



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Agronomie



Mémoire De Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master II académique en Agronomie

Option : Sol, Plante, Environnement

Thème :

Irrigation par la réutilisation des eaux usées
épurées STEP de Tademaït sur la Célosie plumeuse
cas du sol de Boukhalfa.

Réalisé par : M^{lle} : AIT ALIK Zahia

M^{lle} : AMRANI Tassadit

Mr YAHY. H, Professeur à l'UMMTO

Président

Mr : BOUDJEMA. S, Maître –assistant Classe A à l'UMMTO

Promoteur

Mr : AIT SIDHOUM. D, Maître-assistant Classe A à l'UMMTO

Examineur

Mme : ALKAMA. N, Maître de conférences Classe B à l'UMMTO

Examinatrice

ONA de Tizi-Ouzou.

Invité d'honneur

Année universitaire

2016/2017

Remerciements

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la volonté, la patience, l'abnégation et la santé pour réaliser ce modeste travail.

Nos remerciements les plus sincères vont à notre promoteur **Mr BOUDJEMA. S**, pour son orientation et encadrement, ses conseils qui nous ont guidés dans l'élaboration de ce travail.

Nous tenons également à remercier **Mr CHERFOUH. R** qui nous a aidé dans ce travail.

Nous remercions **Mr METNA et Mlle ISSAOUN. D**, qui nous a aidé à réaliser les analyses statistiques des résultats.

Nos remercions **Mr YAH. H** qui nous a fait l'honneur de présider le jury.

Nous tenons également à exprimer nos profondes gratitude et nous vives reconnaissances à l'égard des membres de jurys **Mme ALKAMA. N et Mr AIT SIDHOUM. D** pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Nos remerciements vont également à tout le personnels de :

- Entreprise Régionale de Génie Rural, « Pépinière de Tademaït » à leur tête **Mr : MESROUR. B. et Mr AZOU. F**
- STEP de Tademaït, Madame **BOUTOURA.**
- Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé en Agriculture de Montagne (ITMAS) de Boukhalfa.

A tous ceux qui ont contribué à notre formation, particulièrement les enseignants de l'Institut d'Agronomie de Tizi-Ouzou, trouvent ici notre profonde reconnaissance.

Enfin, un grand merci pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère grande mère Mama Farou pour son amour et encouragement tout au long de mes études gracieusement je le suis très reconnaissante.

A mes très chères parents (Ali, Ouiza) pour leur sacrifices et leur soutiens tout au long de ma vie et aux quels je ne rendrai jamais assez, que Dieu vous accorder santé et longue vie.

A mon très chère frère Amokrane à qui je dois tous le respect et je le remercie énormément pour sa disponibilité et son aide tout au long de mes études et à qui je souhaite de la réussite dans sa vie.

A mes très chères sœurs : Rosa, Silia et Djoudjou.

A ma source de courage et de confiance qui m'a aidé par son encouragement et sa compréhension je te remercie énormément, Gaya

A tous mes amis (es).

A mes camarades de la promotion Sol, Plante, Environnement.

A ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail de recherche.

A mon binôme.

Zahia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

Mon très cher père qui sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici .j'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales que vous m'avez apprises.

Ma très cher mère qui à tant attendu ce moment.

A mon mari qui n' a jamais cessé de m'encourager tout au long de mon travail.

A mes frères: Samir et Karim a qui je souhaite toute la réussite.

A mon frères Djamel et sa femme Houria et leurs enfants :Melissa, Arezki et Lounis.

A mes beaux parents.

A mes belles Soeurs: kenza et Dehiya.

A mes beaux frères :Djamel,Salim;Lyes et Azwaw.

A mes tantes: Abdia, Fadhila,khaldia et Rachida.

A mes cousine et mes chère copines : Amira ,Rachida,Nadia et Thiziri

.

A ma binôme..

A tous mes amis (es).

Tassadit

Liste des figures

Figure n°1 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées.....	12
Figure n°2 : <i>Celosia argentea</i> var. <i>plumosa</i>	19
Figure n°3 : <i>Celosia argentea</i> var. <i>spicata</i>	20
Figure n°4 : <i>Celosia argentea</i> var. <i>cristata</i>	20
Figure n°5 : Principales caractéristiques de la Célosie plumeuse	21
Figure n°6 : Marque des graines de la plante utilisée	22
Figure n°7 : Graines de Célosie	22
Figure n°8 : Image satellitaire de la localisation de la pépinière de Tademaït (ERGR)	27
Figure n°9 : Image satellitaire de la localisation de la STEP de Tademaït	28
Figure n°10 : Image de la STEP de Tademaït.....	28
Figure n°11 : Image satellitaire de la localisation de la parcelle d'expérimentation	31
Figure n°12 : Méthode d'échantillonnage d'un sol par une tarière.....	32
Figure n°13 : Serre vue d'extérieur.....	34
Figure n°14 : Serre vue d'intérieur.....	34
Figure n°15 : Support d'alvéole	34
Figure n°16 : Arrosoir	34
Figure n°17 : Fourche et Faucille.....	35
Figure n°18 : Pots utilisée	35
Figure n°19 : Brouette et Râteau.....	35
Figure n°20 : Jerricans	35
Figure n°21 : Bouteilles d'irrigation	36
Figure n°22 : Terreau de semis	36
Figure n°23 : Soupente.....	37

Figure n°24 : Traitement de la plante.....	37
Figure n°25 : Méthode d'échantillonnage.....	38
Figure n°26 : Séchage du sol.....	39
Figure n°27 : Tamisage du sol	39
Figure n°28 : pH mètre.....	39
Figure n°29 : Agitateur.....	40
Figure n°30 : Conductimètre.....	40
Figure n°31 : Méthode de la granulométrie	41
Figure n°32 : L'étuve	42
Figure n°33 : Résultats du pH du sol de Boukhalfa.....	46
Figure n°34 : Résultats des moyennes en calcaire total du sol de Boukhalfa.....	47
Figure n°35 : Résultats des moyennes de la matière organique du sol de Boukhalfa	49
Figure n°36 : Résultats des moyennes de la conductivité électrique du sol de Boukhalfa.....	51
Figure n°37 : Résultats des moyennes de l'humidité du sol de Boukhalfa.....	52
Figure n°38 : Variation de la hauteur des tiges en fonction du temps	54
Figure n°39 : Variation du nombre de feuilles en fonction du temps.....	57
Figure n°40 : Variation du nombre de fleurs en fonction du temps.....	60

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Représente les principales maladies à transmission hydrique (MTH)	10
Tableau n°2 : Bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées traitées.....	16
Tableau n°3 : Extrait des normes internationales relatives à la réutilisation agricole d'effluents urbains.....	16
Tableau n°4 : Normes de rejets appliqués en Algérie (annexe 2)	
Tableau n°5 : Maladie, nuisibles et parasites des Célosies.....	24
Tableau n°6 : Caractéristiques du sol de l'ITMAS de Boukhalfa	26
Tableau n°7 : Caractéristiques de la STEP de Tademaït (annexe3)	
Tableau n°8 : Bulletin d'analyse d'eau de robinet de Tademaït (annexe 4)	
Tableau n°9 : Analyse de la variance au seuil de 5% de pH pour le facteur eau	45
Tableau n°10 : Résultats du Test NEWMAN et KEULS	45
Tableau n°11 : Résultats du pH du sol de Boukhalfa	45
Tableau n°12 : Echelle d'interprétation du pH (DUCLLOS, 1979), (annexe 7)	
Tableau n°13 : Analyse de la variance du calcaire total pour le facteur eau	47
Tableau n°14 : Résultats du calcaire total du sol de Boukhalfa	47
Tableau n°15 : Normes d'appréciation du calcaire total du sol (BAISE, 2000), (annexe 7)	
Tableau n°16 : Analyse de la variance de la matière organique pour le facteur eau.....	48
Tableau n°17 : Résultats des moyennes de la matière organique du sol de Boukhalfa.....	48
Tableau n°18 : Normes d'interprétation de la matière organique (BAISE, 2000), (annexe 7)	
Tableau n°19 : Analyse de la variance de la conductivité électrique pour le facteur eau	50
Tableau n°20 : Résultats du Test NEWMAN et KEULS	50
Tableau n°21 : Valeurs des moyennes de la conductivité électrique du sol de Boukhalfa	50
Tableau n°22 : Classe de la qualité des sols selon l'échelle du DURAND. J. H, (1983) , (annexe 7)	

Tableau n°23 : Analyse de la variance du l'humidité du sol pour le facteur eau	52
Tableau n°24 : Valeurs moyennes d'humidité du sol de Boukhalfa	52
Tableau n°25 : Moyennes des hauteurs des tiges en fonction du temps.....	53
Tableau n°26 : Analyse de la variance pour le paramètre hauteur des tiges	54
Tableau n°27 : Résultats de l'analyse de la variance pour la hauteur des tiges.....	55
Tableau n°28 : Résultats du Test de NEWMAN et KEULS	55
Tableau n°29 : Evolution du nombre de feuilles en fonction du temps	56
Tableau n°30 : Analyse de la variance pour le paramètre nombre de feuilles	58
Tableau n°31 : Résultats du Test de NEWMAN et KEULS	58
Tableau n°32 : Evolution du nombre de fleurs en fonction du temps	59
Tableau n°33 : Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre nombre de fleurs	60
Tableau n°34 : Résultats du Test NEWMAN et KEULS.....	61

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Eau et pollution

Introduction	3
---------------------------	----------

Partie I : Eau et Pollution

I. Généralités sur l'eau	3
1. Définition de l'eau.....	3
2. Etat de l'eau.....	3
2.1.Etat liquide	3
2.2.Etat solide.....	3
2.3.Etat gazeux	3
3. Ressources naturelles en eau	3
3.1.Eaux souterraines	4
3.2.Eaux de surface	4
3.3.Eaux de pluie	4
3.4.Eaux de mer.....	4
II. Généralités sur les eaux usées résiduaire	4
1. Définition de la pollution	4
1.1.Définition de la pollution de l'eau.....	4
2. Origine des eaux usées	5
2.1.Eaux usées domestique (EUD).....	5
2.2.Eaux usées industrielles (EUI)	5
2.3.Eaux usées d'origine agricole (EUA).....	5
2.4.Eaux pluviale.....	5
3. Différents types de pollution des eaux	5
3.1.Pollution chimique	5
3.1.1. Pollution organique	6
3.1.2. Pollution minérale	6
3.2.Pollution physique.....	6
3.2.1. Pollution thermique	6
3.2.2. Pollution radioactive	6
3.3.Pollution microbiologique.....	6

4. Paramètres de pollution	6
4.1. Paramètres physiques	7
4.1.1. Température	7
4.1.2. Odeur	7
4.1.3. Couleur	7
4.1.4. Matières En Suspension (MES)	7
4.1.5. Matières volatiles en Suspension (MVS)	7
4.1.6. Turbidité	7
4.1.7. Matières minérales (MM)	7
4.1.8. Matières décantables (MD)	8
4.1.9. Matières colloïdales (MC)	8
4.2. Paramètres chimiques	8
4.2.1. Potentiel d'hydrogénation (pH)	8
4.2.2. Conductivité électrique (CE)	8
4.2.3. Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	8
4.2.4. Demande chimique en oxygène (DCO)	8
4.2.5. Carbone organique total (COT)	8
4.2.6. Azote	9
4.2.7. Phosphore	9
4.2.8. Oxygène dissous	9
4.3. Paramètres biologiques	9
5. Impact des eaux usées	10
5.1. Impacts sanitaires	10
5.2. Impacts agricoles	10
5.3. Impacts écologiques	11
5.4. Impacts esthétiques	11
6. Traitement des eaux usées	11
6.1. Système d'assainissement des eaux usées	11
6.1.1. Système unitaire	11
6.1.2. Système séparatif	11
6.2. Définition d'une station d'épuration	11
6.3. Procédés d'épuration des eaux usées	12
6.3.1. Prétraitement	12
6.3.1.1. Dégrillage	12

6.3.1.2.Dessablage.....	12
6.3.1.3.Déshuilage- dégraissage	13
6.3.2. Traitement primaire	13
6.3.3. Traitement secondaire	13
6.3.4. Clarification.....	13
6.3.5. Traitement tertiaire	13
6.3.6. Traitement des boues résiduaires	13

Partie II : Eau épurée et Réutilisation

I. Généralités sur les eaux épurées	14
1. Définition de l'eau épurée	14
2. Définition de la réutilisation des eaux épurées.....	14
3. Réutilisation des eaux épurées	14
3.1.Réutilisation des eaux usées dans le monde	14
3.2.Réutilisation des eaux épurées en Algérie.....	15
4. Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux épurées	16
5. Normes de la réutilisation des eaux usées traitées	16
6. Estimation des rejets des eaux résiduaires	16
6.1.Définition d'équivalent habitant.....	17
6.2.Normes de rejets appliquées en Algérie	17
II. Législation des eaux	17
Conclusion.....	18

Chapitre II : Généralités sur le matériel végétal et le sol.

Introduction	18
---------------------------	-----------

I. Partie/ végétal

1. Culture de la plante	19
1.1.Historique et généralités de la Célosie	19
1.2.Classification systématique	19
1.3.Classification variétale	20
2. Principaux caractères morphologiques de la Célosie	21
2.1.Tige.....	22
2.2.Feuille	22

2.3.Fleur	23
2.4.Graine	23
3. Stade de développement de la Célosie	23
3.1.Phase de germination	23
3.2.Phase de croissance	23
3.3.Phase de floraison.....	24
3.4.Phase de maturation	24
4. Exigences écologiques de la Célosie.....	24
4.1.Températures	24
4.2.Lumière	25
4.3.Régime hydrique	25
II. Partie/ sol.	
1. Définition du sol.....	26
2. Caractérisation des sols de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	26
2.1.Sols peu évolués	26
2.2.Sols brunifiés.....	26
2.3.Sols calcimagnésiques.....	26
2.4.Sols à sesquioxydes de fer rouge fersiallitiques.....	26
2.5.Vertisols	26
3. Région de Boukhalfa.....	27
Conclusion.....	27

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes

Introduction	28
I. Présentation du site expérimentale	28
1. Situation géographique de la pépinière de Tademaït (ERGR).....	28
2. Situation géographique de la STEP de Tademaït.....	29
3. Caractéristiques de la STEP de Tademaït	30
II. But d'expérimentation	30
III. Matériels et méthodes	30
1. Expérimentation sous serre	30

1.1. Matériels utilisés	30
1.1.1. Serre	31
1.1.2. Eaux d'irrigation	31
1.1.3. Matériels végétal	31
1.1.4. Sol.....	32
1.1.4.1. Echantillonnage du sol	32
1.1.4.2. Méthode d'échantillonnage	33
1.2. Méthodes suivies sous serre.....	33
1.2.1. Préparation de la serre	33
1.2.2. Préparation des eaux d'irrigation	34
1.2.3. Préparation du semis	34
1.2.4. Repiquage des plants	34
1.2.5. Soins culturaux	34
1.3. Paramètres étudiés.....	38
1.3.1. Hauteur des tiges	38
1.3.2. Nombre de feuilles	38
1.3.3. Nombre de fleurs	38
2. Expérimentation au laboratoire	39
2.1. Echantillonnage	39
2.2. Analyse physico-chimique du sol	39
2.2.1. Détermination du pH du sol	40
2.2.2. Mesure de la conductivité électrique.....	41
2.2.3. Dosage de la matière organique du sol.....	41
2.2.4. Dosage du calcaire total	42
2.2.5. Granulométrie.....	42
2.2.6. Humidité au champ	43
3. Analyses statistiques	43

Chapitre IV : Résultats et discussion

I. Résultats et discussion.....	44
I.1. Sol	44
I.1.1. Granulométrie	44
I.1.2. pH du sol	44

I.1.3. Calcaire total (CaCO_3)	46
I.1.4. Matière organique MO (%).....	48
I.1.5. Conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$).....	49
I.1.6. Humidité (%)	51
I.2. Végétal	53
I.2.1. Hauteur des tiges.....	53
I.2.2. Nombre de feuilles	56
I.2.3. Nombre de fleurs.....	59
Conclusion générale	63

Références bibliographiques.

