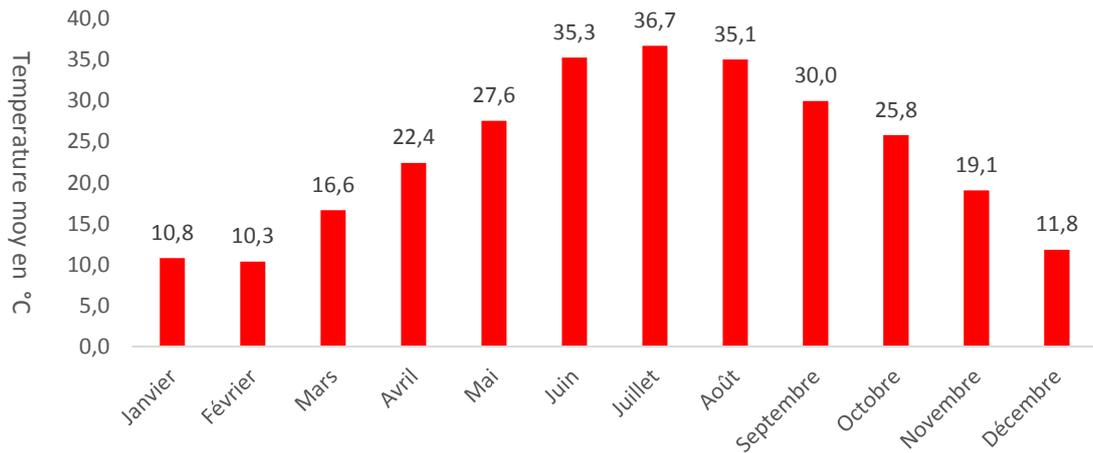


Figure N 4 .Histogrammes de température de la région d'Ouargla 2008-2017

Pluviométrie

D'après l'office national de météorologie d'Ouargla l'ONM, les valeurs moyennes annuelles des précipitations enregistrées sur une période de dix ans (2008- 2017) est de 33,1 mm. Ceci montre bien que l'apport pluvial est extrêmement faible. La période pluviale de l'année est très restreinte ; elle est de 2 à 3 mois par contre, la période sèche s'étale sur le reste de l'année (Figure N 5).

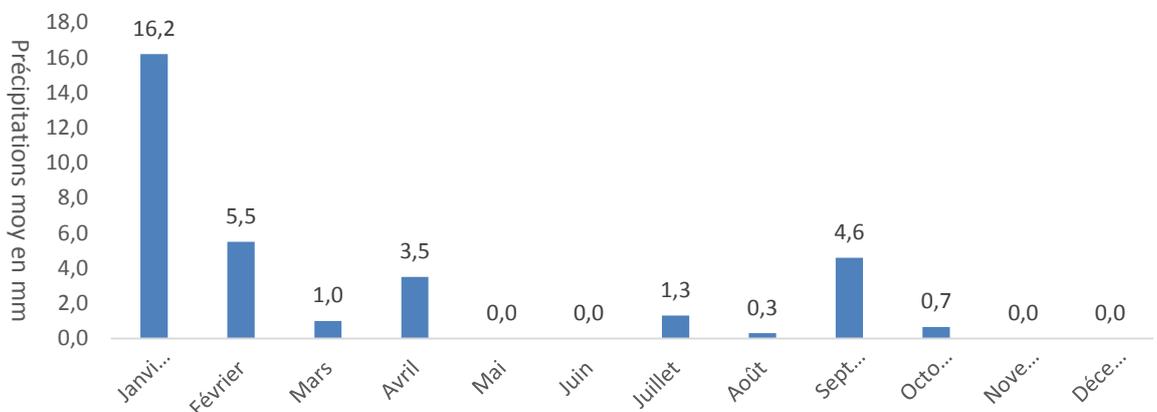


Figure N 5 .Histogramme de précipitation de la région de Ouargla 2008-2017

Humidité de l'air

D'après L'ONM de Ouargla. L'humidité de l'air est très faible. La moyenne annuelle est de 43,2 %. Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 26 % au mois de juillet, sous l'action d'une forte évaporation, et des vents chauds, alors qu'en hiver, elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 65% au mois de janvier. (Figure N 6).

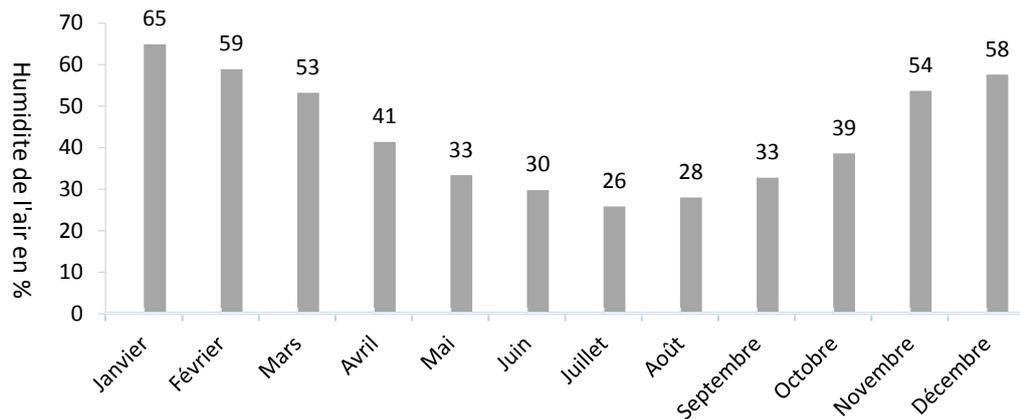


Figure N 6...Histogramme d'humidité de la région d'Ouargla 2008-2017

Vitesse de vent

Les vents sont fréquents toute l'année, durant la période 2008-2017. selon L'ONM de Ouargla a enregistré une vitesse moyenne annuelle de 8.9 m/s. un maximum de 10,8 m/s en avril et un minimum de 6,8 m/s en décembre. La direction dominante des vents dans la région d'Ouargla est Nord-Nord-Ouest. la figure représente les vitesses de vent de la période. (Figure N 7)

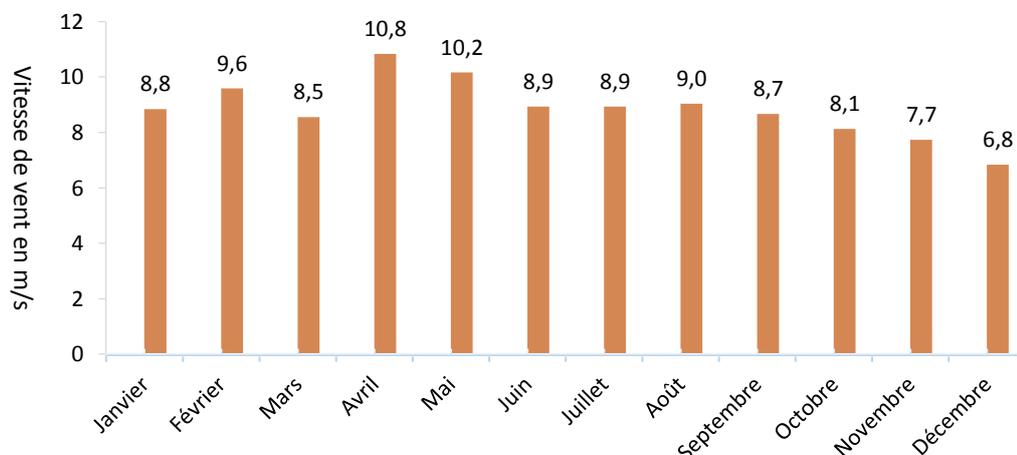


Figure N 7. Histogramme de vitesse de vent de la région de Ouargla 2008-2017

Evaporation de l'eau

L'ONM de Ouargla indique que l'évaporation dans la région est très élevée, elle est en maximum de 382.3 mm au mois de juillet et en minimum de 61.6 mm au mois de janvier, soit 235,7 mm moyenne annuelle, elle est très variable suivant les années, les mois et aussi les semaines. (Figure N 8).

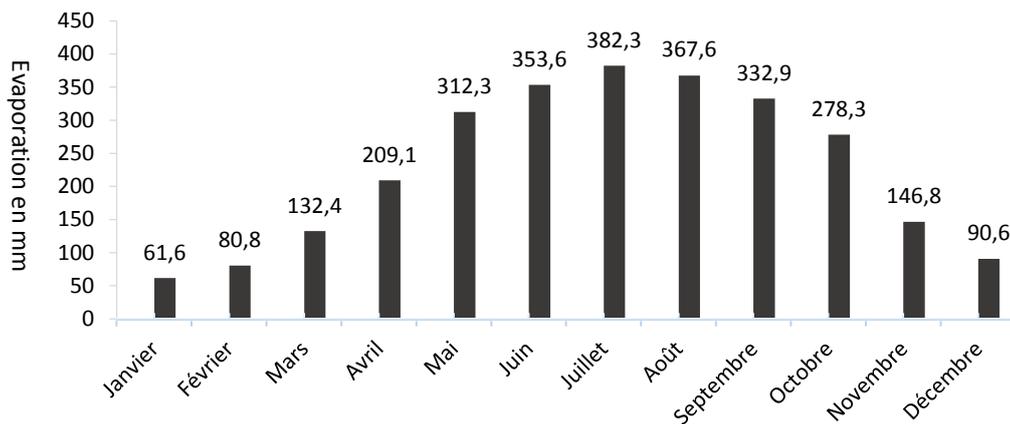


Figure N 8. Histogramme d'évaporation de la région de Ouargla 2008-2017

Insolation

La région d'Ouargla est caractérisée par une forte insolation. Selon L'ONM de Ouargla. La durée d'insolation moyenne annuelle est de 276.5 heures/an avec un maximum de 349,2 heures au mois de Juillet et un minimum de 231.5 heures au mois de Juin. L'observation de ce paramètre peut m'aider les chercheurs de domaine des énergies renouvelables tel que les vents. Aussi elle joue un rôle important dans la mesure où il influence directement le degré d'activité végétative des cultures. (Figure N 9).

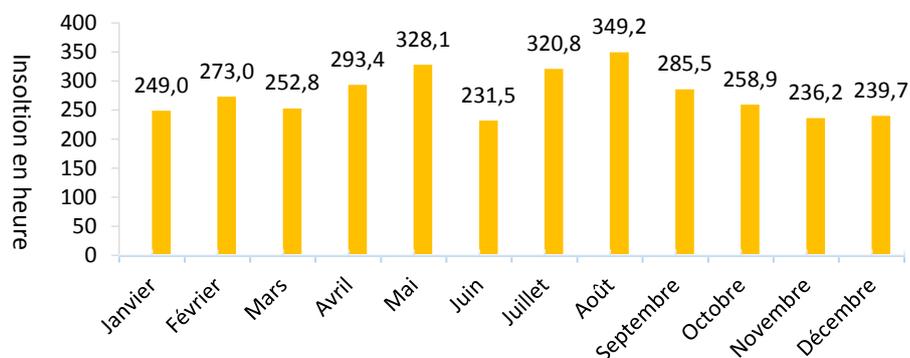


Figure N 9. Histogramme d'insolation de la région de Ouargla 2008-2017

II.5 Synthèse climatiques

Selon Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен aide à la limitation les périodes sèches et humides d'une région donnée.

Le diagramme ombrothermique (Figure N 10) de la région d'Ouargla enregistré entre 2008-2017 est caractérisé par une sécheresse tout au long de l'année.