Annexe.

L'eau est indispensable à la vie. Elle contrôle nos écosystèmes et régule le climat. Agriculture, alimentation, énergie, transport, l'eau est au cœur de notre existence. Cependant, elle est inégalement répartie.

L'eau couvre les trois-quarts de notre planète, mais l'eau douce nécessaire à l'homme est rare. Glaciers et banquises en retiennent la plus grande part. L'eau douce accessible dépend : cours d'eau, lacs, nappes souterraines et eaux de pluie qui représente moins de 1% de l'eau sur terre. **(MORTUREUX. M, 2012).**

La pénurie de l'eau et la gestion de ses ressources dans le monde, constituent l'un des problèmes les plus importants du 21^{ème} siècle. Les changements climatiques, la sécheresse qui sévissent depuis plusieurs décennies dans différentes régions du monde, ont touché particulièrement les pays du bassin méditerranéens, et ont un impact négatif sur les ressources en eau de ces pays. **(FAO, 2004).**

La pollution des nappes et les eaux superficielles générées par les rejets domestiques, industriels et agricoles dépassent de loin les capacités de traitement des systèmes d'épuration existants. Ces dégradations affectent les eaux superficielles et souterraines, et réduisent les volumes d'eau susceptible d'être utilisés.

La gestion de l'eau est l'un des principaux axes du développement durable, dont la mesure où l'eau doit répondre aux besoins des générations futures.

La réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation des surfaces agricoles reste l'usage prépondérant et en fort développement, car le secteur agricole prélève une part très importante des ressources en eau conventionnelles, d'une part, et que la proportion d'eaux usées traitées au regard du volume total potentiellement réutilisable reste à ce jour minime pour la plupart des pays, d'autre part, l'épuration de l'eau usée et son utilisation en irrigation est une option attrayante, en particulier dans les zones arides et semi-arides, car elle représente une source d'eau et d'engrais additionnels renouvelable et fiable. **(FAO, 2003).**

Les Célosia sont des plantes vivaces tropicales de la famille Amaranthaceae. Elles se cultivent comme des annuelles, dont la tige est ramifiée avec une forme cylindrique. Elle porte des feuilles vertes et simples qui sont disposées en spirale sur la tige, et offrent une floraison originale formant des massifs de plumeux aux couleurs chatoyantes durant tout l'été. **(VillaVerde.fr/célosie plumeuse.html).**

Le sol de Boukhalfa est classé comme étant un vertisols, avec une texture argilo-limoneuse en particulier dans la zone de l'ITMAS de Boukhalfa. (**MOUAS BOURBIA. S, 2014**).

Notre travail à pour objectif d'approfondir la connaissance de la Célosie dans ces aspects physiologiques relatif au développement optimal de ce végétal. Pour mener à bien ce travail expérimental, nous avons appliqué un plan d'irrigation basé sur deux types d'eaux à savoir une eau potable et une eau usée épurée.. Afin d'estimer l'impact de la réutilisation des eaux usées épurées sur le développement de la Célosie Plumeuse, nous nous sommes intéressés à étudier certains paramètres de mesures (hauteur de tiges), et de quantifications (nombre de feuilles et nombre de fleurs).

Notre plan de travail est subdivisé comme suit :

Introduction générale.,

Partie I : Synthèse bibliographique composées de :

Chapitre I : Eau et pollution.

Chapitre II : Généralités sur le matériel végétal et le sol.

Partie II :

Chapitre III : Matériels et Méthodes.

Chapitre VI : Résultats et Discussions.

Enfin une conclusion générale suivie de quelques perspectives.

Introduction :

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation. Elle l'est également pour ses activités agricoles, industrielles, domestiques et touristiques. Sa qualité dépend de son environnement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tous les types de pollution. De ce fait, la gestion de cette pollution des eaux nécessite la mise en place des projets d'ouvrages hydrauliques tels que les STEP.

Partie I : Eau et Pollution**I. Généralités sur l'eau :****1. Définition de l'eau :**

L'eau est une substance minérale la plus répandue à la surface du globe, elle constitue l'hydrosphère, son volume est estimé à 1385.10 km³, dont environ 97,4% dans les océans, 2% sous forme de glace et 0,6% seulement constituant les eaux douces, c'est un composé chimique formé de deux atomes d'hydrogènes et d'un atome d'oxygène. L'eau c'est aussi le constituant majeur de la matière vivante. (DEGREMONT, 2005).

2. Etat de l'eau dans la nature :

Dans la nature, l'eau peut se présenter sous trois formes :

2.1. Etat liquide :

C'est l'état dans lequel l'eau se trouve en plus grande proportion sur terre (97.84 %). Elle peut être stagnante (lacs), courantes (rivières). (MARSILY. G, 1995).

2.2. Etat solide :

Elle est stockée sur terre sous forme de glaciers, champs de neige, calottes glaciaires. L'eau sous forme solide représente 2.15% de la quantité globale. (MARSILY. G, 1995).

2.3. Etat gazeux :

C'est la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère. Représentent seulement 0.0005% de la quantité totale d'eau sur terre. (MARSILY. G, 1995).

3. Ressources naturelles en eau :

Selon (DESJARDINS.R, 1997), l'eau dans l'hydrosphère à plusieurs origines :

3.1. Eaux souterraines :

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Les caractéristiques de ses eaux varient très peu dans le temps. Les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute.

3.2. Eaux de surface :

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories : eaux de rivières (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée.

3.3. Eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques.

3.4. Eaux de mer :

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentration en sels dissous, la salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg/L.

II. Généralités sur les eaux usées résiduaires :

1. Définition de la pollution :

Selon la loi n°03.10 du 19 juillet 2003, la pollution c'est toute Modification directe ou indirecte de l'environnement provoquée par tout acte qui provoque, ou qui risque de provoquer une situation préjudiciable pour la santé, la sécurité et le bien-être de l'homme, la flore, la faune, l'air, l'atmosphère, les eaux, les sols et les biens collectifs et individuels. (J.O n°43/2003).

1.1. Définition de la pollution de l'eau :

La pollution de l'eau correspond à la présence anormale dans l'eau de minuscules organismes extérieurs, de produits chimiques ou de déchets industriels. (BOUDJEMA.S, 2008).

2. Origine des eaux usées :

Selon (GENIN, 2003), on distingue principalement 4 catégories d'eau usées :

2.1. Eaux usées domestiques (EUD) :

Elles proviennent des habitations, et sont en générale véhiculées par un réseau d'assainissement. Elles se caractérisent par une forte teneur en matières organiques, des sels minéraux, des détergents et des germes fécaux.

2.2. Eaux usées industrielles (EUI) :

Elles sont caractérisées par une très grande diversité. On peut retrouver dans l'eau, qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles de l'activité humaine : matières organiques, graisses, hydrocarbures, acides, bases, etc.

2.3. Eaux usées d'origine agricole (EUA) :

Elles comportent une composante domestique, qui se caractérise principalement par de forte teneurs en sel minéraux provenant des engrais et des effluents d'élevage, ainsi les produits chimiques de traitement des cultures qui altèrent la qualité des nappes sous terrains.

2.4. Eaux pluviales :

Les eaux de pluie sont caractérisées par un débit fortement variable, présentant des valeurs moyennes à fortes variations saisonnières à l'intérieur desquelles la répartition des débits est aléatoire.

3. Différents types de pollution des eaux :

On distingue trois grandes catégories de pollution :

- Pollution chimique.
- Pollution physique.
- Pollution microbienne.

3.1. Pollution chimique :

La pollution chimique de l'eau est une préoccupation majeure de santé publique. Elle est due essentiellement aux déversements des polluants organiques, de sels et de métaux lourds par les unités industrielles. Le plus souvent, ces industries rejettent vers le milieu naturel des polluants menaçants (métaux lourds). (MANSOURI.F, 2012). Elle se subdivise-en :

3.1.1. Pollution organique :

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acceptation la plus large, cette forme de pollution peut être considérée comme résultant de diverses activités (urbaines, industrielles, artisanales et rurales). Chaque activité rejette des composés spécifiques biodégradables ou pas. (GAID.A, 1984).

3.1.2. Pollution minérale :

On y distingue les sels minéraux (chlorure, sulfate, calcium, magnésium) et les micropolluants minéraux (chrome, plomb, cadmium). (ACHAT.H et al, 2002).

3.2. Pollution physique :

Les plus importants polluants physiques sont la chaleur, le transport des matières solides en suspension et la radioactivité.

3.2.1. Pollution thermique :

Cette pollution est due à l'élévation de la température de l'eau. L'eau quand elle est chaude, le taux de l'oxygène diminue par conséquent une asphyxie s'installe chez les organismes aquatiques. (YAH.I. H, 1998).

3.2.2. Pollution radioactive :

L'usage de nucléaire a des implications dans le domaine de l'environnement, à cause des risques de la radioactivité et de la pollution thermique, provoquée par les rejets dans le milieu naturel, à une température plus élevée, utilisée comme fluide de refroidissement. (BOUDJEMA.S, 2008).

3.3. Pollution microbiologique :

Les eaux d'égout contiennent une multitude d'organismes vivants apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. La nature de la population bactérienne est très variée, notons la présence importante de Staphylocoques, Streptocoques, Escherichia coli etc. (GAID.A, 1984).

4. Paramètres de pollution :

Le potentiel de pollution d'une eau sera apprécié par une série d'analyses physicochimiques, dont certaines tentent de reproduire les modifications que cette eau sera susceptible d'apporter dans le milieu où elle sera rejetée.

4.1. Paramètres physiques :

4.1.1. Température :

Il est indispensable de connaître la température exacte de l'eau, car un changement de température affecte les diverses propriétés de l'eau. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz en particulier la conductivité électrique et dans les variations du PH. (MANSOURI. F, 2012).

4.1.2. Odeur :

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

4.1.3. Couleur :

La couleur d'eau d'égout d'origine domestique est normalement grisâtre, une couleur noire indique une décomposition partielle. Les autres teintes indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle. (MANSOURI. F, 2012).

4.1.4. Matières en suspension (MES) :

Ce paramètre englobe tous les éléments en suspension dans l'eau. Ce sont des substances non solubles dans l'eau (minérales ou organique). Leur concentration dépend de la nature des terrains traversés de l'activité humaine (rejet domestique et industriel et de la vitesse découle du cours d'eau). (GANI.F ,2001).

4.1.5. Matières volatiles en suspension (MVS) :

Elle représente la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. (GAID.A, 1984).

4.1.6. Turbidité :

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. Cette turbidité est causée par la présence des matières en suspension fines, comme les argiles, les limons et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. (REJESK. F, 2002).

4.1.7. Matières minérales (MM) :

Les matières minérales représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec », constitué à la fois par les matières minérales en suspension et les matières solubles (chlorures, phosphate, ...etc.). (SATIN.M et al, 1999).

4.1.8. Matières décantables (MD) :

Elles sont composées des matières en suspension qui sédimentent en 2 heures dans une éprouvette. (SATIN.M et al, 1999).

4.1.9. Matières colloïdales (MC) :

Ce sont des éléments présents dans l'eau sous un état intérimaire entre état dissous et état solide. Il s'agit de très petites particules solides invisibles à l'œil nues. Dotées sur leur surface de charges électriques qui se repoussent les unes contre les autres, et les maintiennent en suspension (COIN.L, 1981).

4.2. Paramètres chimiques :**4.2.1. Potentiel d'hydrogénation (pH) :**

Il exprime le degré d'acidité des eaux usées. Le pH joue un rôle primordial dans :

- ✓ Les propriétés physico-chimiques de l'eau.
- ✓ Les processus biologiques dont certains exigent des limites de pH très étroit.

(MANSOURI. F, 2012).

4.2.2. Conductivité électrique (CE) :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ion chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. (REJSEK. F, 2002).

4.2.3. Demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

La DBO₅ est définie comme la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes à 20° c dans l'obscurité durant 5 jours, lors du catabolisme des matières organiques présentes dans l'eau. La DBO₅ s'exprime en mg/l d'oxygène. (HADDOUM. N et al, 2013).

4.2.4. Demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO présente la teneur totale d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique présente dans l'eau considérée, qu'elle soit ou non biodégradable. Le résultat est obtenu en 2 heures après oxydation de l'échantillon à chaud en milieu très acide. (BOURRIER. R, 2008).

4.2.5. Carbone organique total (COT) :

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. (TARMOUL. F, 2007).

4.2.6. Azote :

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont l'azote total, les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-), en plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique. L'Azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. (BELOKDA.W, 2009).

4.2.7. Phosphore :

Selon REJSEK. F, (2002), le phosphore est présent dans la nature sous différentes formes :

- o Forme organique : élément constitutif de biomolécules (Phospholipides, Phosphoprotéines).
- o Forme minérale : dérivé de l'acide phosphorique.

L'ensemble de phosphore organique et minéral constitue le phosphore total.

4.2.8. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune, et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Sa concentration est très faible, et le plus souvent proche du zéro dans les eaux résiduaires brutes. (REJSEK. F, 2002).

4.2.9. Notion de biodégradabilité :

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par le micro-organisme qui intervient dans le processus d'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K tel que, $K = DCO/DBO_5$

Si $K < 1,5$ l'effluent est biodégradable

Si $1,5 < K < 2,5$ l'effluent est moyennement biodégradable

Si $K > 2,5$ l'effluent n'est pas biodégradable.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable, on applique un traitement biologique, si non, on applique un traitement physico-chimique. (ACHAT. H et al, 2002).

4.3. Paramètre biologique.

Les eaux résiduaires urbaines transportent de nombreux micro-organismes dont certains sont pathogènes (bactéries, virus, protozoaires). Les bactéries pathogènes les plus rencontrées sont les Salmonelles, (100 à 1000 par ml d'eau).

Les germes test les plus utilisés sont les coliformes totaux et fécaux, composés essentiellement d'Escherichia coli et parfois de streptocoques fécaux. Dans 100 ml d'eau résiduaires sont déterminés 10^7 à 10^8 coliformes totaux et 10^6 à 10^7 coliformes fécaux. (HADDOUM. N et al, 2013).

5. Impacte des eaux usées :

La pollution des eaux sont multiples, que se soit sur l'homme directement ou sur le milieu où il vit :

5.1. Impacts sanitaire :

Les maladies liées à l'eau constituent un facteur essentiel dans toute stratégie humaine. Il s'agit de plusieurs groupes d'affections qui tuent encore des millions de personnes et empêchent des millions d'individus de mener une vie saine. (BOUZIANI. M, 2000).

Tableau n°1 : Principales maladies à transmission hydrique (MTH).

Origine	Maladies	Agents ou germes pathogènes	Symptômes
Bactérienne	Fièvre Typhoïde	Salmonelles : salmonella typhus et paratyphus A,B et C	Fièvre, céphalée, diarrhée, douleurs abdominales
	Choléra	Choléra	Diarrhée profuses à grains risiforme, vomissement, douleur épigastrique
	Légionellose	Légionelloses	Pneumonie aigue, fièvre, céphalées, anorexie, plus des symptômes gastro-intestinaux
	Gastroentérites aigues	Eschechia Coli Campylobacterjejuni Yersinia Enterocotica Salmonella sp ShigellaDysentriae Aeromonas	Diarrhée aqueuse, élévation brutale de températures, douleurs abdominales
Parasitaires	La dysenterie amibienne	Amibes Entamoebahystolica Gardia-lambliia Cryptosporidiumparvum	Crampes, diarrhée muco sanglante diarrhée profuses aqueuse crampes abdominales

(VILLAGINES.R, 2003).

5.2. Impacts agricoles :

L'eau dans certaines régions, est largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute. La texture du sol, sa flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau.

De même, les boues issues du traitement des eaux usées pourront si elles contiennent des toxiques (métaux lourds), être à l'origine de la pollution des sols. (GAUJOUS. D, 1995).

5.3. Impacts écologiques :

Impacts écologiques sont considérer à travers la réduction des potentialités d'exploitation du milieu (pêche, aquaculture, tourisme...), à court et long termes. (GAUJOUS. D, 1995).

5.4. Impacts esthétiques :

Il s'agit de pollution n'ayant pas de conséquences sanitaires ou écologiques importante, mais perturbant l'image d'un milieu (par exemple, des bouteilles plastiques ou du goudron rejetés sur une plage). On peut inclure, dans cette catégorie, les problèmes de goût de l'eau. (GAUJOUS. D, 1995).

6. Traitement des eaux usées :

6.1. Système d'assainissement des eaux usées :

L'assainissement des agglomérations a pour but la collecte, le transit au besoin de la rétention de l'ensemble des eaux polluées, pluviales et usées, et de procéder aux traitements avant leur rejet dans le milieu naturel, par des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement. (HALICHE.D et al, 2012).

6.1.1. Système unitaire :

Ce réseau collecte l'ensemble des eaux usées noires, claires et grises d'une ville ou d'une région. Le système unitaire est l'héritage de « tout-à-l'égout ». Ce système prévoit l'évaluation en commun, dans une même conduite, des eaux ménagères, industrielles et des eaux de pluie. (SATIN, M et al, 1999).

6.1.2. Système séparatif :

Le système séparatif consiste à spécialiser chaque réseau selon la nature des effluents. Un réseau est affecté à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux vannes et ménagères) et des effluents industriels. Un autre réseau assure l'évacuation des eaux pluviales directement rejeté dans le milieu récepteur. (SATIN, M et al, 1999).

6.2. Définition d'une station d'épuration :

La station d'épuration est un ouvrage hydraulique spécifique destiné à recevoir et traiter les eaux usées industrielles, domestiques et autres rejets polluants. Elle est conçue et matérialisée sur la base d'une étude technique permettant le traitement du nombre d'équivalent habitant selon les normes et les quantités d'eaux usées collectées journlièrement. (BOUDJEMA.S, 2008).



(ADEME, 2009).

Figure n°1 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées.

6.3. Procédés d'épuration des eaux usées :

6.3.1. Prétraitement :

Le prétraitement constitue une série d'opérations susceptibles d'alléger les eaux brutes des matières les plus grossières d'une part, ou celles pouvant gêner le processus du traitement ultérieur (GAID.A, 1984). Les opérations de prétraitement sont :

6.3.1.1. Dégrillage :

Il s'agit de séparer des eaux brutes, les matières les plus volumineuses, en faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent. (GAID. A, 1984). On distingue :

- Un pré-dégrillage : espacement 30 à 100 mm
- Un dégrillage moyen : espacement 10 à 25 mm
- Un dégrillage fin : espacement 3 à 10 mm

6.3.1.2. Dessablage :

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes, les graviers, sable et particules minérales plus au moins fines, ainsi que les filasses de façon à éviter les dépôts dans les canaux et les conduites, à protéger les pompes et les autres appareils contre l'abrasion. (DEGREMONT, 2005).

6.3.1.3. Déshuilage-dégraissage :

Les opérations de déshuilage et dégraissage consistent à séparer des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation naturelle, ou assistée dans une enceinte liquide de volume suffisant. (DEGREMONT, 2005).

6.3.2. Traitement primaire :

Il s'agit d'une décantation qui permet d'éliminer les matières en suspension (MES). Ce traitement permet l'élimination de la pollution particulaire et une partie de la pollution organique. Ce traitement doit être complété par un traitement secondaire. (MABED.H et al, 2014).

6.3.3. Traitement secondaire :

La pollution organique qu'elle provienne des eaux usées domestiques ou des rejets industriels, comprend une fraction biodégradable et une fraction non biodégradable. Ces traitements sont basés sur la capacité des micro-organismes à oxyder la matière minérale et les matières consécutives de la DCO et de la DBO (aérobiose) et à réduire les molécules comportant de l'oxygène (anaérobiose). (GROSCLANDE, 1999).

6.3.4. Clarification :

Le clarificateur ou décanteur secondaire est situé en aval du traitement biologique. Cet ouvrage assure la séparation de l'eau épurée de la biomasse floculée et un premier apaisement des boues. Il reçoit une liqueur mixte d'une concentration en MES de l'ordre de 3 à 4 g. L⁻¹ et doit restituer une eau clarifiée à 30 mg. L⁻¹. (CARDOT.C, 1999).

6.3.5. Traitement tertiaire :

Les traitements tertiaires appelé aussi traitement complémentaire d'épuration des eaux usées pour adopter ces eaux à l'usage qu'on veut en faire et à la protection du milieu. Ces traitements visent à l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestiques, ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaires.

Pour cela le traitement s'impose et devient plus que nécessaire afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs. Le traitement tertiaire souvent considéré comme facultatif permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. (MABED.H et al, 2014).

6.3.6. Traitement des boues résiduelles :

Le traitement d'un mètre cube d'eaux usées produit 350 à 400 g de boues. Ces boues généralement très liquides, contiennent une forte proportion de matières organiques.

Elles sont donc très fermentescibles et susceptibles à causer des nuisances. (BOULAKDEM.G et al, 2016).

Partie II : Eau épurée et réutilisation.

I. Généralités sur les eaux épurées :

1. Définition de l'eau épurée :

Une eau épurée est une eau qui a subi une dépollution par différents traitements au niveau des stations d'épurations. Elle est séparée de sa masse organique et minérale. (HALLICHE. D, 2012).

2. Définition de la réutilisation des eaux épurées :

Selon VALIRON (1983), « la réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la déficits hydrique ».

3. Réutilisation des eaux épurées :

Les précipitations atmosphériques inégales (dans l'espace et dans le temps), dans la plus part des pays méditerranées, la croissance démographique, la contamination des ressources en eau, le développement rapide du secteur touristique, et les sécheresses périodiques ont contraint les divers services de l'eau à rechercher de nouvelles sources d'eau plus fiables. Le recours aux épurées pour diverses utilisations d'eau non potable s'est avérée être la plus fiable des ressources d'eau, et à été adoptée comme telle par la société méditerranéenne pour faire face à la pénurie en eau. (LOUMI. F et al, 2010).

3.1.Réutilisation des eaux épurées dans le monde :

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très ancienne. Au milieu du 19^{ème} siècle, de nombreuses villes d'Amérique du nord et d'Europe ont adopté l'irrigation des cultures comme moyen d'éliminer les eaux résiduaires. (YAKOUBI. K et al, 2016).

- Le plan hydrologique adopté par le gouvernement de l'**Espagne en 2000**, prévoit l'usage exclusif des eaux recyclées pour l'irrigation des parcours de golfs, en plus 408 millions de m³ par an d'eaux usées déjà réutilisées en Espagne en 2004. (LAZAROVA.V, 2007).
- **En Grèce**, la ville d'Athènes a développé en 1996 une stratégie de réutilisation des eaux usées traitées. La réutilisation est une solution particulièrement attractive vue les difficultés d'approvisionnement en eau rencontrées ces dernières années. Les bassins

Thriassio, Megarida et Salamis sont situés autour d'Athènes et font partie intégrante de l'étude de réutilisation. (KESSIRA.M, 2005).

- **En France**, la réutilisation des eaux usées épurées est peu développée, cela est essentiellement dû à l'abondance de ressources en eau. Malgré ça elle possède la deuxième plus grande STEP du monde (STEP Achères, Paris), dont la capacité est de 2 080 000 m³/j. (PUIL. C, 1998).
- **La Tunisie** est le premier pays de l'Ouest Méditerranéen à avoir adopté des réglementations en 1989 pour la réutilisation de l'eau. Des 6400 hectares répertoriés pour l'irrigation des eaux usées traitées en 1993, 68% sont situés autour de Tunisie. (KESSIRA.M, 2005).

3.2.Réutilisation des eaux épurées en Algérie :

Les capacités de réutilisation des eaux traitées dans l'irrigation agricole ont été portées de 45 millions m³ en 2012 à quelque 325 millions m³ en 2014 à l'échelle nationale selon l'Office National d'Assainissement (ONA).

Il est également attendu l'entrée prochaine de 25 stations d'épurations en phase de réutilisation des eaux usées traitées dans l'irrigation de 70.000 hectares de terres agricoles, notamment dans les régions de Béni-Senous, Baraki, Ben-Ziad, Tipaza, Ouargla, Tiaret et Chleff. (ONA, 2016).

Les quantités d'eaux traitées et réellement réutilisées dans l'irrigation agricole, ont atteint en 2013 un volume de 19 millions m³ pour l'irrigation de 12.000 hectares. D'autres utilisations existent pour les eaux usées traitées, telle que la lutte contre les incendies, le nettoyage des villes, la production d'engrais naturels, en plus de l'industrie. (BOULAKDAM. G et al, 2016).

4. Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux épurées :

Tableau n°2 : Bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées traitées.

Avantages et bénéfices	Défis et contraintes
Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d'approvisionnement tout en diminuant la demande globale	Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées
Economiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestique	Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme
Contrôler la surexploitation des ressources souterraines.	Acceptation publique de la réutilisation
Profiter des nutriments apportés par l'eau d'irrigation pour augmenter la productivité des cultures agricoles et la qualité des espaces verts	Responsabilité pour la perte potentielle du revenu de la vente d'eau potable
Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse	Importance du choix de la filière de traitement

(LAZAROVA, V et al, 2007)

5. Normes de la réutilisation des eaux usées traitées :

Les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sont destinées à une utilisation internationale et sont adaptées aux pays en voie de développement tel que l'Algérie, et représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée.

Les recommandations de l'OMS relative à la réutilisation des eaux usées en agriculture distinguent trois catégories d'eau : A, B, C, sur la base de critères microbiologiques.

Tableau n°3 : Extrait des normes internationales relatives à la réutilisation agricole d'effluents urbains.

Catégorie	A	B	C
Type de culture	Irrigation de légumes crues ou terrains de sport, golfs.	Irrigation céréales ou cultures industrielles.	Prairies, pâturées, arrosage parcs.
Normes de l'OMS	CF ≤ 1000 . (100ml ⁻¹) OH ≤ 1 .(L ⁻¹)	OH ≤ 1 .(L ⁻¹)	OH ≤ 1 .(L ⁻¹)

(DEGREMONT, 2005).

CF : Coliformes fécaux.

OH : Œufs d'helminthes.

6. Estimation des rejets des eaux résiduaires :

La pollution journalière produite par une personne utilisant 150 à 200 litres d'eau est évaluée à :

- 70 à 90g de matières en suspension (MES) ;
- 60 à 70g de matières organiques (MO) ;
- 15 à 17g de matières azotées (N) ;
- 4g de phosphore (P) ;
- Plusieurs milliards de germes pour 100ml.

Pour estimer une pollution en vue de dimensionner un système d'épuration, il faut disposer d'une unité. Dans la pratique on prend comme unité de pollution, l'équivalent habitant noté « eq/hab ». (HALICHE.D et al, 2012).

6.1.Définition d'équivalent habitant :

La directive européenne sur les eaux usées de 1991, définit l'équivalent-habitant habitant comme étant une expression d'une charge organique (DBO₅) égale à 60g O₂/j. (CAUCHI.A et al, 2011).

6.2.Normes de rejets appliquées en Algérie :

Ces normes de rejets sont représentées dans le **tableau n°4, Annexe n°1**.

IV. Législation des eaux :

Face au danger de pénurie d'eau, et dans le but du maintien de sa qualité et de sa conformité à la réglementation, les organisations internationales ont pris les devants et multiplient les conférences et les rencontres pour tenter de développer une politique commune à l'échelle mondiale afin d'obtenir de tous les pays des engagements politiques fermes afin de résoudre le problème à l'échelle planétaire. (Annexe n°2).

Conclusion :

L'homme a besoin d'eau et l'utilise pour ses nombreuses activités. Les usages d'eau sont multiples et leurs satisfactions déclenchent un déséquilibre économique et/ou écologique. Donc, la protection de l'eau contre les différents types de pollution est considérée, dans le monde, comme une partie intégrante du problème global de l'utilisation des ressources hydriques. Pour cela, la réutilisation des eaux usées a pour objectif principal, la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages, afin de combler les déficits hydriques, et de trouver des sources d'eau alternatives pour l'irrigation vu la rareté croissante de l'eau.

Introduction :

La Célosie plumeuse fait partie des plantes ornementales et porte des feuilles vertes. Elle est facile à planter. Elle pousse dans la plupart des climats et des sols, résiste à la sécheresse et à la chaleur. Elle produit de larges quantités de graines. (LARRY. H, 2006).

Le sol est le support des plantes cultivées, c'est la zone exploitée par les racines. Il englobe le domaine de la rhizosphère. (DACHAUFOR. Ph, 1998). La caractérisation des sols et la compréhension de leur dynamique actuelle nécessite des observations et des mesures de terrain, ainsi que des analyses au laboratoire. Ces analyses jouent un rôle important en production végétale.

I. Partie végétal :**1. Culture de la plante :****1.1. Historique et généralités de la célosie :**

Le mot célosia dérive du grec Keleos qui signifie « brûlant » est en référence à la floraison en forme de flamme.

Les célosies sont des plantes annuelles appartenant au genre célosia de la famille des Amaranthacées, dont certaines espèces sont cultivées comme plantes ornementales pour leurs floraisons en épis spectaculaire et parfois comme plantes potagères pour leurs feuilles comestibles à la manière des épinards ou pour leurs graines.

Les semis de la célosie plumeuse se font au cours de mois de Mars à Mai sous abri ou à l'intérieur, semé clair en terrine, garder le terreau légèrement humide. Au stade 3 à 4 feuilles, plantez-les en pots placés sous un abri au chaud.

La célosie est une plante qui apprécie les arrosages fréquents, notamment de Juillet à Septembre. Durant cette même période, apportez aux cultures en pots de l'engrais pour plantes à fleurs tous les 15 jours. Au fur et à mesure que les fleurs fanent, supprimez-les afin de l'Automne. Nous avons deux solutions, soit on arrache tout simplement les pieds de célosies soit on les installe dans un abri hors gel pour passer l'hiver. La célosie se prête à la confection de bouquets secs. (www.wikipédia).