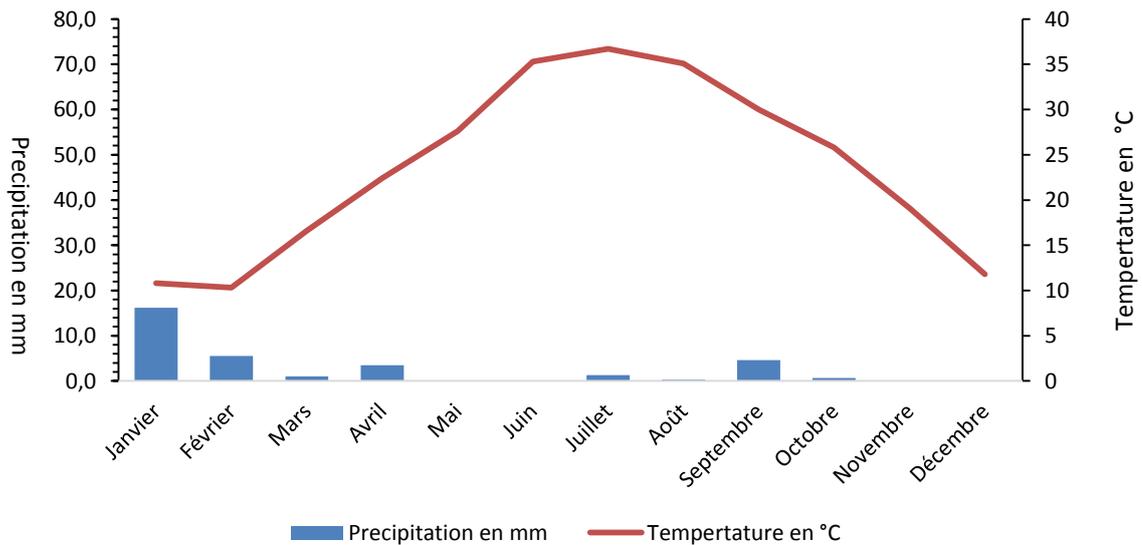


Figure N 10 .Diagramme ombrothermique de Gausсен de la région d'Ouargla 2008-2017.

II.6 Aspect géomorphologiques

La géomorphologie de la région est constituée des éléments suivants (ANRH 2012) :

- La hamada (plateau où affleurent de grandes dalles rocheuses) Miopliocène et Pli Quaternaire : formation continentale détritique qui forme des plateaux dont l'altitude est de 200 m en moyenne.
- Les formations sableuses composées de dunes et de cordons d'erg.
- Les étendues alluviales correspondant au lit de l'oued Mya selon un axe SW-NE
- Les sebkhas sont les marécages salés, le plus souvent asséchés, occupant le fond d'une dépression.

CHAPITRE III

MATERIELS ET METHODES

III-1 Introduction

Pour avoir des résultats fiables à notre étude nos expériences dépendent :

- Choix de site expérimental.
- Echantillonnage du sol et de l'eau usés épurés.
- Etude de classification des sols prélevés
- Caractéristique physique de l'eau usés épurés (MES).
- Arrosage quotidienne du sol par EUE.
- Calendrier d'arrosage.
- Détermination des paramètres de circulation de l'eau (volume, temps, débit, vitesse d'infiltration).

III-2 Matériels

III-2-1 Présentation du laboratoire

Notre expérience s'effectue dans le laboratoire hydrotechnique à l'Université de Kasdi Merbah Ouargla, est à l'institut des activités sportives, (Figure N 11) 5 Km environ de l'Ouest du centre-ville, avec une latitude de $31^{\circ}56'$ Nord, une longitude de $5^{\circ}18'$ Est et une altitude de 135 m.



Figure N 11 .Laboratoire expérimental à l'université de Kasdi Merbah Ouargla (Google 2019)

III-2- 2 Site des sols étudiés

Nos expériences ont été effectuées sur trois différents types de sol de la région de Ouargla.

Les terres agricoles où on a réalisés l'échantillonnage sont situées dans trois endroits différents (Figure N 12).

Le premier prélèvement d'échantillons a été réalisé dans l'exploitation de l'ITAS à l'université de Kasdi Merbah Ouargla.

Le second prélèvement d'échantillons a été réalisé dans un terrain agricole dans la commune de Ain El Beida.

Le troisième prélèvement d'échantillons a été réalisé dans un terrain agricole la rue de Bamndil.

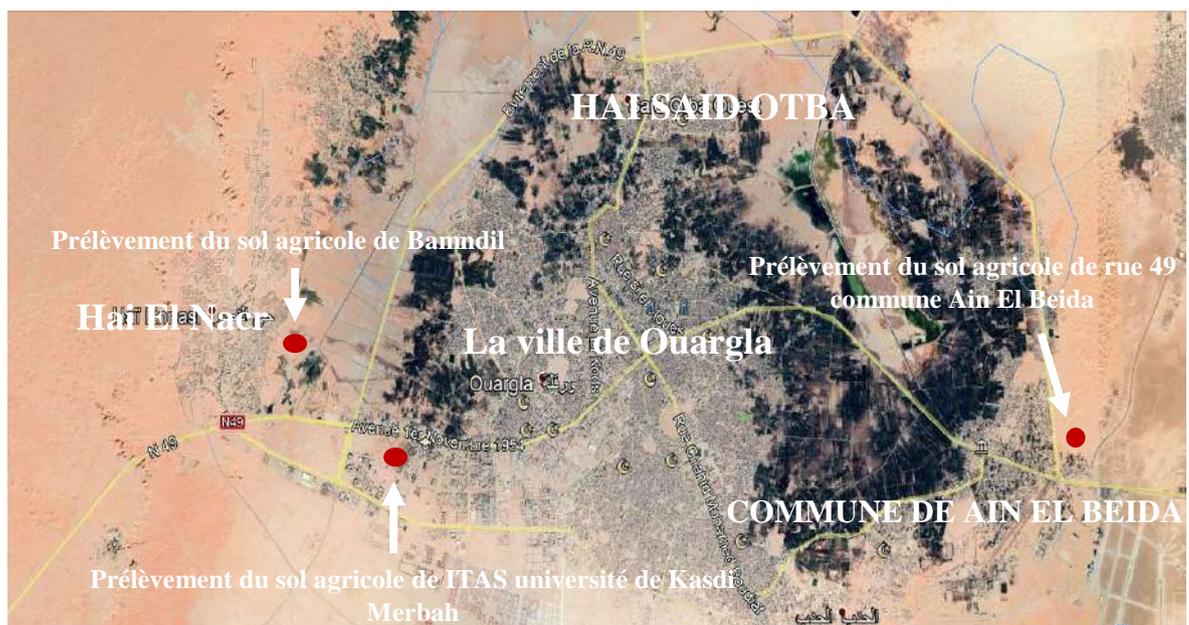


Figure N 12 .Position des zones des prélèvements des échantillons des sols dans la région de Ouargla (Google 2019)

III-2- 3 Matériels utilisés pour le prélèvement des échantillons

Pour les trois types des sols de notre expérience le prélèvement des échantillons a été réalisé avec une tarière de 100 cm de profondeur (Figure N 13) .Ces échantillons ont été ramenés dans des seaux en métal, numérotés selon les normes de prélèvement avec une masse de 10 kg pour chaque échantillon. (Figure N 14).

Ces échantillons sont portés au laboratoire et divisés en quatre parties un pour l'analyse granulométrique et le reste pour l'expérience au laboratoire.



Figure N 13 .Prélèvement de sol



Figure N 14 .Echantillon du sol

Matériels utilisés pour l'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique a été réalisée à l'aide des matériels suivants :

- Echantillon de sol de masse de 500 g.
- Balance électronique. (Figure N 16)
- Tamis de diamètres croissants lesquelles sont : 0.08 mm, 0.1mm, 0.2 mm, 0.4 mm, 1mm, 2 mm, 5 mm et le fond. (Figure N 15)
- Grande cuillère. (Figure N 17)



Figure N 15 Tamis



Figure N 16 Balance électronique.



Figure N 17 Grande cuillère.

III-2-4 Echantillonnage de l'eau usée épuré

Le prélèvement d'eaux usées épurées est effectué à la sortie de la STEP de Said Otba de Ouargla vers le laboratoire d'expérience à l'UKMO. À l'aide d'une citerne de 250 l (Figure N 18) et un seau en plastique (Figure N 19). La campagne de prélèvement a été réalisée le mois de mars après une analyse physique de l'eau concerné spécifiquement les matières en suspension MES.



Figure N 18 .citerne en plastique pleine des EUE



Figure N 19 .seau en plastique pour le prélèvement



Figure N 20 .la conduite de sortie des eaux usées épurés vers le milieu naturel **sebkha Sefioun** par une conduite à ciel ouvert STEP SAID OTBA OUARGLA

III-2-5 Site de prélèvement des eaux usées épurés

La station d'épuration de Ouargla se situe au nord-est de la ville de Ouargla (Figure N 21). Sa partie Sud-Est est sise presque à cinquante mètres au nord de l'évitement de la route nationale 49.



Figure N 21 .Schéma des Composantes de la station d'épuration de Ouargla

III-2-6 Dispositif expérimental

Colonne en PVC

Les surveillances du temps d'écoulement des eaux usées épurés à travers les échantillons des sols prélevés de plusieurs terrains de la zone d'Ouargla ont été effectuées en utilisant de trois colonnes (tubes) en pvc plates. (Figure N 22).

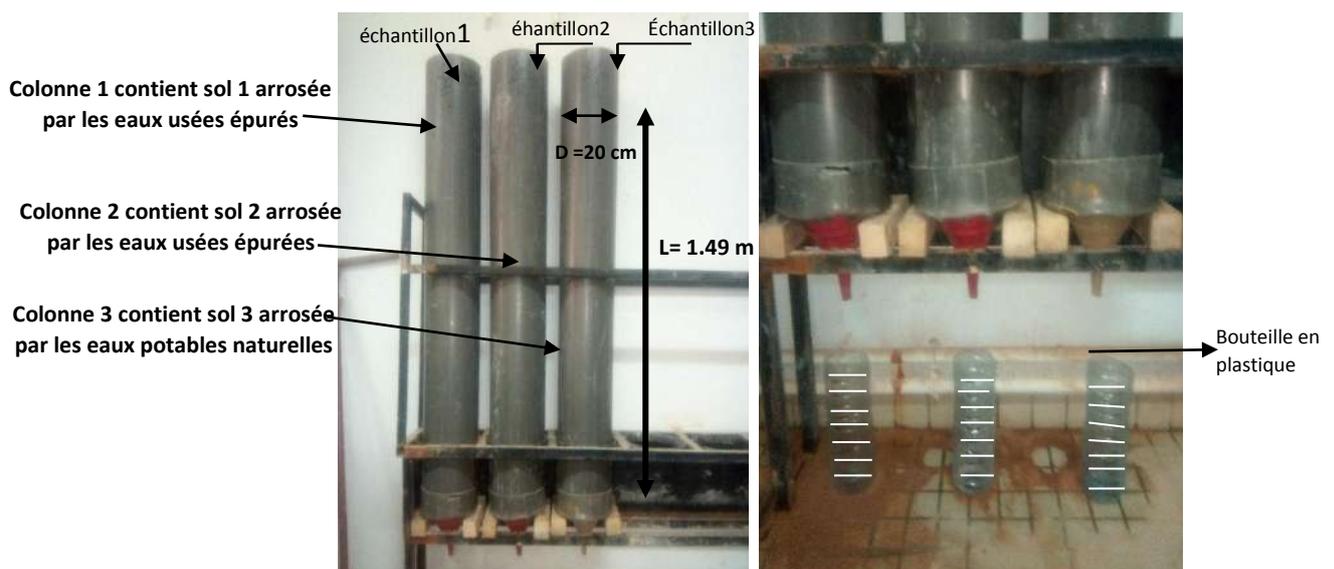


Figure N 22 .colonnes en pvc plein de sol

Les colonnes en pvc ont une hauteur de 1.49 m terminées par un entonnoir de diamètre de **1 cm** (Figure N 24), équipées d'une grille pour éviter les fuites des particules de sol. Le diamètre de chaque colonne est de 20 cm. Les eaux usées épurées qui s'infiltreront seront accumulées dans les bouteilles en plastique graduées. L'Ecart entre les graduations de l'éprouvette est de l'ordre de 2 cm et le diamètre des éprouvettes est de 10 cm.

Le remplissage des colonnes par les eaux usées épurées a été effectué au haut vers le bas à l'aide de trois petites citernes de 25 l (Figure N 23) avec une différence de temps de 1 second (temps d'ouverture des robinets) entre le premier remplissage et le deuxième remplissage.