1.2. Classification systématique :

- Nom latin : *Celosia argentea* var. *plumosa*
- Nom commun féminin : Célosie à Panache
- Famille : Amaranthacées
- Genre : Celosia

- Ordre : Caryophyllales
- Classe : Magroliopsida-Dicotylédones
- Sous-classe : Caryophyllidae
- Super-division : Spermatophyta-Semences.

(http://users/user/Desktop/celosia_argentea-wikipedia.htm).

1.3. Classification variétale :

Le genre *Celosia* comprend une cinquantaines d'espèces, originaires principalement des régions tropicales et tempérées d'Amérique centrale, d'Asie et d'Afrique.

On trouve dans le commerce de nombreuses variétés de graines de trois espèces ou sous-espèces principales : (www.wikipedia)

- ❖ *Celosia argentea* var. *plumosa* : aux inflorescences en forme de plumets, surtout cultivées comme des annuelles.



Figure n°2 : *Celosia argentea* var. *plumosa* (Google, 2017)

- ❖ *Celosia argentea* var. *spicata* : à inflorescences plus compactes en forme de lances.



Figure n°3 : *Celosia argentea* var. *spicata* (Google, 2017)

- ❖ *Celosia argentea* var. *cristata* : à inflorescences rappelant une crête de coq, cultivée aussi bien comme une annuelle, qu'en pot comme vivace.



Figure n°4 : *Celosia argentea* var. *cristata* (Google, 2017)

2. Principaux caractères morphologiques de la célosie :

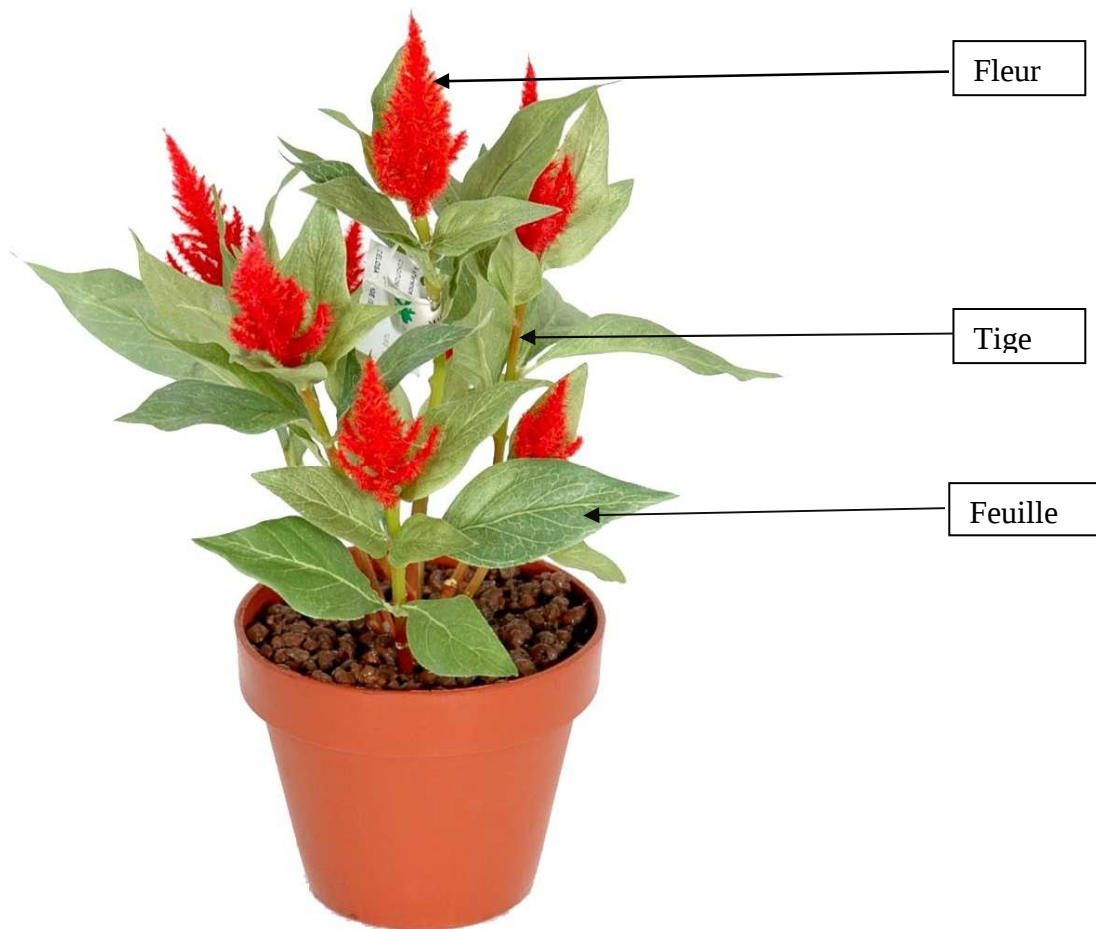


Figure n°5 : Principales caractéristiques morphologiques de la Célosie plumeuse (Google, 2017)

2.1.Tige :

La tige de la célosie varie d'une espèce à un autre. La hauteur d'une tige au stade de maturité peut atteindre 0.15 à 1m et 0.10 à 0.50m de largeur.

Certaines variétés ont un port buissonnant et peuvent atteindre jusqu'à 1.20m, tandis que les variétés naines ne dépassent pas 0.20m. D'autres encore à une seule tige dressée, atteignent 0.60m maximum.

2.2.Feuille :

Les Célosies plumeuses portent de feuilles vertes assez sombre, simple et lancéolées. Le type de feuillages est caduc, les feuilles sont opposées et ont des formes variées selon la variété.

2.3.Fleurs :

La célosie est une plante compacte dont les fleurs sont très originales par leurs formes et leurs couleurs vives, brillantes allant du jaune d'or au pourpre. Ces fleurs sont très belles comme fleurs séchées car leurs couleurs restent vives longtemps.

2.4.Graine :

Les graines sont noires, petites comme des têtes d'épingle et luisantes, se récoltent dès qu'une inflorescence a fané, il suffit de secouer la fleur séchée pour récolter les graines.

Les graines recueillies se conservent à l'abri de l'humidité dans un sachet ou un récipient bien fermé. Ces graines conservent leurs facultés germinatives pendant 5ans.



Figure n°6 : Marque des graines de la plante

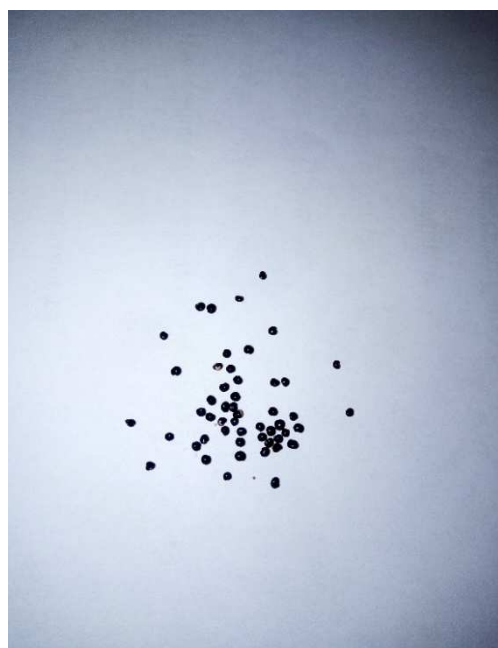


Figure n°7 : Graines de la Célosie.

3. Stade de développement de la célosie.

3.1.Phase de germination :

Cette plante aime une terre humifère, drainante et humide. Les célosies aiment le soleil et tolèrent la mi-ombre. Sa multiplication s'effectue par semis à partir d'Avril avec une température de germination entre 20 et 25°C. La terre devrait être humide. Les graines germeront 10 à 15 jours plus tard.

3.2.Phase de croissance :

La plantule lève 5–7 jours après le semis. La croissance végétative commence lentement mais la floraison peut survenir déjà 6–7 semaines après le semis. Des cultivars améliorés ont une croissance végétative plus précoce mais fleurissent plus tardivement, 12–14 semaines après le semis. La floraison précoce des cultivars locaux et des types sauvages les rend

moins attractifs pour les consommateurs et plus appropriés à une seule récolte par arrachage, tandis que les cultivars améliorés peuvent être aussi bien récoltés par arrachage que par cueillettes échelonnées. La floraison est retardée par la coupe des parties végétatives tendres. La pollinisation s'effectue par le vent et les insectes, en particulier les abeilles et les mouches, qui visitent les fleurs régulièrement. La maturation des graines commence à la partie basale de l'inflorescence et progresse graduellement vers le sommet. En conséquence, les graines des parties basales de l'inflorescence sont plus vigoureuses que celles des parties centrales et apicales. Les graines sont mûres 10–20 semaines après le semis et tombent lorsque l'inflorescence est sèche. Elles restent dormantes à la surface du sol jusqu'au début de la saison des pluies suivante.

3.3. Phase de floraison ;

Regroupées en épis (plumets) coniques érigés au dessus du feuillage, les petites fleurs et, surtout, les bractées plumeuses aux couleurs vives et lumineuses, font sensation du mois de juillet jusqu'aux premières gelées. Il existe des variétés aux plumets jaunes, orange, rouges ou mauves.

3.4.Phase de maturation :

La célosie apprécie la chaleur et ne germe pas bien à la fraîcheur. Ainsi, ce n'est pas un bon sujet pour les semis en pleine terre. On la sème plutôt à l'intérieur, quatre à six semaines avant le dernier gel. Comme les racines sont fragiles, mieux vaut la semer en godet de tourbe, ce qui permettra une transplantation sans stress.

Semez trois ou quatre graines par godet, les recouvrant d'une mince couche de terreau (pas plus de 6 mm), puis placez vos contenants sous un dôme ou un couvercle de plastique transparent, à une température de 21 à 27 °C. Aucune lumière n'est nécessaire au départ, mais quand les graines germent, soit dans les 10 à 15 jours, enlevez le couvercle et placez les semis dans un emplacement à une température d'intérieur normale (jamais moins de 15° C) et sous un bon éclairage

4. Exigences écologiques de la Célosie :

4.1.Température :

Les températures inférieures à 20°C réduisent considérablement sa croissance, alors qu'elles résistent bien aux températures élevées. La température diurne idéale pour cette plante est de 30 à 35°C et sa température nocturne optimale est de 23 à 28°C. ([www.bellseed.com.pdf/Célosie Sunday](http://www.bellseed.com.pdf/Célosie%20Sunday)).

4.2.Lumière :

Maintenir les niveaux de luminosité aussi élevés que possible, l'ombrage devient nécessaire seulement si le niveau de luminosité est très élevé. Une faible intensité lumineuse, des jours courts et de températures basses peuvent troubler le développement de la plante (tige plate, fleur déformée). C'est pourquoi il est recommandé de ne pas semer après fin juin.

4.3.Régime hydrique :

L'irrigation est optionnelle durant la saison des pluies. Durant la saison sèche, selon l'importance de la chaleur et l'évapotranspiration, il est recommandé d'irriguer deux fois par semaine. (www.gerbeaud.com/jardin/fiches/Célosie, 1649.Html).

Tableau n°5 : Maladies, nuisibles et parasites des célosies :

Les maladies	Symptômes	Traitements
La rouille blanche (Albugo blitii)	-Endommagement des feuilles -Produit des pustules blanches sur les revers des feuilles, et des lésions chlorotiques sur le dessus.	Semer les plantes à une distance appropriée ; et maintenir le champ propre.
La pourriture de la couronne	-Endommagement des feuilles -Avoir un problème dans les lopins denses avant une aération déficiente.	Détruire les plantes infectées pour réduire l'incidence de l'infection.
Rhizoctoniasolani	-Fente de semis	
Pithiumaphanidermathum		
Thatatephoruscumeris		
Cercosporiose (Cercosporacelisiae)	-Deux taches grises bordées de rouge sur les feuilles	
La pourriture noire (Macrophominephaseolina et Currulariaspp)	-Produisent des taches sombres sur les feuilles	

(www.jardinage.ooreka.fr,2017)

II. Partie sol :

1. Définition du sol :

Couche superficielle, meuble, de la croûte terrestre d'épaisseur variable, qui résulte de l'altération des roches sous-jacentes (roche-mère) et de la dégradation des matières organiques, sous l'influence d'agents biologiques (végétation, faune du sol, etc.), chimiques et physiques (précipitations, variations de température, etc.).

C'est un milieu poreux complexe constitué de trois phases :

- ✓ Phase solide : éléments minéraux et organiques.
- ✓ Phase liquide : eau du sol.
- ✓ Phase gazeux : air du sol.

Le sol est un milieu vivant qui abrite une multitude d'organismes, qui jouent un rôle très important pour l'environnement. (MERMOUD. A, 2006).

2. Caractérisation des sols de la wilaya de Tizi-Ouzou :

Selon (BOUDIAF. K et MERBAH. L, 1998). Au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou, on trouve cinq types du sol, et parmi lesquels nous avons :

2.1.Sols peu évolués : ce sont des sols les plus répandus de la plaine du Sébaou. Ils sont jeunes et sont formés sur des alluvions récentes. Ils se distinguent par le caractère qui est l'absence de signe de développement, et l'hydromorphie, vertisolisation, noircissement.

2.2.Sols brunifiés : ce sont des sols avec un ou plusieurs horizons diagnostiques qui peuvent se former assez rapidement et qui ne présentent pas d'illuviations et d'éluviation significatives.

2.3.Sols calcimagnésiques : ces sols sont surtout formés sur grès calcaire et sur marnes. Leur couleur est dans la gamme de 7.5 YR qui est due à la présence de calcaire pulvérulent.

2.4.Sols à sesquioxydes de fer rouges fersiallitiques : ces sols sont localisés dans les poches de dissolution Karstiques plus au moins anastomosées de roches calcaires dures. Ils couvrent la majeure partie du massif de Larbaâ Nath Irathen et la partie amont de Freha où ces roches sont exploitées comme matériaux de construction.

2.5.Vertisols : sont largement répandus dans la plaine de Sébaou. Selon les régions du monde, les vertisols reçu plusieurs noms ; en Afrique du nord, on les appelle les Tirs. Les roches mères sont surtout des marnes et des alluvions de texture et la topographie est plate avec une faible pente.

3. Région de Boukhalfa :

La caractérisation pédologique des sols de Boukhalfa, a été réalisée par **S. MOUAS BOURBIA, (2014)**.

D'une tendance générale, les sols de la région de Boukhalfa à une texture argilo-limoneuse, les caractéristiques de se sol est représenter dans le tableau suivant :

Tableau n°6 : Caractéristiques du sol de l'ITMAS de Boukhalfa.

Site	Coordonnées	Matériel parental	Pente (%)	Type de sol	Texture	pH	Calcaire total %	A%	CEC cmole.kg	Altitude (m)
ITMAS Boukhalfa	36°44'48.3''N 4°01'09.11''E	Maïme	5%	Vertisols	Argilo-limoneuse	7.89	5%	42.9	20.3	81

(MOUAS BOURBIA. S, 2014).

Conclusion :

Il existe des plantes nécessitant peu d'attention qui poussent avec peu d'efforts et de ressources. La Célosie plumeuse, est une plante qui demande beaucoup d'attention par l'élimination de mauvaises herbes et de traitement contre des maladies et certains ravageurs. La célosie plumeuse apprécie les sols sains, riche en humus, léger et bien drainé. Elle redoute les sols riches calcaires.