Figure N 23 .petite citerne pour remplissage des colonnes par les eaux usées épurés



Figure N 24 .entonnoir en plastique de diamètre 1 cm

Ces trois colonnes sont pleines de trois différents types de sol prélevés de la zone d'Ouargla identifiés par des essais d'identification spécifiquement l'analyse granulométrique dans la deuxième partie de ce chapitre. Pour le calcul du temps il est obligatoire d'utiliser un chronomètre numérique.

III-3 Méthode

III-3-1 Méthode d'identification de sol

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains des échantillons, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille, ...), afin de déterminer sa texture.

Selon Dadi B et Hamdi A, 2008 L'Union International de la Science du Sol (UISS) a adopté l'échelle d'Atterberg (Tableau N 10) qui classe les particules constituant la terre fine ($< 2\mu\text{m}$).

Tableau N 10 .Echelle d'Atterberg qui classe les particules constituant la terre fine

Type de Sol	Diamètre en μm
Sable grossier	200-2000 μm
Sable fin	50-200 μm
Limon grossier	20-50 μm
Limon fin	2-20 μm
Argileux	$< 2\mu\text{m}$

Notre analyse granulométrique a été réalisée le mois d'avril 2019 au laboratoire des travaux publics au sud à l'unité de Ouargla.

Mode opératoire

- On pèse le refus d'échantillon du sol par la balance électronique.
- On vide l'échantillon pesé dans la série des tamis et les tamisée.
- On pèse le refus d'échantillon dans chaque tamis.
- On calcule le refus dans chaque tamis.
- On calcule le refus cumulé (**RC**) par la relation [1] :

$$RC = \text{Quantite Refus d'échantillon dans le tamis de grand diamètre} + \text{Refus d'échantillon dans le tamis qui suit.} \quad [1]$$

- On calcule le refus cumulé en pourcentage par la relation [2]

$$RC(\%) = (RC/500) * 100 \quad [2]$$

- On calcule le **tamisa** (T) par la relation [3] :

$$T = 100 - RC(\%) \quad [3]$$

-Puis on trace la courbe granulométrique pour chaque sol.

III-3-2 Méthode utilisée pour l'analyse d'eaux usées épurées à la sortie de la STEP

Le prélèvement a été effectué le mois de avril 2019 au sein de laboratoire des analyses physicochimiques dans le service de épuration des eaux usées a la STEP de Ouargla .elle permet de déterminer la concentration de MES dans notre d'eau utilisée.

La détermination des matières en suspension prend deux phases :

- 1^{er} phase : analyse de l'eau à la sortie de la STEP.
- 2^{ème} phase : analyse de l'eau après l'étude de la porosité du sol pour chaque type de sol (à la fin de chaque jour d'arrosage).

Matériels utilisées

- Etuve avec une Température de : 102 °C.
- Fiole, filtres, rampe de filtration, dessiccateur, balance électrique.



Figure N 25 étuve



Figure N 26 rampe de filtration

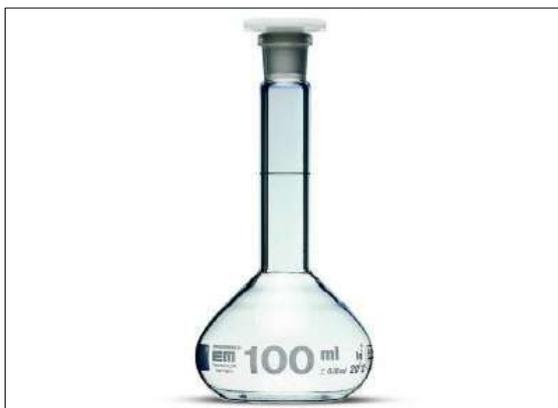


Figure N 27 fiole de 100 ml



Figure N 28 balance électronique

Les MES s'obtiennent soit par filtration des effluents peu chargés soit par centrifugation des solutions, séchage jusqu'à obtenir un résidu sec.

Dans cette STEP on remarque que les eaux qui sortent ont une concentration faible de MES donc on utilise la méthode de filtration (papier filtre).

La détermination de MES se fera par filtration sur filtre en fibres de verre compte tenu de l'origine domestique des effluents. La mesure de MES par filtration repose sur le principe de la double pesée : un volume d'eau est filtré sur une membrane (préalablement pesée à vide) de 1,5 microns et les résidus sur cette dernière sont pesés. Le rapport de la différence de masse sur le volume d'eau filtré donne la concentration de MES en milligramme/litre.

Les démarches de l'opération sont très simples, tout d'abord on commence par le mouillage de filtre avec de l'eau distillée. Puis on le met dans l'étuve pendant quelques minutes. Après on le sort le filtre, et on le met dans le dessiccateur pour le refroidissement. Puis on pèse le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable. Dans cela on prend une fiole de 100 ml, et laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée. Après on prend une prise d'essai de 100 ml, et on place le filtre dans la rampe de filtration et on verse le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète. On récupère le filtre et le met dans l'étuve à 102 °C pendant 2.5 heures et on met le filtre dans le dessiccateur pendant 20 minutes jusqu'à refroidissement total. Finalement on pèse le filtre.

Pour obtenir la concentration des matières en suspension MES on utilise la formule [4] :

$$C_{MES} = ((M_2 - M_1) * 1000) / V \quad [4]$$

Avec

C_{MES} : concentration des matières en suspension (MES) en mg/l

M_2 : masse de filtre avec la masse des matières en suspension après séchage à 102 °C en mg.

M_1 : masse de filtre égale à 1 mg.

V : volume d'échantillon prélevé égale à 100 ml.

On doit répéter Cette opération pour chaque jour et mettre les résultats dans un tableau.

III-3-3 Méthode de contrôle des infiltrations des eaux usées traitées à travers les sols prélevés

Les mesures des infiltrations a été établi entre le mois d'Avril 2019 et le mois de Mai 2019. Les colonnes en pvc sont placées verticalement pour que l'eau s'infilte selon une seule verticale.

La bouteille en plastique qui réceptionne l'eau infiltrée à travers la colonne occupe une hauteur de 14 cm avec une graduation. **2 cm** (Figure N 23).

Le calcul des vitesses d'infiltrations des eaux usées traitées à travers les colonnes dépend au suivi temporelle des remplissages des éprouvettes, ils sont donne par l'équation [5] :

$$v = Q/S_{ent} \quad [5]$$

Où :

v : la vitesse d'infiltration à travers les colonnes en m/s.

Q : le débit de sortie de l'eau à travers l'entonnoir m³/s.

S_{ent} : la section de l'entonnoir m².

Le débit de sortie de l'eau à travers l'entonnoir et la section d'entonnoir sont calculé par la relation [6] :

$$Q = V/T \quad [6]$$

Avec

Q : le débit de sortie de l'eau à travers l'entonnoir m³/s.

V : le volume partiel de l'éprouvette correspond à la hauteur de 2 cm en m³

T : le temps de remplissage de l'éprouvette pour chaque hauteur de 2 cm mesurée par chronomètre en seconde.

Cette méthode de calcul a été réalisée par le programme d'Excel.

CHAPITRE IV

Résultats et Interprétations

IV-I Introduction

L'objectif de cette étude est d'évaluer la porosité des sols irrigués par les eaux usées épurées à l'aide du suivi temporelle des vitesses d'infiltrations.

IV -2 Résultats d'identifications des sols par l'analyse granulométrique

La porosité de chaque sol dépend de l'essai granulométrique (Yves Bet al 2013) Le sol 1 prélevée des terres agricole de la région d'Ain El-Beida et le sol 2 prélevée des terres agricole de l'exploitation de l'ex ITAS on a utilisé la méthode des essais destamis, par contre le sol 3 prélevée des terres agricole de la région de Bamndil on utiliser la méthode sédémentationométrie.

Tableau N 11. Résultats de granulométrie du sol N 1 des terres agricole de la région d'Ain El-Beida

Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus Cumulées (g)	Poids refus cumulées (%)	Tamisa (%)	Valeurs arrondie de tamisa
500	5	0	0	0	0	0
	2	2.02	2.02	0.404	99.596	100
	1	0.12	2.14	0.428	99.572	100
	0.4	0.25	2.39	0.478	99.522	100
	0.2	190.08	192.47	38.494	61.506	62
	0.1	190.46	382.93	76.586	23.414	23
	0.08	3.41	386.34	77.268	22.732	23

Tableau N 12 .Résultats de granulométrie du sol N 2 des terres agricoles de l'exploitation de l'ex l'ITAS.

Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus Cumulées (g)	Poids refus cumulées (%)	Tamisa (%)	Valeurs arrondie de tamisa
500	5	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0
	0.4	74.76	74.76	14.952	85.048	85
	0.2	110.08	184.84	36.968	63.032	63
	0.1	161.86	286.7	57.34	42.66	43
	0.08	6.04	292.74	58.548	41.452	41

Tableau N 13. Résultats de granulométrie du sol N 3 des terres agricoles de la région de Bamndil

Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus Cumulés (g)	Poids refus cumulés (%)	Tamisa (%)	Valeurs arrondie de tamisa
500	5	23.51	23.51	4.702	95.298	95
	2	13.67	37.18	7.436	92.564	93
	1	6.41	43.59	8.718	91.282	91
	0.4	38.45	82.04	16.408	83.592	84
	0.2	174.77	256.81	51.362	48.638	49
	0.1	158.12	414.93	82.986	17.014	17
	0.08	3.03	417.96	83.592	16.408	16

Après le tamisage des échantillons de sol et le calcul de refus cumulé en pourcentage et le tamisa on traduit les courbes granulométriques pour les trois sols prélevés la courbe granulométrique des trois sols est illustrée ci- dessous la avec la légende. (Figure N 29)

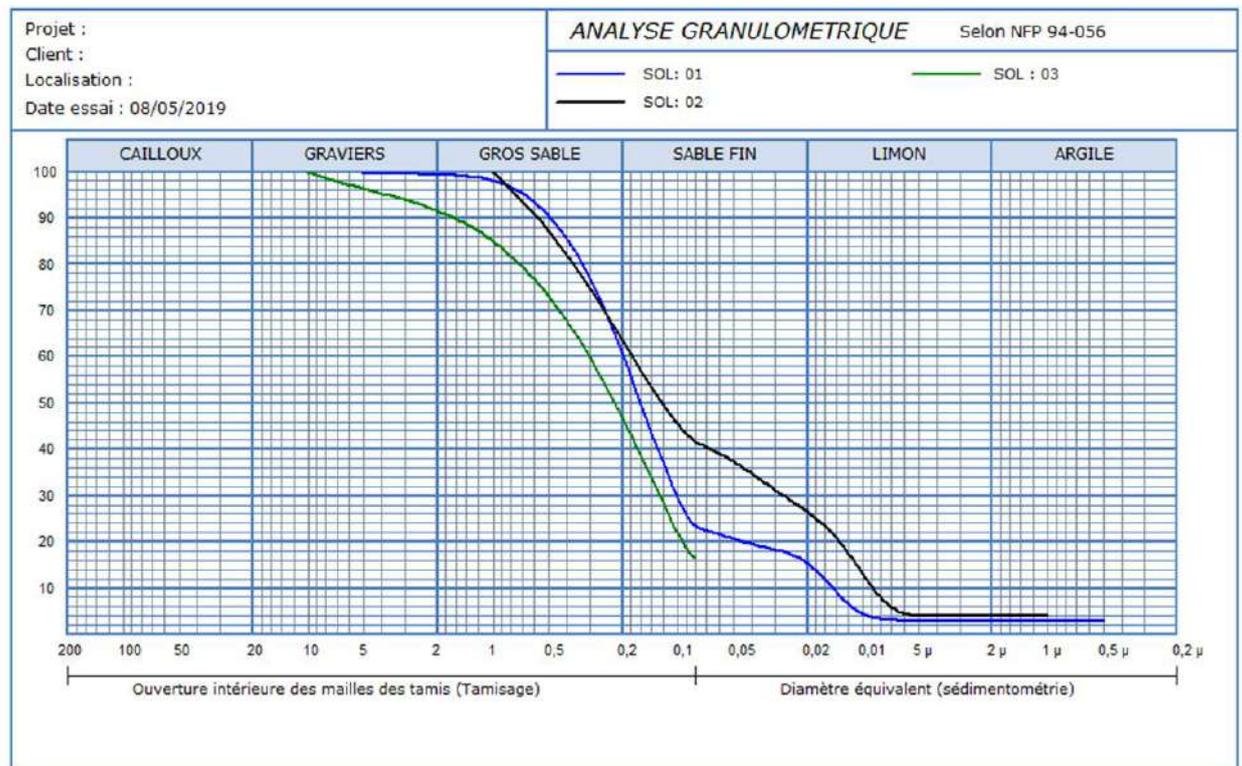


Figure N 29. Granulométrie des trois sols prélevés des terres agricoles de Ain El Baida, L'exploitation de l'ex LITAS et Bamendil

L'analyse granulométrique des trois types de sols, nous a permis de situer nos trois types de sol dans l'abaque représentant le triangle de texture de (Yves Bet al 2013) (Figure N 30), et de trouver le matériau le plus dominant. Le triangle de texture montre qu'il s'agit de sable limoneux dans le sol N 1 avec 77% et le sol N 2 avec 87 % par contre le sol N 3 à une texture sableuse avec 98%.

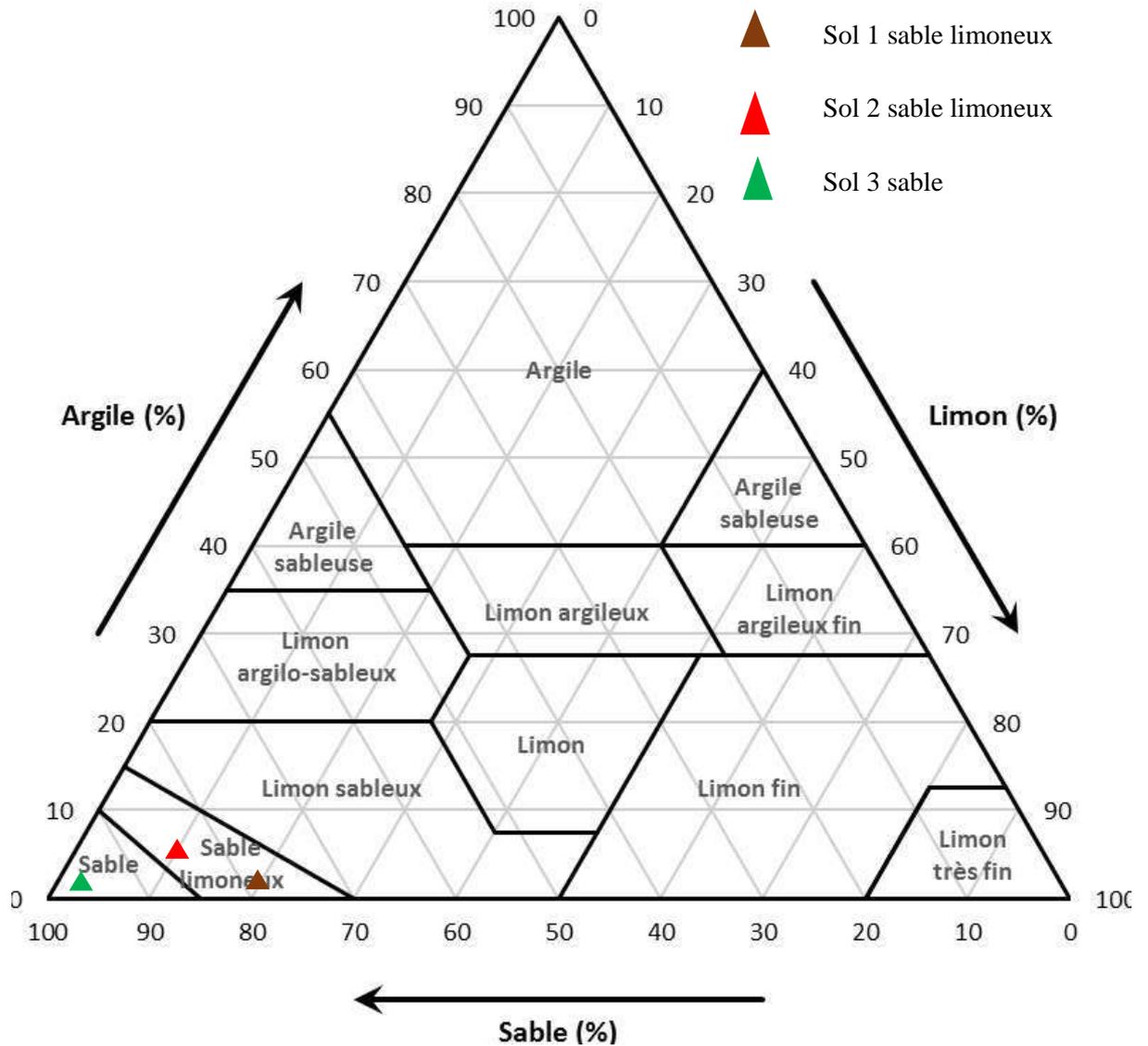


Figure N 30. Triangle de texture du sol pour la classification des trois sols prélevés (Yves B et al 2013)

IV-3 analyses physiques des eaux usées traitées avant est après l'étude

IV-3-1 Concentration de la matière en suspension (MES) à la sortie de la station d'épuration de Ouargla (avant l'étude)

La concentration des matières en suspension à 102 °C dans les eaux usées épurées à la sortie de la station d'épuration de Ouargla était de 75 mg/l.

IV-3-2 concentration des matières en suspension dans les eaux usées traitées après chaque jour d'arrosage

D'après les résultats obtenus (Tableau N 14), la concentration des matières en suspension diminue en fonction de l'endroit du prélèvement des trois types de sols.

Tableau N 14. Résultats des analyses physiques des eaux usées épurées concernant les MES après l'arrosage des sols prélevés

Paramètres	jours	Unité	Sol 1	Sol 2	Sol 3
			arrosé par les eaux usées épurées	arrosé par les eaux usées épurées	arrosé par les eaux potables
Concentration des matières en suspension à 102 °C	1	mg/l	72	69	0.91
	2		70	65	0.75
	3		67	62	0.56
	4		63	58	0.3
	5		59	56	0.27
	6		55	53	0.11

IV -4 Interprétations des résultats de l'étude de la porosité des sols

La campagne d'arrosage a duré 24 jours, Le premier arrosage a débuté le 14 avril, la deuxième campagne d'arrosage a été réalisée 4 jour après la première, Ainsi de suite...

Les résultats d'arrosage de chaque type de sol sont représentés dans les tableaux de N 15 à N 32.

On observe une diminution des vitesses à la sortie et cela durant tout le cycle d'arrosage jusqu'à atteindre une valeur minimale, après un période de temps les vitesses stabilisent et tend vers zéro.

IV-4-1.Sol 1 arrosée par les eaux usées traitées

D'après la (Figure N 31), la vitesse de l'eau à la sortie durant le jour 1 d'arrosage pour le sol d'Ain El Beida (Tableau N 15) passe de 3.15110^{-3} m/s à 3.33310^{-4} m/s pour un débit constant.

Après la deuxième campagne d'arrosage pour le même type de sol, la vitesse de l'eau à la sortie diminue durant tout le cycle d'arrosage de $2.552 \cdot 10^{-3}$ m/s à $3.104 \cdot 10^{-4}$ m/s (figure N 34).

Ce phénomène est observé durant toute la campagne d'arrosage sur les trois types de sols. Ceci semble normal car le volume d'eau entrant a tendance à s'évacuer de la colonne du contenu du sol.

Mais on remarque que la vitesse à la sortie a tendance à diminuer d'arrosage à un autre

Pour les arrosages jour 3 (Tableau N 17), et jour 4 (Tableau N 18), leurs vitesses sont inférieures par rapport aux autres jours d'arrosage (jour 1 et jour 2) ils varient respectivement entre $2.194 \cdot 10^{-3}$ m/s à $2.941 \cdot 10^{-4}$ m/s pour jour 3 et 1.93610^{-4} m/s à $2.812 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Les vitesses de l'eau à la sortie de la campagne 5 (Tableau N 19) et celle de la 6 (Tableau N 20) touchent des valeurs minimales par rapport aux autres vitesses, de $1.722 \cdot 10^{-3}$ m/s à $2.743 \cdot 10^{-4}$ m/s pour arrosage de la campagne 5 et 1.53310^{-3} m/s à $2.674 \cdot 10^{-4}$ m/s pour la campagne 6 où la vitesse la plus faible est celle de la dernière campagne d'arrosage 6.

On remarque aussi que lorsque l'eau atteint la hauteur de 0.02 m, on a une diminution progressive de la vitesse de l'eau à la sortie lors de la campagne 1. Pour remplir la bouteille d'une hauteur de 0.12m la vitesse qu'elle avait était de $4.8 \cdot 10^{-4}$ m/s, puis elle se stabilise pour ensuite faiblir et s'annule. On remarque qu'il y a le même scénario pour les autres jours d'arrosages et sur les trois types de sols.

On remarque que les vitesses de l'eau à la sortie ont tendance à diminuer d'une campagne à l'autre pour un même débit et la même section de sortie.

L'eau usée épurée infiltrée de la campagne 5 a une vitesse minimale de $4.6 \cdot 10^{-4}$ m/s puis elle se stabilise.

Les eaux usées épurées infiltrées des campagnes 4 et 3 ont une vitesse minimale de $4.65 \cdot 10^{-4}$ m/s puis elle se stabilise.

Pour les eaux usées épurées infiltrées de la campagne 2 et 1 ont des vitesses minimales égales de $0.47 \cdot 10^{-3}$ m/s pour arrosage jour 2 et $0.48 \cdot 10^{-3}$ m/s pour arrosage jour 1.

On remarque que presque toutes les vitesses d'infiltration ont atteint des valeurs minimales à partir de la hauteur de 0.12m.

Au-delà, de la hauteur 0.12 m on remarque une stabilisation des vitesses pour tous les jours d'arrosage.

Dans la hauteur de 0.02 m les valeurs des vitesses sont maximales parce que les pores de sol sont larges au début d'arrosage et la pauvreté du sol en MES.

La diminution régressive des vitesses est due au colmatage des pores par les matières en suspensions.

.Les résultats sont illustré dans les tableaux ci-dessous

Tableau N15.Résultats d'arrosage compagne 1 du sol 1(sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage minute	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	10.58	634.8	0.000157	2.473E-07	0.0000785	3.151E-03
0.00785	0.04	21.4	1284	0.000157	1.223E-07	0.0000785	1.558E-03
0.00785	0.06	32.3	1938	0.000157	8.101E-08	0.0000785	1.032E-03
0.00785	0.08	46.31	2778.6	0.000157	5.650E-08	0.0000785	7.198E-04
0.00785	0.1	60.44	3626.4	0.000157	4.329E-08	0.0000785	5.515E-04
0.00785	0.12	78.1	4686	0.000157	3.350E-08	0.0000785	4.268E-04
0.00785	0.14	100.02	6001.2	0.000157	2.616E-08	0.0000785	3.333E-04

Tableau N 16 résultats d'arrosagecompagne 2 du sol 1(sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage minute	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	13.06	783.6	0.000157	2.004E-07	0.0000785	2.552E-03
0.00785	0.04	27.04	1622.4	0.000157	9.677E-08	0.0000785	1.233E-03
0.00785	0.06	40.18	2410.8	0.000157	6.512E-08	0.0000785	8.296E-04
0.00785	0.08	49.17	2950.2	0.000157	5.322E-08	0.0000785	6.779E-04
0.00785	0.1	63.43	3805.8	0.000157	4.125E-08	0.0000785	5.255E-04
0.00785	0.12	89.11	5346.6	0.000157	2.936E-08	0.0000785	3.741E-04
0.00785	0.14	107.4	6444	0.000157	2.436E-08	0.0000785	3.104E-04