Introduction :

Dans ce chapitre, nous avons deux parties, une partie réalisée sous serre à la pépinière de Tademaït où nous avons obtenu les semis de la Célosie. La deuxième partie a été faite au laboratoire de pédologie de la faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques. En suite nous avons entamés les analyses du sol.

I. Présentation du site expérimental :

L'Entreprise Régionale du Génie Rural Djurdjura de Tizi-Ouzou (ERGR), installée à Tademaït depuis quelques années, développe ses activités en occupant un grand espace au bord de la RN 12 juste à l'entrée de Tademaït. Cette entreprise est spécialisée dans l'implantation de différentes qualités d'arbres et de plantes (fruitières et ornementales).

1. Situation géographique de la pépinière de Tademaït (ERGR) :

La pépinière de Tademaït est située à 18km à l'Ouest de la wilaya de Tizi-Ouzou et 85km à l'Est d'Alger. Elle est délimitée par la wilaya de Boumerdes au Nord et l'Ouest, par la commune de Sidi Namane au Nord-Est, la commune de Draa Ben Khedda à l'Est, celle de Tirmitine au Sud-Est et par Ait Yahia Moussa au Sud.

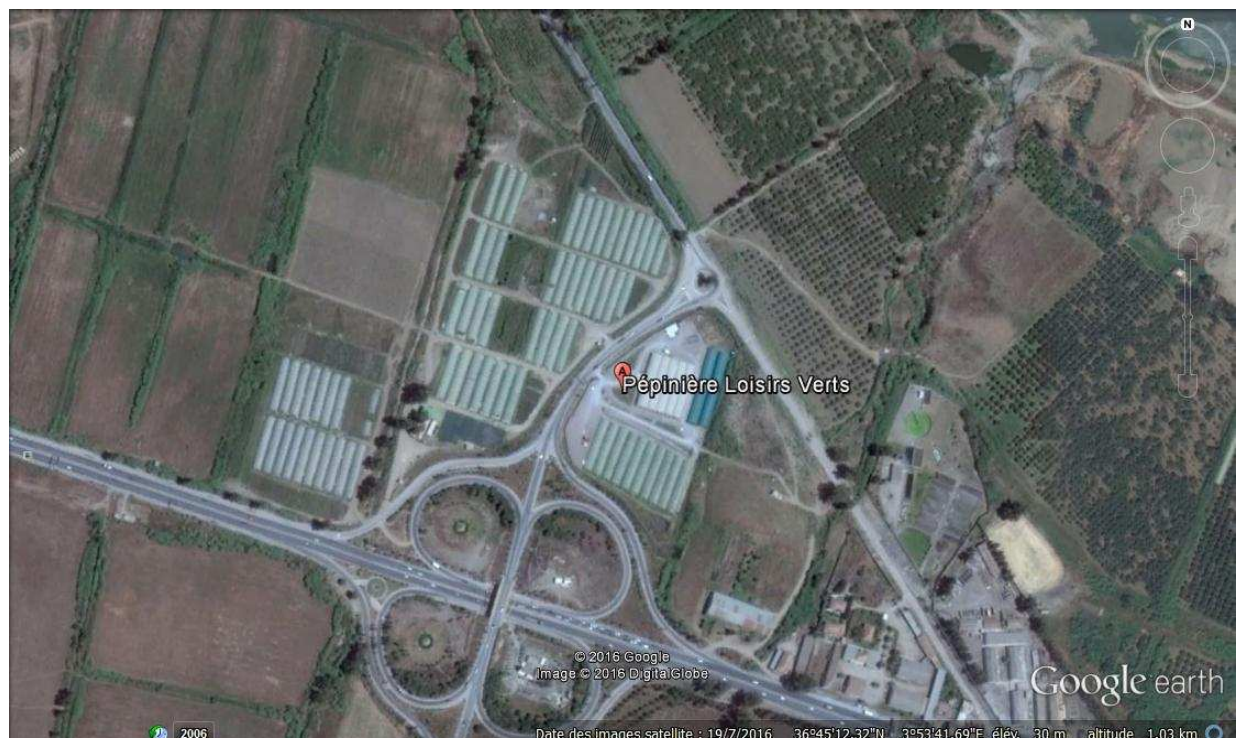


Figure n°8 : Image satellitaire de localisation de la pépinière de Tademaït (ERGR).

(Google earth, 2016).

2. Situation géographique de la STEP de Tademaït :

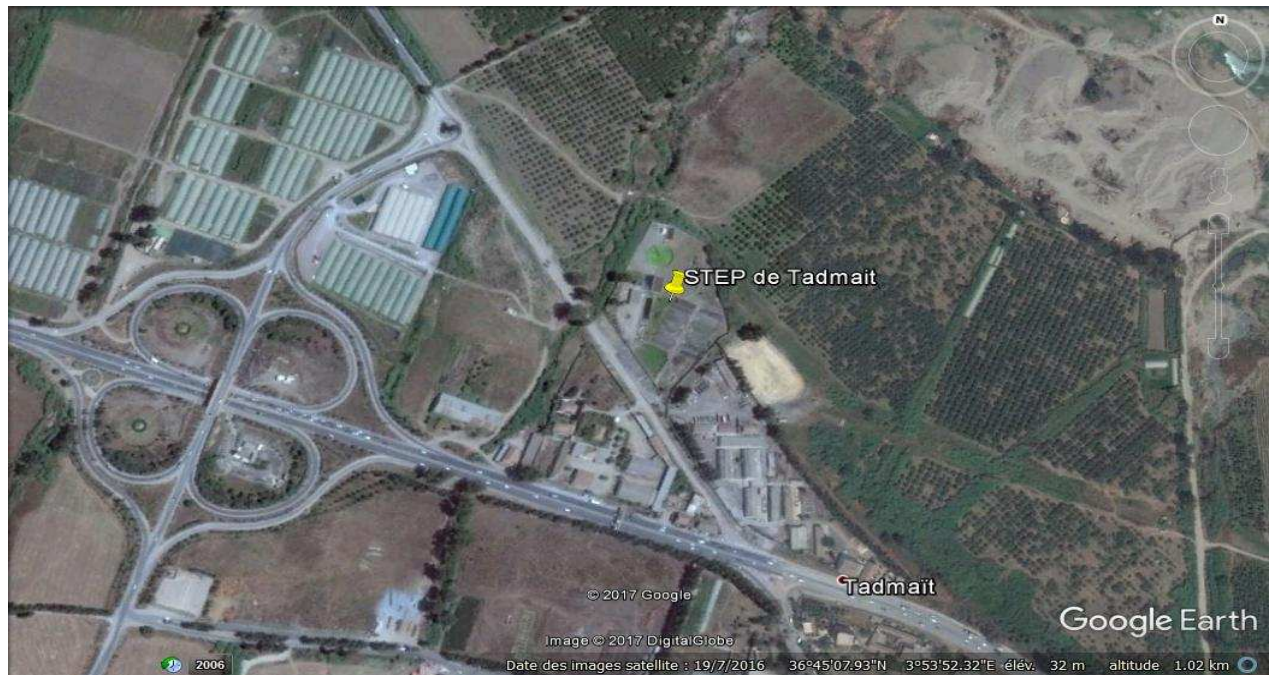


Figure n°9 : Image satellitaire de la localisation de la STEP de Tademaït.
(Google Earth, 2017).

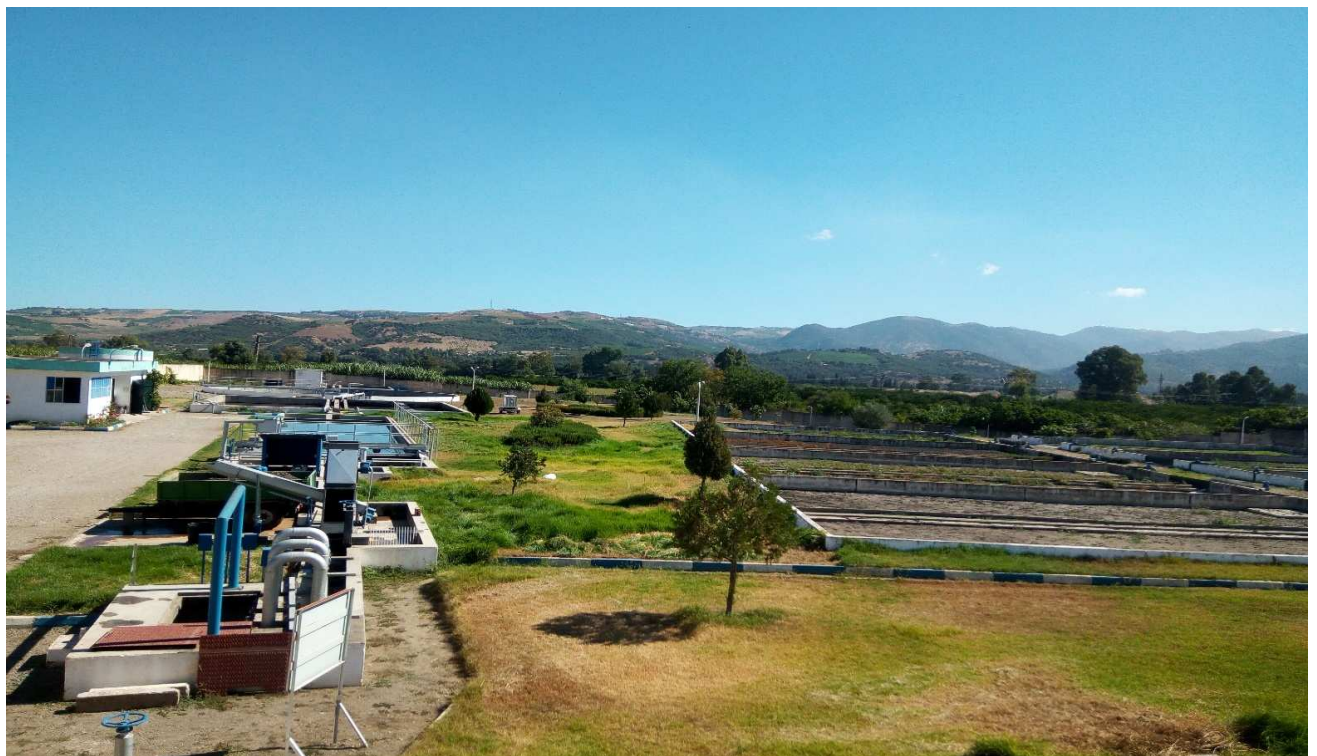


Figure n°10 : Image de la STEP de Tademaït (Originale, 2017).

3. Caractéristiques de la STEP de Tademaït :

Les caractéristiques de la STEP de Tademaït sont représentées dans le **tableau n°7, annexe 3.**

II. But de l'expérimentation :

L'objectif de notre expérimentation consiste à suivre et évaluer le cycle végétatif d'une plante ornementale « Célosie plumeuse ».

Nous avons procédé à un plan d'irrigation basé sur deux types d'eaux à savoir, une eau potable et une eau usée épurée.

Nous avons utilisé un type de sol appartenant à l'ITMAS de Boukhalfa.

III. Matériels et Méthodes :

Pour mener à bien notre expérimentation nous avons réalisé deux expériences.

- ✓ Une expérience sous serre à la pépinière de Tademaït.
- ✓ Une expérience au laboratoire de Pédologie de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'UMMTO.

1. Expérimentation sous serre :

1.1. Matériels utilisés :

L'expérience réalisée a nécessité un ensemble de matériels pouvant résoudre et accomplir la réussite du plan d'irrigation proposé et approprié à cette culture.

Le matériel utilisé est indiqué dans les figures n°13-22.

Une serre.

1 Pelle

1 Râteau

1 Faucille

1 Fourche

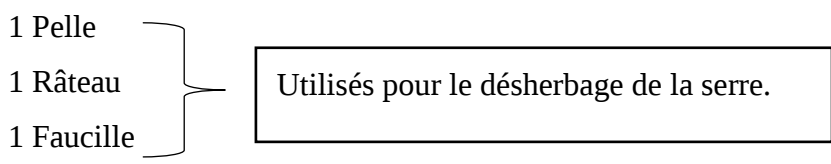
1 Brouette : utilisé pour la préparation de la terre mise dans les pots.

2 Supports d'Alvéoles : utilisé pour le semis des graines de la Célosie.

20 Pots.

1 Arrosoir : utilisé pour l'arrosage des alvéoles à partir de semis jusqu'à la germination.

1 Sachet de terreau : utilisé pour le semis de la Célosie.



Utilisés pour le désherbage de la serre.

1 Film plastique noir : déposé sur terre pour empêcher la prolifération de mauvaises herbes.

Gants pour la protection des mains.

2 Jerricans de 20L.

2 bouteilles de 1L : utilisé pour l'irrigation des pots.

Thermomètre.

1.1.1. Serre :

La serre est constituée de film plastique de forme hémicyclique, de type polyéthylène dont les dimensions sont :

- Longueur : 50m
- Largeur : 8m
- Hauteur : 3m
- Surface totale : 400m²

1.1.2. Eaux d'irrigation :

Dans notre expérimentation nous avons utilisé deux types d'eau :

- Eau potable : C'est une eau destinée à la consommation humaine. Elle est produite et gérée par l'ADE (zone de Tademaït). La fiche technique de cette eau est représentée dans le **tableau n°8, annexe n°4**.
- Eau épurée : cette eau est transportée de la station d'épuration de Tademaït (ONA).

1.1.3. Matériel végétal :

Nous avons utilisé dans notre expérimentation une plante ornementale appelée **Célosia argentea var. plumosa**.

Pour le semis des graines de cette plante, nous avons utilisé un terreau commercialisé par la marque VILMORIN, fabriqué en France qui est caractérisé par les références suivantes:

- Support de culture NF U 44-551.
- Terreau avec engrais minéral.
- Composition : tourbe blonde et brune, engrais.
- Dosage : 0.5 kg/m³ d'engrais NPK 14-14-14.
- Matière sèche / produit brut 30%.
- Matière organique / matière sèche 85%.

- Conductivité (1/5) : 20 Ms/m.
- Capacité de rétention en eau sur brut : 720ml/L de terreau
- pH (H₂O) : 6.3

1.1.4. Sol :

Le sol que nous avons utilisé dans notre expérimentation, a été échantillonné à partir d'une terre agricole située au niveau de l'ITMAS de Boukhalfa. Ce sol est un vertisols caractérisé par une texture argilo-limoneuse avec un pH alcalin. (MOUAS BOURBIA. S, 2014).