Tableau N 17résultats d'arrosagecompagne 3 du sol 1(sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage minute	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	15.19	911.4	0.000157	1.723E-07	0.0000785	2.194E-03
0.00785	0.04	29.15	1749	0.000157	8.977E-08	0.0000785	1.144E-03
0.00785	0.06	42.04	2522.4	0.000157	6.224E-08	0.0000785	7.929E-04
0.00785	0.08	53.14	3188.4	0.000157	4.924E-08	0.0000785	6.273E-04
0.00785	0.1	69.52	4171.2	0.000157	3.764E-08	0.0000785	4.795E-04
0.00785	0.12	90.13	5407.8	0.000157	2.903E-08	0.0000785	3.698E-04
0.00785	0.14	113.34	6800.4	0.000157	2.309E-08	0.0000785	2.941E-04

Tableau N18. Résultats d'arrosage compagne 4 du sol 1 (sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage minute	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	17.22	1033.2	0.000157	1.520E-07	0.0000785	1.936E-03
0.00785	0.04	31.47	1888.2	0.000157	8.315E-08	0.0000785	1.059E-03
0.00785	0.06	46.04	2762.4	0.000157	5.683E-08	0.0000785	7.240E-04
0.00785	0.08	58.13	3487.8	0.000157	4.501E-08	0.0000785	5.734E-04
0.00785	0.1	73.54	4412.4	0.000157	3.558E-08	0.0000785	4.533E-04
0.00785	0.12	94.84	5690.4	0.000157	2.759E-08	0.0000785	3.515E-04
0.00785	0.14	118.52	7111.2	0.000157	2.208E-08	0.0000785	2.812E-04

Tableau N19. Résultats d'arrosage compagne 5 du sol 1 (sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage minute	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	19.36	1161.6	0.000157	1.352E-07	0.0000785	1.722E-03
0.00785	0.04	35.24	2114.4	0.000157	7.425E-08	0.0000785	9.459E-04
0.00785	0.06	48.92	2935.2	0.000157	5.349E-08	0.0000785	6.814E-04
0.00785	0.08	60.48	3628.8	0.000157	4.326E-08	0.0000785	5.511E-04
0.00785	0.1	75.92	4555.2	0.000157	3.447E-08	0.0000785	4.391E-04
0.00785	0.12	100.36	6021.6	0.000157	2.607E-08	0.0000785	3.321E-04
0.00785	0.14	121.54	7292.4	0.000157	2.153E-08	0.0000785	2.743E-04

Tableau N20. Résultats d'arrosage compagne 6 du sol 1 (sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	21.74	1304.4	0.000157	1.204E-07	0.0000785	1.533E-03
0.00785	0.04	38.41	2304.6	0.000157	6.812E-08	0.0000785	8.678E-04
0.00785	0.06	51.23	3073.8	0.000157	5.108E-08	0.0000785	6.507E-04
0.00785	0.08	62.87	3772.2	0.000157	4.162E-08	0.0000785	5.302E-04
0.00785	0.1	79.62	4777.2	0.000157	3.286E-08	0.0000785	4.187E-04
0.00785	0.12	104.32	6259.2	0.000157	2.508E-08	0.0000785	3.195E-04
0.00785	0.14	124.64	7478.4	0.000157	2.099E-08	0.0000785	2.674E-04

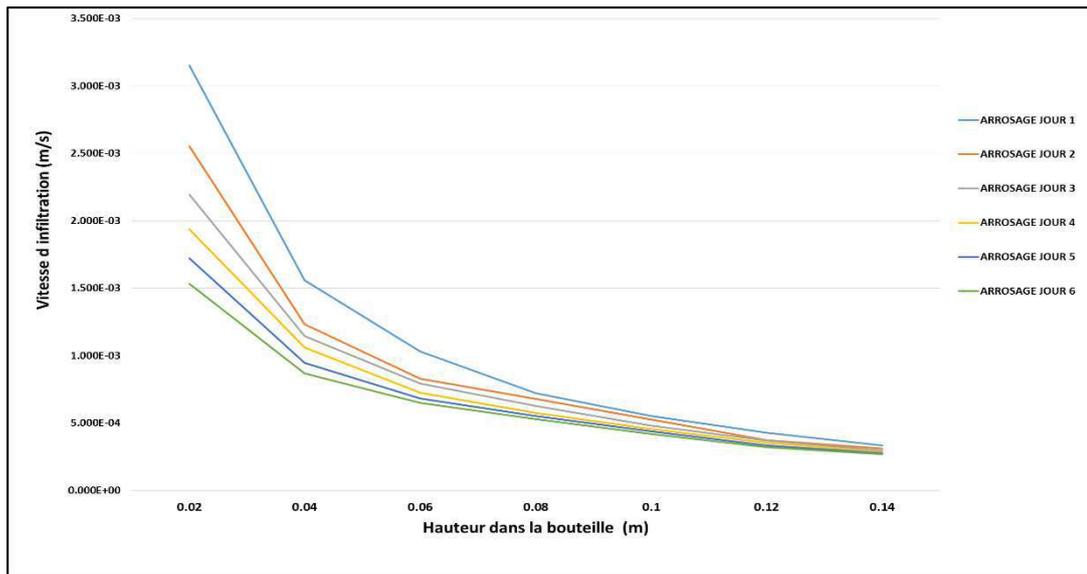


Figure N 31. Variations des vitesses des EUE à la sortie dans le sol de Ain El Beida (sable limoneux) en fonction de la hauteur de la bouteille en plastique

IV-4-2. Sol 2 arrosée par les eaux usées traitées

Selon la (Figure N 32) les valeurs des vitesses montre une légère variabilité entre les vitesses de sorties des EUE à travers le sol 2 pendant les différents jours d'arrosages.

On remarque un abaissement important des vitesses des EUE à la sortie pour l'ensemble des arrosages, d'après le (Tableau N 21) les vitesses de la première campagne 1 a une valeur maximale varie entre $6.472 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ et $3.602 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

La deuxième campagne d'arrosage (Tableau N 22) la vitesse diminue fortement par rapport au premier jour avec des valeurs des vitesses compris entre $3.274 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ et $3.257 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Pour troisième jour (Tableau N 23) on observe une petite diminution par rapport au deuxième jour, cela les valeurs des vitesses prend presque les mêmes valeurs des vitesses de deuxième jour, ils sont compris entre $2.766 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ et $3.018 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Pour les jours 4,5 et 6 les courbes de variation des vitesses divisent en deux parties :

La première partie les variations des vitesses pour la hauteur compris entre 0.02 m et 0.06, la vitesse d'infiltrations du quatrième jour (Tableau N 24) prend une valeur maximale de $2.133 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ et une valeur minimale de $8.18 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

La vitesse maximale de la cinquième compagne (Tableau N 25) varie de $1.789 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ à $7.631 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Pour la vitesse de la sixième compagne (Tableau N 26) varie entre $1.617 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ et $7.015 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

La deuxième partie les variations des vitesses pour la hauteur de bouteille qui augmente de 0.06 m et 0.14 m, les courbes de variation des vitesses prend la même allure.

Les vitesses de la quatrième compagne varient entre $6.177 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ et $2.938 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

Pour la cinquième compagne les vitesses varient entre $5.785 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ et $2.837 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

A la fin de la courbe de la sixième compagne les vitesses sont comprises entre $5.19 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ et $2.748 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

Les résultats sont montrés dans les tableaux ci-dessous

Tableau N21. Résultats d'arrosage compagne 1 du sol 2 (sable limoneux)

section de bouteille (m^2)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m^3)	Debit (m^3/s)	section de sortie (m^2)	vitesse à la sortie de l'étonnoir (m/s)
0.00785	0.02	5.15	309	0.000157	5.081E-07	0.0000785	6.472E-03
0.00785	0.04	10.59	635.4	0.000157	2.471E-07	0.0000785	3.148E-03
0.00785	0.06	23.45	1407	0.000157	1.116E-07	0.0000785	1.421E-03
0.00785	0.08	38.02	2281.2	0.000157	6.882E-08	0.0000785	8.767E-04
0.00785	0.1	56.02	3361.2	0.000157	4.671E-08	0.0000785	5.950E-04
0.00785	0.12	75.06	4503.6	0.000157	3.486E-08	0.0000785	4.441E-04
0.00785	0.14	92.55	5553	0.000157	2.827E-08	0.0000785	3.602E-04

Tableau N22. Résultats d'arrosage compagne 2 du sol 2 (sable limoneux)

section de bouteille (m^2)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m^3)	Debit (m^3/s)	section de sortie (m^2)	vitesse à la sortie de l'étonnoir (m/s)
0.00785	0.02	10.18	610.8	0.000157	2.570E-07	0.0000785	3.274E-03
0.00785	0.04	22.23	1333.8	0.000157	1.177E-07	0.0000785	1.499E-03
0.00785	0.06	36.02	2161.2	0.000157	7.264E-08	0.0000785	9.254E-04
0.00785	0.08	45.32	2719.2	0.000157	5.774E-08	0.0000785	7.355E-04
0.00785	0.1	61.12	3667.2	0.000157	4.281E-08	0.0000785	5.454E-04
0.00785	0.12	86.02	5161.2	0.000157	3.042E-08	0.0000785	3.875E-04
0.00785	0.14	102.33	6139.8	0.000157	2.557E-08	0.0000785	3.257E-04

Tableau N 23. Résultats d'arrosage compagne3 du sol2(sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'étonnoir (m/s)
0.00785	0.02	12.05	723	0.000157	2.172E-07	0.0000785	2.766E-03
0.00785	0.04	25.3	1518	0.000157	1.034E-07	0.0000785	1.318E-03
0.00785	0.06	38.26	2295.6	0.000157	6.839E-08	0.0000785	8.712E-04
0.00785	0.08	50.13	3007.8	0.000157	5.220E-08	0.0000785	6.649E-04
0.00785	0.1	67.34	4040.4	0.000157	3.886E-08	0.0000785	4.950E-04
0.00785	0.12	89.15	5349	0.000157	2.935E-08	0.0000785	3.739E-04
0.00785	0.14	110.45	6627	0.000157	2.369E-08	0.0000785	3.018E-04

Tableau N24. Résultats d'arrosage compagne4 du sol 2 (sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'étonnoir (m/s)
0.00785	0.02	15.63	937.8	0.000157	1.674E-07	0.0000785	2.133E-03
0.00785	0.04	28.3	1698	0.000157	9.246E-08	0.0000785	1.178E-03
0.00785	0.06	40.75	2445	0.000157	6.421E-08	0.0000785	8.180E-04
0.00785	0.08	53.96	3237.6	0.000157	4.849E-08	0.0000785	6.177E-04
0.00785	0.1	70.13	4207.8	0.000157	3.731E-08	0.0000785	4.753E-04
0.00785	0.12	92.4	5544	0.000157	2.832E-08	0.0000785	3.608E-04
0.00785	0.14	113.45	6807	0.000157	2.306E-08	0.0000785	2.938E-04

Tableau N25. Résultats d'arrosage compagne5 du sol 2(sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'étonnoir (m/s)
0.00785	0.02	18.63	1117.8	0.000157	1.405E-07	0.0000785	1.789E-03
0.00785	0.04	31.78	1906.8	0.000157	8.234E-08	0.0000785	1.049E-03
0.00785	0.06	43.68	2620.8	0.000157	5.991E-08	0.0000785	7.631E-04
0.00785	0.08	57.62	3457.2	0.000157	4.541E-08	0.0000785	5.785E-04
0.00785	0.1	73.15	4389	0.000157	3.577E-08	0.0000785	4.557E-04
0.00785	0.12	95.26	5715.6	0.000157	2.747E-08	0.0000785	3.499E-04
0.00785	0.14	117.51	7050.6	0.000157	2.227E-08	0.0000785	2.837E-04

Tableau N 26. Résultats d'arrosage compagne6 du sol 2(sable limoneux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'étonnoir (m/s)
0.00785	0.02	20.62	1237.2	0.000157	1.269E-07	0.0000785	1.617E-03
0.00785	0.04	35.69	2141.4	0.000157	7.332E-08	0.0000785	9.340E-04
0.00785	0.06	47.52	2851.2	0.000157	5.506E-08	0.0000785	7.015E-04
0.00785	0.08	64.23	3853.8	0.000157	4.074E-08	0.0000785	5.190E-04
0.00785	0.1	78.54	4712.4	0.000157	3.332E-08	0.0000785	4.244E-04
0.00785	0.12	99.32	5959.2	0.000157	2.635E-08	0.0000785	3.356E-04
0.00785	0.14	121.32	7279.2	0.000157	2.157E-08	0.0000785	2.748E-04

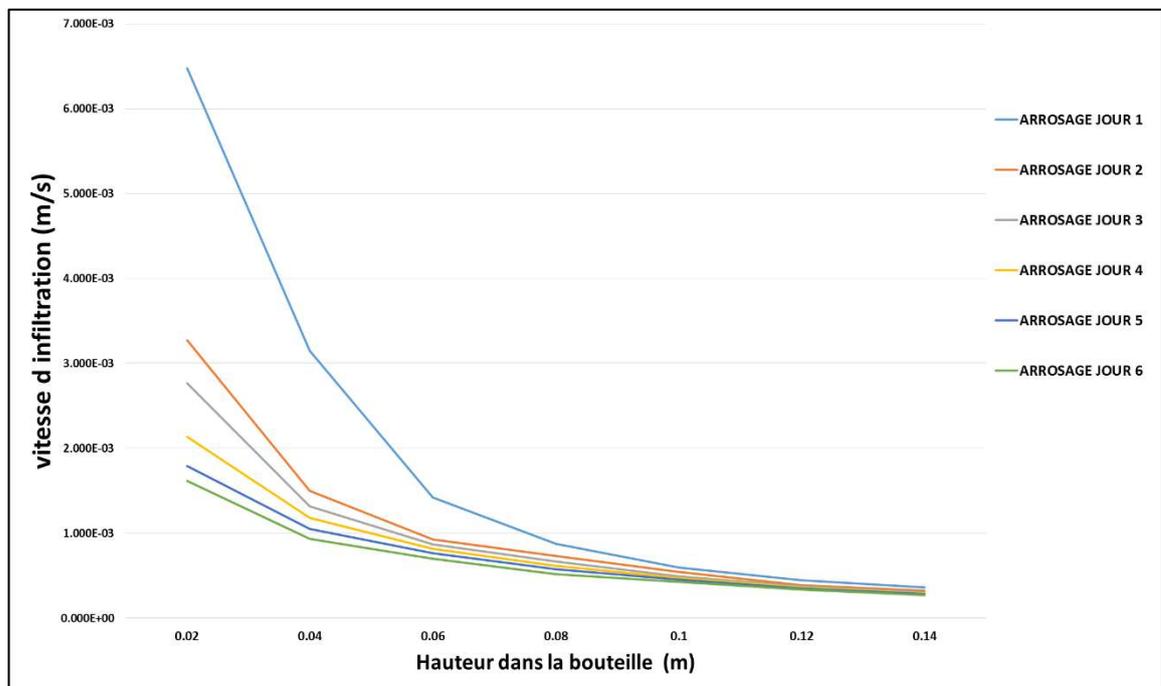


Figure N 32 variations des vitesses eaux usées traitées à la sortie dans le sol de l'ex L'ITAS (sable limoneux) en fonction d la hauteur de la bouteille en plastique

IV-4-3. Sol 3 arrosée par les eaux naturelles

A la première lecture de ces variations (Figure N 33), on distingue que les vitesses d'infiltrations de l'eau naturel dans le sol 3 sont élevés par rapport aux vitesses d'infiltration des sols 1 et sol arrosées par les eaux usés épurées.

La vitesse d'infiltration de l'eau naturelle (Tableau N 27) pour la première compagne d'arrosage a diminué $1.026 \cdot 10^{-4}$ m/s pour une hauteur de 0.02 m et $1.229 \cdot 10^{-3}$ m/s pour une hauteur de 0.14 m.

Le deuxième jour la vitesse diminue partiellement par rapport à la vitesse de la première compagne. (Tableau N 28), il y a un abaissement de vitesse de sortie est de $9.634 \cdot 10^{-3}$ à $1.170 \cdot 10^{-3}$ m/s

Pour le troisième jour la vitesse de sortie de l'eau naturelle (Tableau N 29) connaisse une chute de $8.091 \cdot 10^{-3}$ m/s à $1.167 \cdot 10^{-3}$ m/s

On remarque pour la compagne 4 du jour 4 (Tableau N 30) que la vitesse diminue de $6.707 \cdot 10^{-3}$ m/s à $1.164 \cdot 10^{-3}$ m/s.

La vitesse de sortie de l'eau de la compagne 5 du jour 5 (Tableau N 31) est limitée dans l'intervalle de $6.266 \cdot 10^{-3}$ m/s et $1.144 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Finalement la vitesse de la compagne 6 du jour 6 (Tableau N 32) est diminuée de $6.277 \cdot 10^{-3}$ m/s et $1.086 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Les résultats sont montre dans les tableaux ci-dessous

Tableau N27. Résultats d'arrosage compagne 1 du sol (sableux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'étonnoir (m/s)
0.00785	0.02	3.25	195	0.000157	8.051E-07	0.0000785	1.026E-02
0.00785	0.04	5.98	358.8	0.000157	4.376E-07	0.0000785	5.574E-03
0.00785	0.06	12.35	741	0.000157	2.119E-07	0.0000785	2.699E-03
0.00785	0.08	18.62	1117.2	0.000157	1.405E-07	0.0000785	1.790E-03
0.00785	0.1	21.36	1281.6	0.000157	1.225E-07	0.0000785	1.561E-03
0.00785	0.12	25.45	1527	0.000157	1.028E-07	0.0000785	1.310E-03
0.00785	0.14	27.12	1627.2	0.000157	9.648E-08	0.0000785	1.229E-03

Tableau N 28.Résultats d'arrosage compagne2 du sol 3(sableux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	3.46	207.6	0.000157	7.563E-07	0.0000785	9.634E-03
0.00785	0.04	6.15	369	0.000157	4.255E-07	0.0000785	5.420E-03
0.00785	0.06	13.14	788.4	0.000157	1.991E-07	0.0000785	2.537E-03
0.00785	0.08	19.98	1198.8	0.000157	1.310E-07	0.0000785	1.668E-03
0.00785	0.1	22.36	1341.6	0.000157	1.170E-07	0.0000785	1.491E-03
0.00785	0.12	26.87	1612.2	0.000157	9.738E-08	0.0000785	1.241E-03
0.00785	0.14	28.48	1708.8	0.000157	9.188E-08	0.0000785	1.170E-03

Tableau N 29.Résultats d'arrosage compagne3 du sol 3(sableux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	4.12	247.2	0.000157	6.351E-07	0.0000785	8.091E-03
0.00785	0.04	6.94	416.4	0.000157	3.770E-07	0.0000785	4.803E-03
0.00785	0.06	13.21	792.6	0.000157	1.981E-07	0.0000785	2.523E-03
0.00785	0.08	19.27	1156.2	0.000157	1.358E-07	0.0000785	1.730E-03
0.00785	0.1	22.94	1376.4	0.000157	1.141E-07	0.0000785	1.453E-03
0.00785	0.12	26.32	1579.2	0.000157	9.942E-08	0.0000785	1.266E-03
0.00785	0.14	28.56	1713.6	0.000157	9.162E-08	0.0000785	1.167E-03

Tableau N30.Résultats d'arrosage compagne4 du sol 3(sableux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	4.97	298.2	0.000157	5.265E-07	0.0000785	6.707E-03
0.00785	0.04	7.28	436.8	0.000157	3.594E-07	0.0000785	4.579E-03
0.00785	0.06	13.24	794.4	0.000157	1.976E-07	0.0000785	2.518E-03
0.00785	0.08	19.65	1179	0.000157	1.332E-07	0.0000785	1.696E-03
0.00785	0.1	21.69	1301.4	0.000157	1.206E-07	0.0000785	1.537E-03
0.00785	0.12	26.57	1594.2	0.000157	9.848E-08	0.0000785	1.255E-03
0.00785	0.14	28.64	1718.4	0.000157	9.136E-08	0.0000785	1.164E-03

Tableau N31.Résultats d'arrosage compagne 5 du sol 3(sableux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'entonnoir (m/s)
0.00785	0.02	5.32	319.2	0.000157	4.919E-07	0.0000785	6.286E-03
0.00785	0.04	7.98	478.8	0.000157	3.279E-07	0.0000785	4.177E-03
0.00785	0.06	13.84	830.4	0.000157	1.891E-07	0.0000785	2.408E-03
0.00785	0.08	20.6	1236	0.000157	1.270E-07	0.0000785	1.618E-03
0.00785	0.1	22.21	1332.6	0.000157	1.178E-07	0.0000785	1.501E-03
0.00785	0.12	26.87	1612.2	0.000157	9.738E-08	0.0000785	1.241E-03
0.00785	0.14	29.13	1747.8	0.000157	8.983E-08	0.0000785	1.144E-03

Tableau N32. Résultats d'arrosage campagne 5 du sol 3(sableux)

section de bouteille (m ²)	hauteur de bouteille (m)	temp de remplissage (minute)	t (seconde)	volume de bouteille (m ³)	Debit (m ³ /s)	section de sortie (m ²)	vitesse à la sortie de l'étonnoir (m/s)
0.00785	0.02	5.31	318.6	0.000157	4.928E-07	0.0000785	6.277E-03
0.00785	0.04	8.35	501	0.000157	3.134E-07	0.0000785	3.992E-03
0.00785	0.06	14.25	855	0.000157	1.836E-07	0.0000785	2.339E-03
0.00785	0.08	20.88	1252.8	0.000157	1.253E-07	0.0000785	1.596E-03
0.00785	0.1	22.97	1378.2	0.000157	1.139E-07	0.0000785	1.451E-03
0.00785	0.12	27.15	1629	0.000157	9.638E-08	0.0000785	1.228E-03
0.00785	0.14	30.68	1840.8	0.000157	8.529E-08	0.0000785	1.086E-03

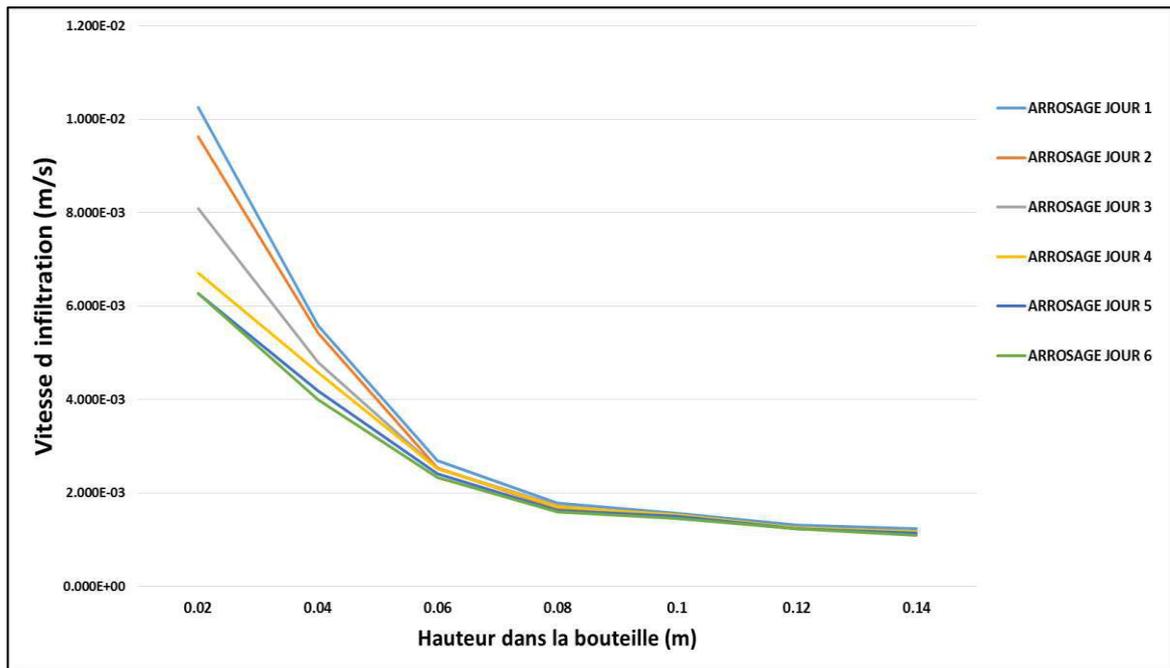


Figure N 33 variations des vitesses aux usées traitées à la sortie dans le sol de Bamndil (sol sableux) en fonction de la hauteur de la bouteille en plastique

Conclusion partielle

La concentration des matières en suspension dans les eaux usées épurées à la sortie de la station d'épuration de Ouargla était de 75mg/l. Cette eau est destinée à irriguer des terres agricoles.