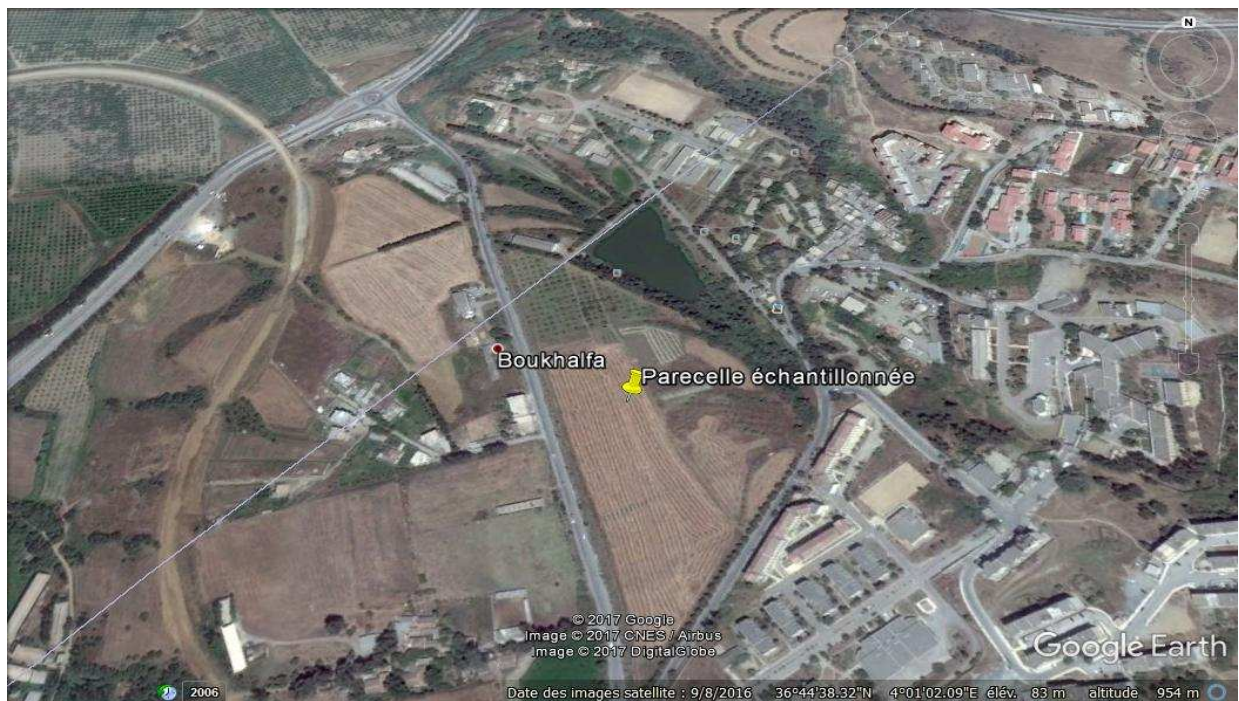


Figure n°11 : Image satellitaire de localisation de la parcelle d'expérimentation (Google earth, 2017).

1.1.4.1.Echantillonnage du sol :

L'échantillonnage du sol a été effectué le 12/03/2017 dans une parcelle située dans la localité l'ITMAS de Boukhalfa commune et willaya de Tizi-Ouzou, nous avons observé le terrain avec la collaboration des encadreurs de l'ITMAS, nous avons délimité donc les champs de la zone de prélèvement. (Voir figure n°11).

1.1.4.2.Méthode d'échantillonnage du sol :

La répartition d'échantillonnages dans notre zone de prélèvement a été faite en diagonale de façon à respecter l'homogénéité, la couleur et la profondeur prospectée est de 0 à 20 cm (voir figure n°12).

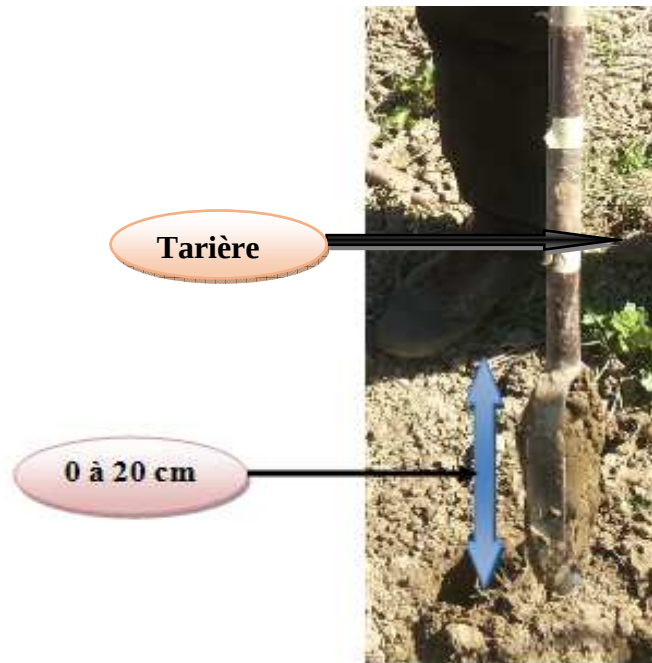


Figure n°12: Méthode d'échantillonnage d'un sol par une tarière.

1.2. Méthodes suivie sous serre :

1.2.1. Préparation de la serre :

La préparation sous serre consiste à réunir les meilleures conditions possibles permettant une bonne pratique culturale. Les opérations effectuées sont le désherbage et le nettoyage qui consistent à éliminer toutes les mauvaises herbes qui se trouvent à l'intérieur de la serre à l'aide d'une pelle, râteau, faucille, et une fourche.

L'étalement d'une bâche noire troué sur une distance de 6m.

Utilisation d'un thermomètre à l'intérieur de la serre, pour la mesure de la température. Cette mesure faite tout long de notre expérimentation, à raison de trois relevés par jour (Matin, Midi, Soir).

1.2.2. Préparation des eaux d'irrigation :

Notre expérimentation s'est basée sur deux types d'eaux d'irrigation à savoir :

- Eau de robinet de la pépinière de Tademaït (ERGR).
- Eau usée épurée pris à l'STEP de Tademaït.

Les quantités d'eau utilisée pour l'irrigation sont transportées régulièrement selon les besoins de l'irrigation à chaque période d'irrigation au niveau de la STEP et de la pépinière vers le lieu d'expérimentation.

1.2.3. Préparation de semis :

Le semis des graines de la Célosie a été réalisé le 19/03/2017. Pour notre culture nous avons utilisé 2 support de 72 alvéoles chacun, avec 4 graines par alvéole pour un totale de 576 graines, sur une profondeur de 2cm. Nous notons que le substrat utilisé pour la germination des graines est constitué exclusivement de terreau.

1.2.4. Repiquage des plants :

Cette opération consiste à replanter les plantules après 40 jours de germination. Cette étape a été effectuée le 27/04/2017. Nous avons repiqué 2 plants dans chaque pot avec un total de 20 plants pour le lot C1 ainsi pour le lot C2 en choisissant les meilleurs plants afin de donner les meilleures conditions physiologiques de croissance à ces plants.

Les pots utilisés ont une quantité de 3L, dans lesquels nous avons déposé une couche de gravier de 3 à 4cm afin d'assurer le drainage, puis remplis de sol avec une quantité de 4.7kg.

1.2.5. Soins culturaux :

❖ L'irrigation :

Les fréquences d'arrosage sont de l'ordre 5 fois par semaine pour toute la période de germination de la Célosie. Après le repiquage des plantes, nous avons optée pour 3 arrosages par semaine. Quand les plantes atteignent le stade de maturation et que les températures sont augmentées, les fréquences d'arrosage sont faites 5 fois par semaine. Le moment ou la période d'irrigation est la matinée de 08 :30 à 10h.

❖ Désherbage :

Les mauvaises herbes peuvent influencer négativement sur la croissance et le développement des plantules. Elles peuvent aussi favoriser l'installation des maladies. Durant toute l'expérience réalisée, plusieurs désherbages manuels ont été soigneusement menés.



Figure n°13 : la serre vue d'extérieur



Figure n°14 : la serre vue d'intérieur



Figure n°15 : Support d'alvéole



Figure n°16 : Arrosoir



Figure n°17 : Fourche et Faucille



Figure n°18 : les pots



F
(

Figure n°19 : Brouette, Râteau, Fourche



Figure n°20 : Les jerricans



Figure n°21 : Bouteilles d'irrigation



Figure n°22 : terreau de semis

❖ Traitement de la culture :

Au cours de notre expérimentation, nous avons eu recours à des méthodes et des traitements biologiques.

Au début de semis y'a une attaque des pucerons blancs, et pour lutter contre ces ravageurs, nous avons fait une soupenne suspendue grâce à un fil métallique où nous avons déposé les supports d'alvéoles. La méthode est représentée dans la figure n°23.

En plus nous avons aussi une attaque des araignées rouges au niveau des feuilles, et pour cela nous avons opté pour un traitement bio avec de l'eau non calcaire vaporisée directement sur les feuilles avec un vaporisateur. Figure n° :24.



Figure n°23 : La soupenette.

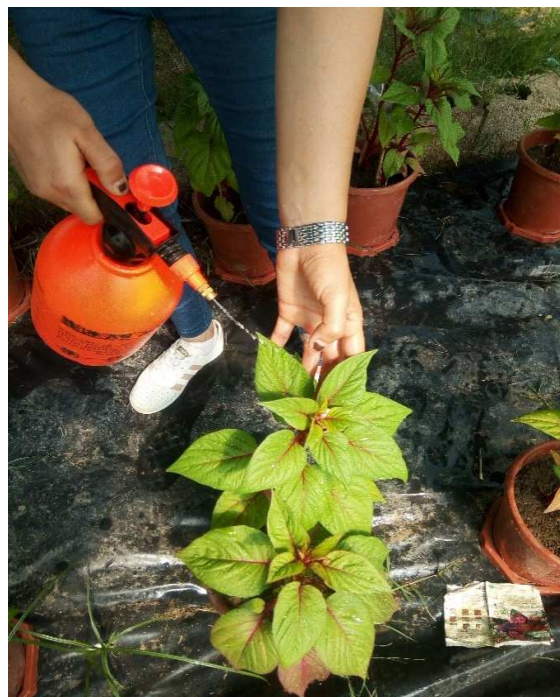


Figure n°24 : Traitement de la plante

1.3. Paramètres étudiés :

Le plan d'irrigation de notre expérimentation nous a permis d'étudier des paramètres liés au développement de la plante. Ces paramètres choisis nous semblent importants, il s'agit de la hauteur de tiges, nombre de feuilles et le nombre de fleurs.

1.3.1. Hauteur de tiges :

Les mesures journalières de la hauteur des tiges ont été faites à partir du 40^{ème} jour de semis, correspondant au 29/04/2017 jusqu'à la floraison (09/07/2017) à raison d'une fois par semaine.

1.3.2. Nombre de feuilles :

Le nombre de feuilles est un indice déterminant d'une bonne alimentation en eau et en sels minéraux. Ceci influe directement la production en biomasse de la plante. Le comptage des feuilles de notre plante s'est fait une fois par semaine.

1.3.3. Nombre de fleurs :

Le nombre de fleurs est un indice que la plante a atteint le stade de maturation. Ces fleurs nous informent sur les capacités de la plante à produire les graines des futures plantes. Le comptage s'est fait une fois par semaine. Le début de comptage a été faite le 04/06/2017 jusqu'à le 09/07/2017.

2. Expérimentation au laboratoire :

2.1. Echantillonnage :

Nous avons effectué un prélèvement dans des pots le 14/Mai/2017. Le mode de prélèvement utilisé est celui adapté aux analyses et aux objectifs recherchés. Figure n°25.



Figure n°25 : Méthode d'échantillonnage.

2.2. Analyses physico-chimiques du sol :

Ces analyses ont été réalisées sur des échantillons de sol séché et tamisé à l'aide d'un tamis de 2mm de diamètre, aux niveaux du laboratoire de pédologie et le labo commun de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'UMMTO. Figures n°26, 27.



Figure n°26 : séchage du sol.



Figure n°27 : tamisage du sol.

2.2.1. Détermination du PH du sol :

Le mode opératoire consiste à suivre les étapes suivantes :

- On pèse 10g de sol tamisée à 2mm et les introduire dans le flacon d'agitation.
- On ajoute 50ml d'eau distillée.
- Agiter pendant 30mn.
- Abandonner durant 2 heures le contenu des flacons.
- En la passe au pH mètre après calibrage.
- La lecture de la valeur se fait après stabilisation. Figure n°28.



Figure n°28 : pH mètre.

2.2.2. Mesure de la conductivité électrique d'un sol :

Mode opératoire :

Peser 20g de sol tamisée à 2mm de diamètre et les introduire dans un flacon d'agitation, y ajouter 100ml d'eau distillée. Puis agiter pendant 10mn et laisser reposer pendant 30mn.

Introduire l'électrode du conductimètre au centre du flacon contenant l'extrait de sol, puis lire la conductivité après stabilisation de l'aiguille. Figures n° : 29, 30.



Figure n°29 : Agitateur.



Figure n°30 : Conductimètre.

2.2.3. Dosage de la matière organique du sol :

Mode opératoire (méthode d'ANNE) :

- Peser 1g de terre fine.
- Dans un erlenmeyer de 250ml ajouter 10ml de bichromate de potassium 8%.
- Ajouter 15ml d'acide sulfurique concentré.
- Couvrir la fiole d'un verre de montre.
- Porter à ébullition, le temps d'ébullition est de 5mn après la formation de la première goutte de condensation.
- Laisser refroidir, ajouter 100ml d'eau distillée et homogénéiser.
- Prélever 20ml de cette solution et la mettre dans une fiole de 200ml, ajouter encore 150ml d'eau distillée.
- Verser 3 à 4 gouttes de diphénylamine.

- Ajouter 5ml de la solution NAF.
- Titré à sel de Mohr.
- Faire passer la couleur de la solution de brun violé au bleu vert.

Le carbone organique sera calculé par la formule suivante :

$$C\% = (V_{\text{témoin}} - V_{\text{échantillon}}) * 0.615 * 2$$

$$MO\% = C\% * 1.72$$

2.2.4. Dosage de calcaire total :

Le taux de carbonates de calcium a été déterminé par la méthode volumétrique consistant à attaquer le sol avec l'acide chlorhydrique. Puis le titrage par la soude en présence de phénophtaléine a ensuite été fait.

$$CaCO_3 (\%) = (V_t - V_e) * 12.5$$

V_t : Volume témoin.

V_e : Volume d'échantillon.

2.2.5. Granulométrie :

Elle a été réalisée selon la méthode internationale de la pipette de Robinson. Après la destruction de la matière organique par l'eau oxygénée (à 10 volumes), les particules minérales sont dispersées à l'aide de l'hexamétaphosphate de sodium 40%.

Le prélèvement des argiles et limons est effectué à l'aide de la pipette de Robinson et les sables ont été récupérés par tamisage après siphonage. Figure n° : 31.



Figure n°31 : Méthode de la granulométrie.

2.2.6. Humidité au champ :

Cette analyse doit être réalisée aussi vite que possible en arrivant au laboratoire ou après la décongélation des sols, pour éviter les risques des pertes par évaporation et par microorganismes. Peser 10g de sol frais mis dans du papier aluminium dont le poids est préalablement connu, qui sont ensuite placés dans une étuve à 105°C pendant 48 heures, peser le sol sec et remettre le sol dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Figure n° 32.

L'humidité au champ est calculée comme suit :

$$H\% = 100 * (\text{le poids humide (10)} - \text{le poids sec (x)}) / \text{le poids sec (x)}$$



Figure n°32 : l'étuve.

3. Analyses statistiques :

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à un facteur au seuil $p=5\%$ en utilisant le logiciel, STAT BOX, version 6.0.

Si la probabilité (p) est :

$P > 0.05$: Les variables ne montrent aucune différence significative.

$P \leq 0.05$: Les variables montrent une différence significative.

$P \leq 0.01$: Les variables montrent une différence hautement significative.

$P \leq 0.001$: Les variables montrent une différence très hautement significative.

Dans le cas où les différences significatives, nous faisons appel au test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% afin de déterminer les groupes homogènes.

L'objectif recherché dans notre travail est basé sur le plan d'irrigation cultural déjà expliqué dans la problématique.