Après avoir traversé les sols étudiés, cette concentration en matière en suspension passe dans la colonne 1^{ère} remplie de sol sable limoneux à 53mg/l et dans la 2^{ème} colonne de sol sable limoneux d'une autre zone à 55mg/l soit en moyenne à 54mg/l.

Les 21mg/l de cette matière en suspension ne peuvent être emmagasinés que dans le sol. En parallèle, la diminution des vitesses à la sortie tout le long de la campagne d'arrosage, alors que l'on s'est maintenue à garder un même débit et une section de sortie constante de l'entonnoir.

Ces deux observations, c'est-à-dire la diminution de la matière en suspension de l'eau filtrée par le sol et la diminution de la vitesse de l'infiltration de l'eau montrent qu'il s'est produit un changement dans la porosité du sol.

Les dépôts de la matière en suspension ne font que colmater le sol et le rendent imperméable, d'où la diminution de la vitesse le long de l'arrosage.

Références Bibliographique

1. **ANRH.**, L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de la Wilaya de Ouargla : Rapports techniques 2012.
2. **ABBOU S.**, Réutilisation des eaux usées épurées. Centre de formation aux métiers d'assainissement. Office National d'Assainissement ,2010.
3. **AJROUD K.**, Etude physico-chimique et organique des eaux usées de la ville d'Ain Beida, et leur impact sur l'irrigation. Mémoire en hydraulique urbain 2016 Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi.
<http://bib.uniwoeb.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/7305/1/M%C3%A9moire%20AjdEroud%20khadidja.12345678910.pdf>
4. **ASANO, Takashi** (ed.). Wastewater reclamation and reuse: water quality management library. CRC Press, 1998.
[https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=9vAGkleP234C&oi=fnd&pg=PR29&dq=ASANO+T.\(1998\),+Wastewater+reclamation+and+reuse.+Water+quality+management+library,+1475+pages&ots=_oR28sSZMc&sig=YwM7QOaBYtzx3MZmKmKSpqwfQF0](https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=9vAGkleP234C&oi=fnd&pg=PR29&dq=ASANO+T.(1998),+Wastewater+reclamation+and+reuse.+Water+quality+management+library,+1475+pages&ots=_oR28sSZMc&sig=YwM7QOaBYtzx3MZmKmKSpqwfQF0)
5. **ATTAB S.**, Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local, mémoire de magister, Université kasdi Merbah-Ouargla, Année, 2013
6. **WESTCOT, D. W. et AYERS, R. S.** Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper, 1985, vol. 29, no 1, p. 173-174-175.
7. **BAUMONT, S., CAMARD, J. P., LEFRANC, A., et al.** Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 2004, vol. 220.

8. **BELAID, Nebil.** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. 2010. Thèse de doctorat. Limoges. p 4-30.
<https://www.theses.fr/2010LIMO4003>
9. **BONNARD et GARDEL.** Vallée de Ouargla. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Lausanne. 2003.42 p.
10. **BRL.,** Réutilisation des eaux usées traitées -perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action. Rapport final. Agence Française de Développement. 2011
11. **CONDOM, Nicolas, LEFEBVRE, Marianne, et VANDOME, Laurent.** La réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets. Les Cahiers du Plan Bleu, Valbonne, Plan Bleu, 2012, no 11, p. 10-63.
12. **DADDI BOUHOUNE M. et HAMDI AISSA B.,** Travaux pratique d'éco pédologique. Rapport pratique. Université de Kasdi Merbah Ouargla. 2008.
13. **Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire,** 2012, Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla. 197p.
14. **ESTEBAN, Raquel Iglesias et DE MIGUEL, Enrique Ortega.** Present and future of wastewater reuse in Spain. CEDEX, Madrid Désaliénation, 2006, vol. 218, no 1-3, p. 105-119.
15. **FAO.** Irrigation avec les eaux usées traitées : manuel d'utilisation. 2003.
16. **FAO.,** 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, 2007, p 15.

17. **Global Water Intelligence.** Water Reuse Markets 2005–2015: A Global Assessment and Forecast Global Water Intelligence. 2005.
18. **HARTANI, T.** La réutilisation des eaux usées en irrigation. Situation actuelle et perspectives. Séminaire Ressources en eau non conventionnelles : épuration d'eaux usées-dessalement d'eaux marines et saumâtres. Alger, 1998, p. 5--25.
19. **JOURNAL OFFICIEL ALGERIEN,** Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtés, décisions, avis, communications et annonces (traduction française). Dimanche 25 Chaàbane 1433 N° 41me Correspondant au 15 juillet 2012.
20. **KHADRAOUI, A.** Eaux et sols en Algérie gestion et impact sur l'environnement. Imprimerie Houma. 2006. P227- 228 – 229- 268.
21. **LAZAROVA, Valentina et BRISSAUD, François.** Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. L'eau, l'industrie, les nuisances, 2007, no 299, p. 29-39.
22. **MEDKOUR M.** Réutilisation des eaux usées épurées. Forum de la gestion de la demande en eau : réutilisation des eaux usées. Rabat, 26 et 27 mars 2002, p 11.
23. **MEDKOUR M.** Réutilisation des eaux usées épurés. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau, 2003 p 12.
24. **MILLER, Kenneth J. U. S.** Water Reuse : Current Status and Future Trends. 1990.
25. **Ministère des Ressources en Eau.,** Les ressources en eau d'Algérie. Rapport de synthèse. MRE Alger. Algérie. 2001. 73 p.
26. **Organisation. Mondiale De La Santé,** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture : recommandations à visées sanitaires. Série de Rapports techniques, Genève 1989, vol. 778.

27. **OMS.** WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, volume II, Wastewater use in agriculture, 2006.p 222.
28. **Office National de l'Assainissement.** Document de synthèse préparé par l'ONA de Saida concernant la réutilisation des eaux usées épurées, 2012. p21.
29. **O.N.M,** Office National de Météorologique, données climatiques de la période2007-2018 station de Ouargla. 2018.
30. **PEASEY, Anne, BLUMENTHAL, Ursula, MARA, Duncan, et al.** A review of policy and standards for wastewater reuse in agriculture: a Latin American perspective. WELL study, Task, 2000, vol. 68.
31. **PEASEY, A., BLUMENTHAL, U., MARA, D., et al.** A review of policy and standards for wastewater reuse in agriculture: a Latin American perspective, WELL Study No. 68, Part II. 2000.
32. **R.N.M.,** Rapport National de Maroc, projet de renforcement de capacité sur l'utilisation sans danger des eaux usées en agriculture 2011.p5-25.
33. **ROUVILLOIS-BRIGOL, Madeleine.** Le Pays de Ouargla, Sahara algérien : variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed Khyam Département de géographie de l'Université de Paris-Sorbonne, 1975.
34. **TECSUL T.,** Etude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur le territoire national, synthèse globale, MRE- DAPE. 2007.
35. **U.S. Environmental Protection Agency "USEPA".** Guidelines for Water Reuse. 2004
36. **Yves Berthaud, Patrick de Byhan, Nicolas Schimit** aide-mémoire mécanique du sol dunod paris 2013

ANNEXE 1

Données climatologiques enregistrées au niveau de la station météorologique d'Ouargla (2008-2017)

Année	Mois	TN en °C	TX en °C	UN en %	UX en %	FX en m/s	RR en mm	EVA en mm	INS en Heure
2008	Janvier	5.5	18.3	44	86	7.1	5.7	75.5	254.3
	Février	6.1	21.3	31	79	7.0	Trace	136.6	248.9
	Mars	10.9	26.3	26	64	9.0	1.2	210.4	263.2
	Avril	15.7	31.9	19	49	10.0	0	291.8	300.6
	Mai	21.1	36.0	19	48	10.8	Trace	323.4	243.6
	Juin	23.9	39.1	21	49	10.1	0.4	286.4	292.0
	Juillet	29.0	44.9	16	38	9.2	0	428.1	306.9
	Août	28.0	43.3	19	45	8.0	Trace	322.7	308.1
	Septembre	24.6	38.5	25	55	9.8	14.2	312.6	243.1
	Octobre	18.7	30.1	39	79	8.8	24.1	174.8	209.9
	Novembre	9.8	22.1	39	85	7.7	0.2	113.8	261.0
	Décembre	5.4	18.6	38	85	7.3	0.6	78.1	192.0
2009	Janvier	6.8	17.8	48	91	9.1	54.1	80.9	196.1
	Février	7.2	20.3	32	80	8.3	1.5	115.3	253.8
	Mars	10.1	24.7	27	74	8.5	10.6	151.8	267.4
	Avril	12.1	27.5	25	67	8.5	0.8	172.6	321.1
	Mai	18.5	34.4	24	60	8.5	0.0	152.7	338.1
	Juin	25.4	40.9	17	45	9.0	2.5	333.0	270.5
	Juillet	28.7	44.6	15	39	8.3	0.0	417.3	336.5
	Août	27.2	43.0	16	43	3.9	0.0	384.4	343.6
	Septembre	22.1	36.1	28	69	8.7	6.3	222.0	256.8
	Octobre	15.7	30.8	28	67	6.6	0.1	166.5	312.9
	Novembre	9.4	25.5	36	79	5.7	0.0	110.2	275.1
	Décembre	7.7	22.9	30	72	6.9	0.0	111.1	254.9
2010	Janvier	6.6	21.6	31	75	8.4	4.4	109.0	248.8
	Février	9.6	25.4	30	66	9.3	Trace	131.4	197.8
	Mars	12.9	28.1	23	57	10.1	Trace	186.6	219.3
	Avril	17.1	31.3	26	60	9.8	0.7	211.0	262.8
	Mai	18.7	33.6	21	53	10.4	1.7	279.4	311.4
	Juin	25.3	41.3	19	45	11.2	3.0	410.4	218.6

	Juillet	28.4	43.9	18	42	9.2	2.2	425.9	313.1
	Août	28.2	43.6	20	46	8.8	Trace	388.3	352.1
	Septembre	22.8	36.9	29	63	8.9	7.7	221.3	273.7
	Octobre	16.2	30.7	26	68	8.1	3.9	176.6	259.2
	Novembre	9.7	24.9	34	74	8.5	0.0	117.1	257.4
	Décembre	6.6	21.3	29	67	7.4	0.0	109.4	247.6
2011	Janvier	4.8	20.5	40	80	7.0	0.0	81.0	261.2
	Février	5.6	20.5	33	72	8.6	0.0	80.0	257.1
	Mars	9.7	23.9	30	76	9.5	11.1	159.6	265.5
	Avril	14.8	30.7	24	62	10.7	1.7	215.2	306.2
	Mai	18.6	33.7	24	55	9.5	0.0	262.5	332.8
	Juin	23.2	38.3	23	51	9.3	0.0	347.7	244.5
	Juillet	27.7	44.0	18	45	8.7	0.0	438.5	319.7
	Août	26.3	42.3	20	44	8.9	0.0	386.4	357.7
	Septembre	25.1	40.3	21	49	9.3	0.1	245.2	270.1
	Octobre	15.1	29.1	37	78	7.8	5.0	125.9	265.1
	Novembre	10.2	24.3	36	80	8.3	Trace	105.8	259.1
	Décembre	5.2	19.7	47	90	6.7	0.0	62.4	229.8
2012	Janvier	3.5	18.0	44	86	8.8	16.2	61.6	249.0
	Février	3.4	17.3	38	79	9.6	5.5	80.8	273.0
	Mars	8.8	24.5	33	74	8.5	1.0	132.4	252.8
	Avril	14.5	30.4	24	59	10.8	3.5	209.1	293.4
	Mai	19.6	35.5	19	47	10.2	0.0	312.3	328.1
	Juin	27.4	43.2	17	43	8.9	0.0	353.6	231.5
	Juillet	28.6	44.8	15	37	8.9	1.3	382.3	320.8
	Août	27.0	43.1	15	41	9.0	0.3	367.6	349.2
	Septembre	21.7	38.2	18	48	8.7	4.6	332.9	285.5
	Octobre	18.2	33.4	22	55	8.1	Trace	278.3	258.9
	Novembre	11.9	26.3	33	74	7.7	0.0	146.8	236.2
	Décembre	3.7	19.9	35	80	6.8	0.0	90.6	239.7
2013	Janvier	4.9	20.2	35	80	8.1	3.6	100.9	246.6
	Février	5.3	21.2	30	70	8.8	0.0	112.9	267.5
	Mars	11.9	28.6	29	70	9.8	0.2	166.9	277.3
	Avril	15.4	30.9	21	58	11.1	6.3	191.8	268.2
	Mai	19.1	35.5	11	39	10.6	0.0	227.8	330.7
	Juin	23.4	39.8	11	35	9.3	0.0	317.3	226.1
	Juillet	27.8	43.5	10	30	9.1	0.0	414.4	315.9
	Août	26.1	40.7	13	36	9.4	2.4	319.1	340.8
	Septembre	23.2	38.3	16	47	9.2	Trace	287.1	279.4

	Octobre	19.5	35.8	16	44	7.0	0.0	276.7	268.5
	Novembre	10.0	23.4	26	66	7.6	4.6	147.5	245.9
	Décembre	6.3	17.3	47	92	7.3	24.5	55.9	205.0
2014	Janvier	6.2	19.4	34	81	7.4	0.0	87.0	246.7
	Février	8.2	22.8	21	63	8.9	0.0	138.4	244.4
	Mars	10.1	23.8	22	58	11.0	0.4	157.8	252.5
	Avril	15.1	31.4	13	42	8.7	0.0	223.3	309.5
	Mai	20.2	35.2	14	43	10.7	14.1	329.1	316.9
	Juin	23.8	39.7	11	40	10.2	2.0	337.9	225.3
	Juillet	28.5	44.6	10	27	9.2	0.0	488.9	298.5
	Août	27.9	44.1	10	33	8.9	0.0	397.1	320.8
	Septembre	25.8	40.6	13	39	9.9	0.0	287.6	259.5
	Octobre	17.0	32.9	16	48	8.3	2.0	213.2	288.3
	Novembre	12.1	25.7	24	68	7.8	6.8	88.8	224.2
	Décembre	5.9	19.0	33	79	7.5	5.8	85.9	249.8
2015	Janvier	4.0	18.3	26	72	8.4	0.8	93.0	259.0
	Février	6.9	18.8	26	63	9.9	24.5	91.0	218.9
	Mars	10.1	24.6	17	59	8.6	4.7	158.9	299.4
	Avril	16.3	32.1	12	41	9.3	0.0	256.5	272.1
	Mai	20.7	37.0	11	33	9.1	0.0	334.1	347.5
	Juin	24.7	39.8	10	33	9.0	0.0	365.4	239.0
	Juillet	26.5	42.0	10	32	6.9	0.0	346.7	339.0
	Août	29.1	42.8	13	39	9.7	Trace	366.6	310.8
	Septembre	23.9	37.9	17	50	8.3	1.3	233.8	226.2
	Octobre	17.6	31.8	22	56	7.9	Trace	158.5	259.0
	Novembre	10.9	24.3	30	72	6.8	0.0	98.2	270.8
	Décembre	4.8	20.0	34	81	4.7	0.0	75.2	253.9
2016	Janvier	6.5	21.2	25	63	6.6	Trace	135.8	259.8
	Février	8.1	22.7	20	57	7.7	0.0	187.0	249.0
	Mars	9.7	25.7	14	45	8.3	2.0	259.4	302.0
	Avril	16.7	32.8	14	49	10.3	1.0	288.6	285.6
	Mai	21.3	36.0	11	35	12.3	0.0	388.3	259.8
	Juin	24.9	41.0	11	32	10.5	0.0	479.6	190.7
	Juillet	27.4	42.6	10	30	8.9	0.0	486.1	322.1
	Août	26.9	41.3	12	32	9.0	0.0	473.1	352.1

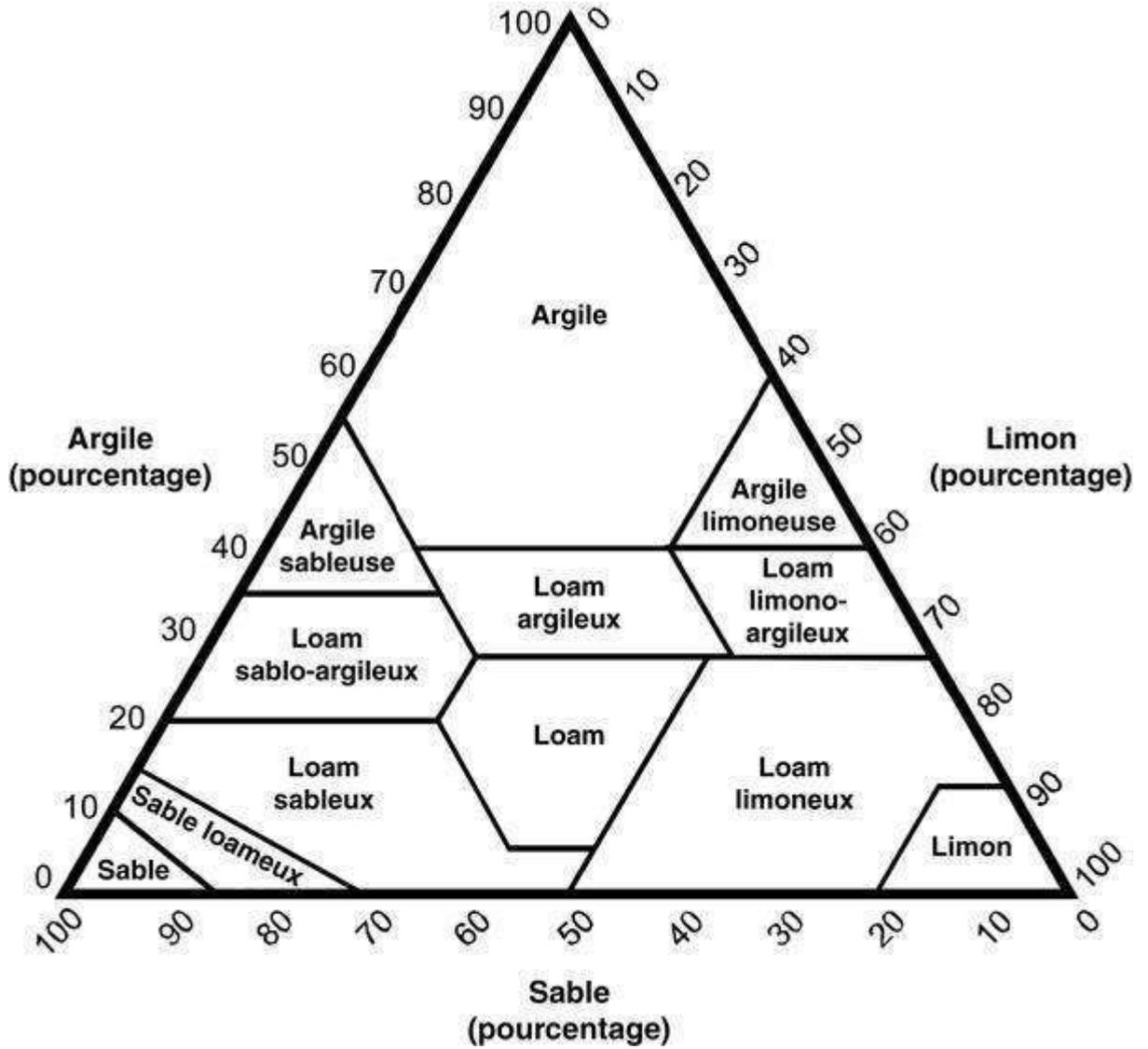
	Septembre	24.3	38.0	17	49	8.7	4.6	301.9	282.0
	Octobre	19.4	34.2	19	56	8.3	4.3	278.9	251.0
	Novembre	10.5	24.5	25	67	3.8	0.7	157.7	228.8
	Décembre	8.1	19.5	41	87	6.6	4.5	85.3	211.0
	Janvier	3.4	17.5	27	72	8.7	0.3	110.7	263.2
	Février	8.5	23.1	22	58	10.0	0.0	172.6	204.2
	Mars	11.5	26.1	18	57	9.9	20.7	239.2	285.1
	Avril	15.2	29.9	17	50	11.7	0.8	283.9	272.1
	Mai	22.9	37.5	12	37	11.8	Trace	464.9	283.9
2017	Juin	25.5	40.4	12	35	11.7	0.2	433.3	205.3
	Juillet	27.3	43.1	11	27	9.9	0.0	505.1	325.3
	Août	27.1	42.9	10	32	10.5	0.0	439.3	366.1
	Septembre	21.9	36.6	18	56	10.3	12.8	270.4	266.0
	Octobre	16.1	29.4	25	68	8.0	22.6	187.2	296.4
	Novembre	9.4	22.9	29	76	8.5	14.6	129.2	240.1
	Décembre	5.4	18.2	33	80	9.4	2.6	80.3	226.0

Légendes

TN	Température moyenne minimale en °C
TX	Température moyenne maximale en °C
UN	Humidité relative minimale en %
UX	Humidité relative maximale en %
FX	Vent max en m/s
RR	Cumul des pluies en mm
EVA	Evaporation totale en mm
INS	Durée d'Insolation en Heure
Trace	Quantité de pluie inférieure à 0.1 mm

Annexe 2

Triangle de texture des sols fins



Résumé

Notre travail de recherche est l'étude du suivi temporaire de circulation des eaux usées épurés dans plusieurs types des sols de l'oasis de Ouargla.

Cette expérience nous permette d'analyser l'évolution des particules en suspensions qui existe dans les eaux usées épurés sur la porosité de chaque type de sols.

A partir l'échantillonnage des sols agricoles et les eaux usées épurés on peut effectuer l'étude et l'obtention des résultats expérimentales.

Les résultats obtenus de suivi montres que la vitesse d'écoulement dans le sol irrigué diminue et le colmatage des pores augmente. Cette analyse nous permette d'adapter des techniques d'irrigation économique et sans provoquer la dégradation des sols agricoles.

Mots clé : eaux usées épurés, porosité, sol, irrigation, oasis de Ouargla.

Abstract

Our research work is the study of the temporary follow-up of purified sewage circulation in several soil types of the Oasis of Ouargla.

This experiment allows us to analysis the evolution of suspended particles that exists in purified wastewater on the porosity of each type of soil.

From the sampling of the soil and the purified wastewater, it is possible to study and obtain the experimental results.

The results obtained from monitoring shows that the flow velocity in the irrigated soil decreases and the clogging of the pores increases. This analysis allows us to adapt economic irrigation techniques and without causing degradation of agricultural soils.

Key words: purified wastewater, porosity, soil, irrigation, oasis of Ouargla.

ملخص

يدور موضوع دراستنا حول المتابعة الزمنية لتدفق المياه المستعملة المعالجة بعد مرورها عن طريق عبر عينات تربة مأخوذة من عدة مناطق في واحة ورقلة

تمكننا هذه الدراسة من معرفة تأثير الجزيئات العالقة الموجودة في هذه المياه على انسداد مسامات كل عينة من التربة المأخوذة بعد الدراسة تظهر النتائج المتحصل عليها ان سرعة تدفق المياه عبر القمع تتناقص مع تناقص الفراغ بين المسامات رغم اختلاف الطبيعة الفيزيائية لكل عينة.

من النتائج المحصل عليها نستخلص طرق المعالجة واختيار تقنيات الري المساعدة على زيادة مردودية التربة الزراعية.

الكلمات المفتاحية: المياه المستعملة المصفاة، المسامية، التربة، السقي، واحة ورقلة