Nous avons identifié, analysé et interprété les paramètres physico-chimiques du sol utilisé, à savoir :

- ❖ Granulométrie.
- ❖ pH.
- ❖ Calcaire total.
- ❖ Matière organique.
- ❖ Conductivité électrique.
- ❖ Humidité.

Nous avons aussi étudié quelques paramètres que nous avons jugés importants. Il s'agit :

- ❖ Estimation des hauteurs moyennes des tiges.
- ❖ Calcul du nombre moyen de feuilles.
- ❖ Calcul du nombre moyen des fleurs.

Enfin nous avons analysé par les résultats, l'impact de différentes natures d'eaux utilisées (eau potable, eau épurée) sur le développement végétatif de la plante ornementale « la Célosie plumeuse ».

I. Résultats et discussions :

I.1. Le sol :

I.1.1. Granulométrie :

L'analyse granulométrique permettant de déterminer le taux (%) de différentes fractions minérales constituant le sol, a été réalisé en utilisant la méthode internationale à la pipette de Robinson.

Selon la figure 41 (annexe8), nous pouvons confirmer que la texture du sol de l'ITMAS de Boukhalfa, wilaya de Tizi-Ouzou est dominée par la texture argilo-limoneuse. Ceci confirme les résultats obtenus par les travaux de (MOUAS BOURBIA. S, 2014).

I.1.2. pH :

Le tableau n°9 nous montre que l'analyse de la variance dénote une différence hautement significative ($p=0.00441$) pour le facteur eau.

Tableau n° 9: Analyse de la variance au seuil de 5% de pH pour le facteur eau.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,226	14	0,016				
VAR.FACTEUR 1	0,135	2	0,067	8,872	0,00441		
VAR.RESIDUELLE 1	0,091	12	0,008			0,087	1,12%

Tableau n°10 : Résultats du Test de NEWMAN et KEULS

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	T	7,93	A	
2.0	EE	7,734		B
1.0	EP	7,724		B

Le test de NEWMAN et KEULS fait ressortir deux groupes homogènes A et B. Le sol témoin appartient au groupe A avec une moyenne la plus élevée de 7.93. Les sols irrigués à l'aide des eaux épurées et eaux potables appartiennent au groupe B avec une moyenne la plus basse équivalente à 7.72.

Les résultats obtenus lors des analyses du pH du sol de Boukhalifa, sont indiqué dans le tableau n°.

Tableau n°11 : Résultats du pH du sol Boukhalifa.

	pH					
	Ech témoin	Ech01	Ech02	Ech03	Ech04	Ech05
L'eau potable	7,93	7,71	7,66	7,72	7,71	7,82
L'eau épurée		7,56	7,82	7,64	7,91	7,74

Les résultats enregistrés et illustrés dans la figure 34, montrent que la moyenne du pH des sols étudié varie de 7.72 à 7.93 respectivement pour les sols irriguée avec les eaux usées épurées, les eaux potables et le témoin.

Selon les travaux scientifiques sur le pH obtenu par **DUCLOS, (1979)**, Nous pouvons confirmer que notre sol est considéré comme alcalin (Tableau n°12, Annexe7).

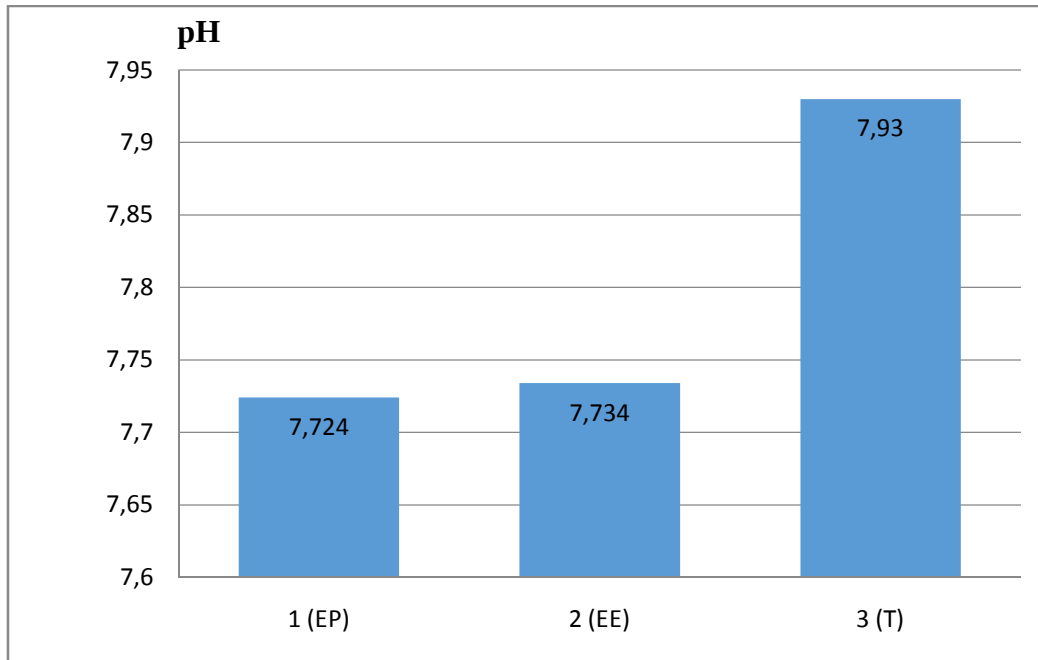


Figure 33 : Résultats des moyennes du pH du sol de Boukhalifa, (2017).

Selon les normes internationales de l'OMS, (1989), la plage normale du pH pour une eau destinée à l'irrigation est de 6.5 à 8.5. En dehors de ces limites, le plant sera confronté à des problèmes de nutrition minérale (**BENSEGHIR, 1996**).

Dans notre cas, le pH de l'eau usée épurée prélevé au niveau de notre station d'épuration est favorable pour sa réutilisation en irrigation.

I.1.3. Calcaire total CaCO_3 (%) :

L'analyse de la variance des résultats du (Tableau n°13) montre qu'il n'y a aucune différence significative, ($p = 0.13028$).

Tableau n° 13: Analyse de la variance de calcaire total pour le facteur eau.

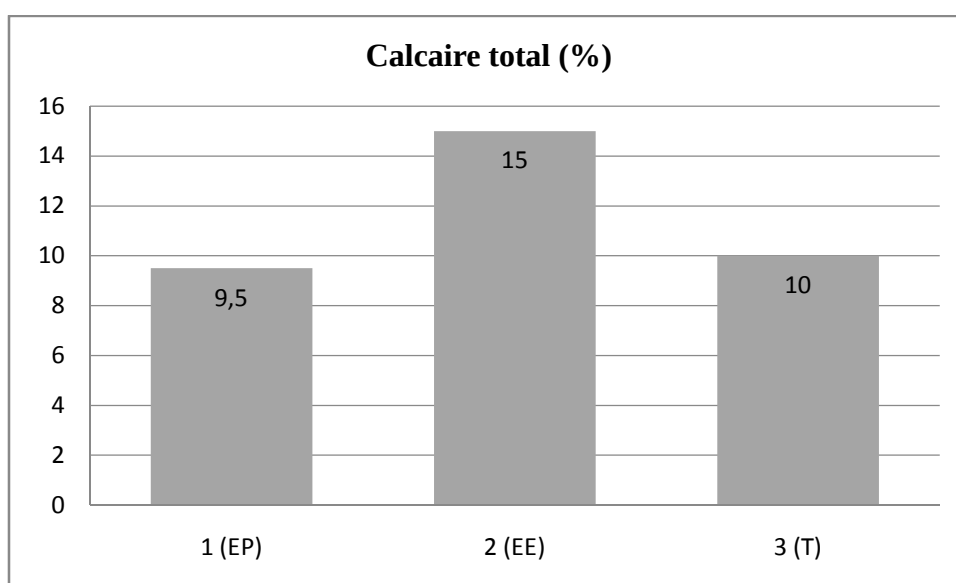
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	322,5	14	23,036				
VAR.FACTEUR 1	92,5	2	46,25	2,413	0,13028		
VAR.RESIDUELLE 1	230	12	19,167			4,378	38,07%

Les résultats du test de NEWMAN et KEULS nous signalent qu'il n'y a aucune différence significative.

Les résultats obtenus lors des analyses du calcaire du sol de Boukhalifa, sont indiqués dans le tableau n°14.

Tableau n°14 : Résultats du calcaire total du sol Boukhalifa.

		Calcaire en %				
Echantillons Eaux	Ech témoin	Ech01	Ech02	Ech03	Ech04	Ech05
Eau potable	10	11,25	5	12,5	10	8,75
Eau épurée		12,5	27,5	11,25	12,5	11,25

**Figure 34:** Résultat de la moyenne en calcaire total du sol de Boukhalifa.

En comparant les teneurs en calcaire total (CaCO_3) du sol étudié qui varient de 5% à 27.5% aux normes d'interprétation citées dans le tableau n°15, Annexe7, nous pouvons classer notre sol dans la classe des sols modérément calcaires pour le sol irrigué avec l'eau potable, ainsi que pour le sol témoin. Le sol irrigué avec les eaux usées épurées est fortement calcaire.

Les teneurs en carbonates augmentent, de la surface vers les niveaux inférieurs, ce qui détermine que les sols irrigués avec des eaux usées épurées sont plus calcaires.

I.1.4. Matière Organique (MO) en % :

L'analyse de la variance des données du Tableau n°16 montre qu'il n'y a aucune différence significative, ($p=0.4795$), pour le facteur eau.

Tableau n°16 : Analyse de la variance de la matière organique pour le facteur eau.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4,986	14	0,356				
VAR.FACTEUR 1	0,58	2	0,29	0,79	0,4795		
VAR.RESIDUELLE 1	4,406	12	0,367			0,606	11,43%

Les résultats obtenus lors du Test NEWMAN et KEULS du sol de Boukhalifa, n'indiquent aucune différence significative du paramètre matière organique.

Les résultats des analyses des échantillons du sol de Boukhalifa, sont indiqués dans le tableau n°17.

Tableau n°17 : Résultats des moyennes de la matière organique du sol Boukhalifa.

		Matière Organique en %					
Echantillons Eaux	Ech témoin	Ech01	Ech02	Ech03	Ech04	Ech05	
	5,08%	4,87%	5,71%	6,03%	4,65%	5,08%	
		4,87%	5,71%	6,03%	4,51%	6,67%	

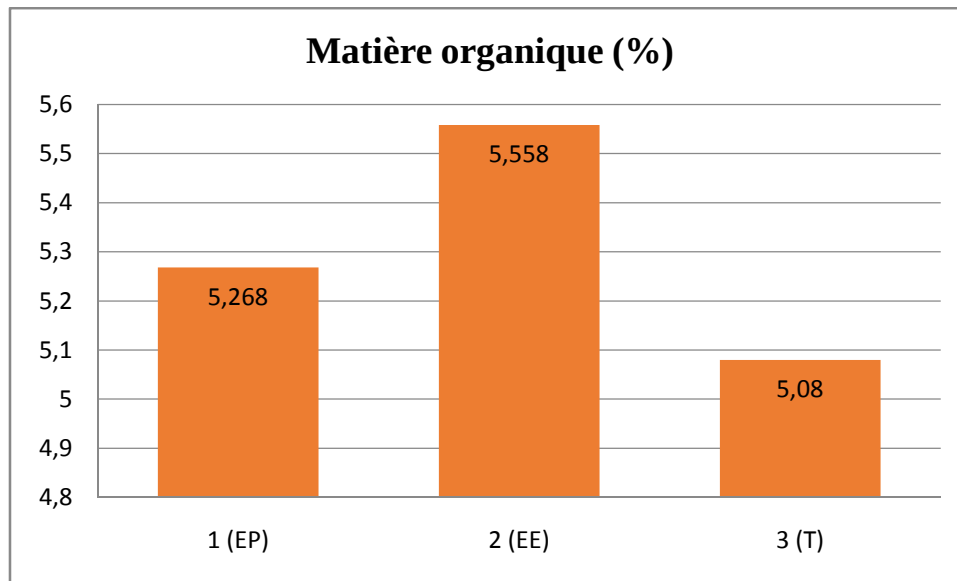


Figure 35: Résultats des moyennes en matière organique.

Selon les résultats obtenus (figure 36), Le sol irrigué avec les eaux potables présente un taux de matière organique équivalent à une moyenne de 5.268%. Selon les travaux de recherches (**BAISE, 2000**), le sol est d'un niveau élevé en matière organique, voir annexe7.

Dans le sol irrigué avec des eaux usées épurées, les résultats obtenus, montre que le taux en matière organique est d'une moyenne de 5.558%. Selon les travaux de recherches de (**BAISE, 2000**), le sol est d'un niveau très élevé en matière organique.

Le sol témoin présente une valeur en matière organique de 5.08 % inférieur aux deux valeurs citées. Nous pouvons conclure d'une manière générale, les teneurs les plus élevées ont été trouvées dans le sol irrigué avec les eaux épurées. La richesse en éléments fertilisants et en oligoéléments des eaux usées épurées stimulent l'activité biologique du sol (**MAGESAN et al, 2000**) et favorisant la minéralisation du carbone organique du sol.

I.1.5. Conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) :

Les résultats obtenus lors du Test NEWMAN et KEULS du sol de Boukhalfa, indiquent qu'il y'a une différence très hautement significative ($p=0.0006$), pour le facteur eau.

Tableau n°19 : Analyse de la variance au seuil de 5% de la CE pour le facteur eau.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	247965	14	17711,78				
VAR.FACTEUR 1	177087,6	2	88543,81	14,991	0,0006		
VAR.RESIDUELLE 1	70877,33	12	5906,444			76,853	28,78%

Le Test NEWMAN et KEULS fait apparaître au seuil d'erreur $\alpha=5\%$, pour le facteur eau, deux groupes homogènes A et B. Les sols irrigués avec les eaux épurées et eaux potables appartiennent au groupe A avec une moyenne plus élevée de $324,08\mu\text{S/cm}$, et le sol témoin appartenant au groupe B avec une moyenne la plus basse de $114,9\mu\text{S/cm}$.

Tableau n°20 : Résultats du Test NEWMAN et KEULS pour la CE facteur eau :

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	EE	362	A	
1.0	EP	324,08	A	
3.0	T	114,9		B

Les résultats des analyses des échantillons de la conductivité électrique du sol de Boukhalifa, sont indiqués dans le tableau n°21.

Tableau n°21 : Valeurs des moyennes de la conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$) du sol de Boukhalifa.

Echantillons Eaux	Conductivité électrique du sol ($\mu\text{S/cm}$)					
	Ech témoin	Ech01	Ech02	Ech03	Ech04	Ech05
L'eau potable	114,9	293	143,4	464	415	305
L'eau épurée		402	365	415	310	318

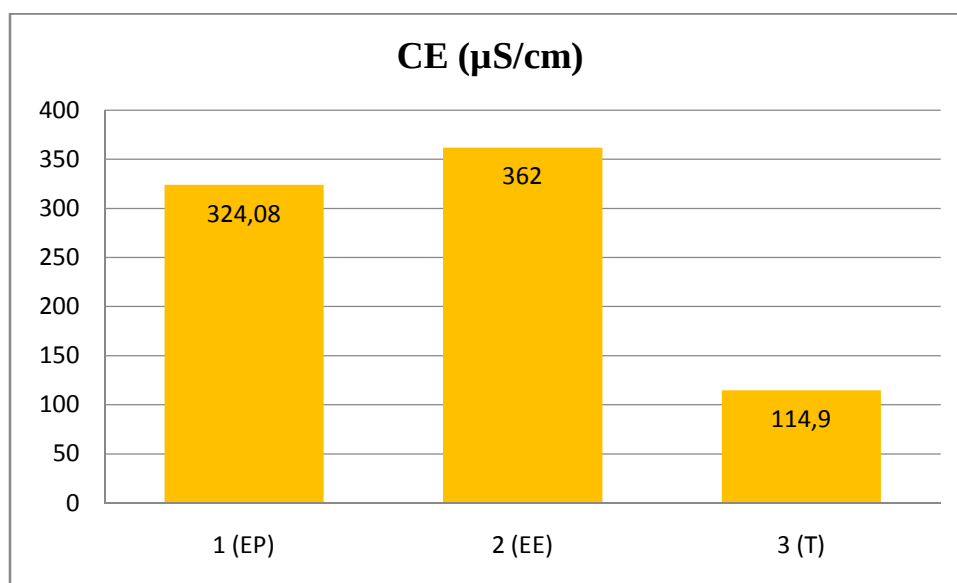


Figure 36 : Résultats des moyennes de la conductivité électrique.

Sur la base des données affichées et illustrées dans la figure 37, la conductivité électrique de l'extrait aqueux rapport (1/5) pour le sol irrigué avec les eaux usées épurées, les eaux potables et le sol témoin, est indiqué dans le tableau n°22, annexe 7. Les moyennes obtenues montrent que les sols étudiés ne sont pas salin.

Selon les valeurs de la CE indiquée dans la figure 37, nous pouvons dire que le sol irrigué avec les eaux épurées présente une valeur égale à 362μS/cm. Quand en valeurs des sols irriguée avec des eaux potables, elles sont voisines de 324.08μS/cm. Le sol témoin présente une valeur de 114.9μS/cm.

La solubilité des sels déposés dépend des sels de sodium qui sont les plus solubles, l'intensité d'irrigation, la migration des ions, la perméabilité du sol et d'autres facteurs.

Lorsque la concentration saline de la solution aqueuse d'un sol ou d'un substrat est trop élevée c'est le cas des eaux épurées, les racines se développent mal et la croissance de la plante est ralentie. Nous pouvons aboutir dans le cas grave, au dépérissement des plantes. (DJEDDI, 2007).

I.1.6. Humidité (%) :

Les résultats des analyses obtenus lors du Test NEWMAN et KEULS du sol de Boukhalfa, indiquent qu'il n'y a aucune différence significative, ($p=0.21845$), pour le facteur eau.

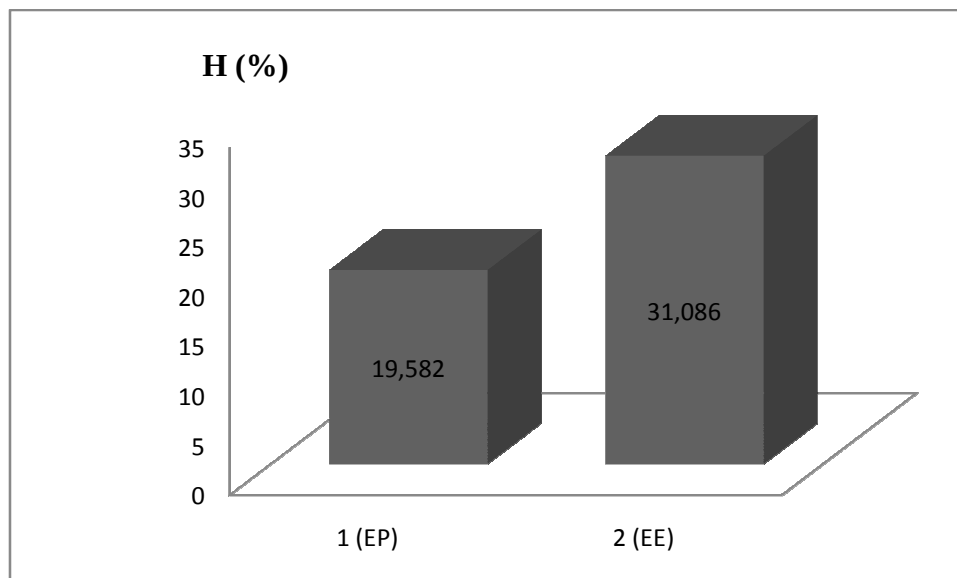
Tableau n°23 : Analyses de la variance du l'humidité du sol pour le facteur eau.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1824,932	9	202,77				
VAR.FACTEUR 1	330,855	1	330,855	1,772	0,21845		
VAR.RESIDUELLE 1	1494,077	8	186,76			13,666	53,94%

Les résultats des analyses des échantillons d'humidité du sol de Boukhalifa, sont indiqués dans le tableau n°24.

Tableau n°24 : Valeurs moyennes du l'humidité du sol de Boukhalifa.

	Humidité du sol (%)				
	Ech01	Ech02	Ech03	Ech04	Ech05
Eau potable	22,01	26,43	21,25	0,61	27,61
Eau épurée	33,00	33,08	15,97	17,78	55,60

**Figure 37**: Résultats des moyennes du l'humidité du sol de Boukhalifa.

Les résultats obtenus lors de l'analyse du paramètre humidité, nous renseigne sur l'influence de ce paramètre sur la structure et l'analyse granulométrique de notre sol.

Les valeurs des sols irriguées à l'aide de l'eau potable et de l'eau épurée sont respectivement égales à 19.582% et 31.086%.

Nous rappelons que le sol de Boukhalfa est argilo-limoneux avec des proportions de 43.20% d'argile et 25.75% pour les limons fin et 21.18% pour les limons grossier.

Les taux d'humidité de la figure 38 sont directement liés aux proportions en limon et en argile de notre sol.

I.2. végétal :

A fin de déterminer l'impact des différentes natures d'eaux utilisées (eaux épurées, eaux potables), sur le développement végétatif de la Célosie plumeuse, nous avons étudié quelques paramètres que nous avons jugé importants.

I.2.1. Hauteur des tiges : les hauteurs des tiges ont été mesurées a raison d'une mesure par semaine pendant 11 semaines. Puis nous avons calculé la moyenne des tiges en fonction du temps (tableau n°24).

Tableau n°24 : Moyenne des hauteurs des tiges en fonction du temps.

Temps (semaine)	1 (EE)	2 (EP)
1 (S1)	2,625	5,935
2 (S2)	2,04	2,075
3 (S3)	6,35	4,76
4 (S4)	6,3	5,16
5 (S5)	13,94	10,425
6 (S6)	13,16	10,51
7 (S7)	22,84	20,465
8 (S8)	22,61	20,27
9 (S9)	33,89	28,09
10 (S10)	23,73	21,16
11 (S11)	35,27	28,94

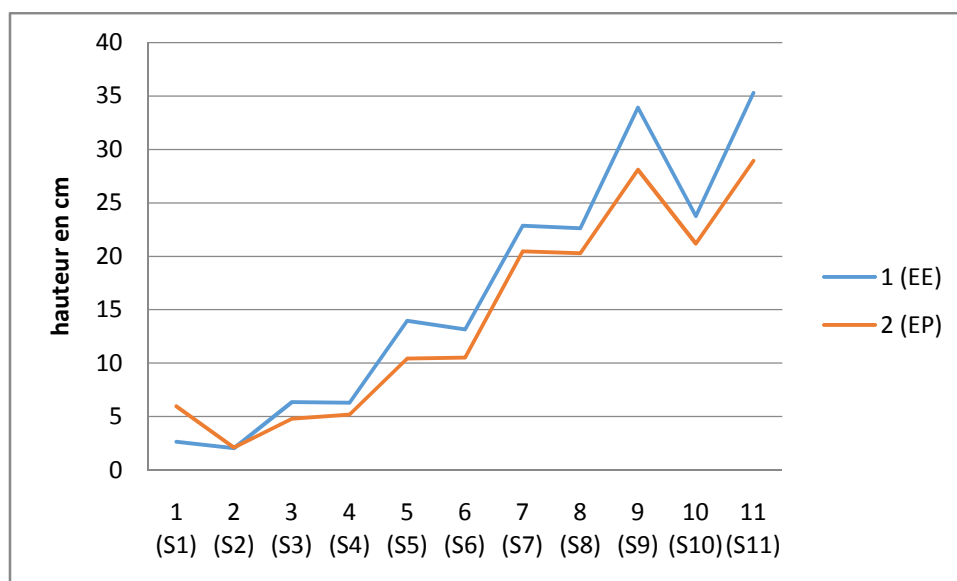


Figure 38 : Variation de la hauteur des tiges en fonction du temps.

D'après la représentation graphique (figure 39), nous remarquons que la hauteur moyenne des tiges pour les plantes irriguées avec des eaux usées épurées augmentent proportionnellement avec le temps.

Concernant les plantes irriguées avec les eaux potables, nous remarquons une augmentation de la hauteur des tiges durant la première semaine et qu'à partir de la deuxième semaine, elle marque une progression très lente jusqu'à atteindre la valeur de 28.94 cm.

Cependant, cette hauteur a atteint les valeurs maximales de l'ordre de 35.27 cm pour les plantes irriguées avec des eaux épurées, suivie par la valeur de 28.94 cm pour les plantes irriguées avec des eaux potables.

A fin d'estimer l'influence de l'eau utilisée sur les hauteurs des tiges des plants de la Célosie plumeuse, une étude statistique de la variance a été établie.

Tableau n°25 : Analyse de la variance pour le paramètre hauteur des tiges.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	32538,65	219	148,578				
VAR.FACTEUR 1	283,295	1	283,295	6,475	0,01131		
VAR.FACTEUR 2	23248,29	10	2324,829	53,14	0		
VAR.INTER F1*2	344,67	10	34,467	0,788	0,64161		
VAR.RESIDUELLE 1	8662,4	198	43,75			6,614	42,73%

Facteur 1 : les deux types d'eaux (EE, EP).

Facteur 2 : c'est le temps.

Les résultats de l'analyse de la variance à deux facteurs de classification, effectuée sur les hauteurs des tiges montrent qu'il y a une différence hautement significative entre les deux types d'eaux utilisées ($p=0.01131$), ce qui explique que les caractéristiques des eaux utilisées n'est pas similaire pour ce paramètre.

Tableau n°26 : Résultats de l'analyse de la variance pour la hauteur des tiges.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	EE	16,614	A	
2.0	EP	14,345		B

Le Test de NEWMAN et KEULS au seuil d'erreur $\alpha=5\%$ fait ressortir deux groupes homogènes, le groupe A reflète la moyenne la plus élevée (16.614 cm) pour les plantes irriguées avec les eaux usées épurées.

Le groupe B est représenté par une moyenne de (14.345 cm) pour les plantes irriguées l'eau potable.

Par contre les résultats pour le facteur temps, nous montrent qu'il existe une différence très hautement significative ($p=0$) entre les 11 semaines, c'est pour cela un test de NEWMAN et KEULS a été effectué pour déterminer les groupes homogènes.

Tableau n°27 : Résultats du Test NEWMAN et KEULS.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
11.0	S11	32,105	A			
9.0	S9	30,99	A			
10.0	S10	22,445		B		
7.0	S7	21,653		B		
8.0	S8	21,44		B		
5.0	S5	12,183			C	
6.0	S6	11,835			C	
4.0	S4	5,73				D
3.0	S3	5,555				D
1.0	S1	4,28				D
2.0	S2	2,058				D

Le Test NEWMAN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir quatre groupes :

- ✓ Le premier groupe A représenté par la 9^{ème} et la 11^{ème} semaine avec des valeurs plus élevées (30.99 à 32.105).
- ✓ Le deuxième groupe B représenté par la 8^{ème}, 7^{ème} et la 10^{ème} semaine avec des valeurs élevées (21.44, 21.653 et 22.445).
- ✓ Le troisième groupe C représenté par la 6^{ème} et 5^{ème} semaine avec des valeurs moins élevées qui sont comprises entre (11.835 et 12.183).
- ✓ Le quatrième groupe D qui représente les quatre premières semaines, avec des valeurs plus bas (2.058, 4.28, 5.555, 5.73).

Les résultats obtenus pour le facteur interaction ne montrent aucune différence significative ($p=0.64161$), pour le facteur eau et temps.

Nous constatons que la hauteur des tiges s'évalue en fonction du temps.

Les résultats que nous avons obtenus dans les différents types d'eaux (EP, EE) correspondant à ceux décrits par (MAZLIAK. P, 1982). Il indique qu'après la période de latence (phase préliminaire pendant laquelle la plante végétale élabore ou adapte les équipements nécessaires à l'extension), la végétale passe par une phase accélérée de croissance.

I.2.2. Nombre de feuilles :

Les résultats cités dans le tableau n°28 représentent le nombre moyen des feuilles des plants irrigués avec les deux types d'eaux utilisées.

Tableau n°28 : Evolution du nombre de feuilles en fonction du temps.

Temps (semaines)	1 (EE)	2 (EP)
1 (S1)	4,7	5,05
2 (S2)	4,15	2,8
3 (S3)	17,7	16,75
4 (S4)	15,6	10,2
5 (S5)	23,1	28,25
6 (S6)	24,6	21,15
7 (S7)	67,9	174,6
8 (S8)	36,75	26,4
9 (S9)	73,2	81,3
10 (S10)	38,15	26,6
11 (S11)	76,95	81,15

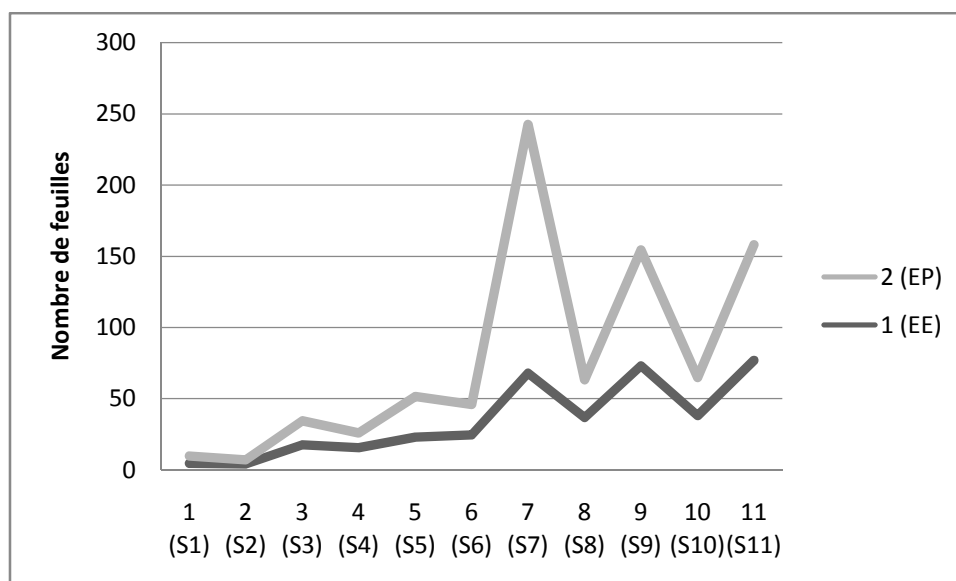


Figure 39 : Variation de nombre de feuilles en fonction du temps.

Nous constatons d'après l'allure des courbes de l'évolution du nombre de feuilles des plants irrigués avec des eaux potables et les eaux usées épurées une légère augmentation dans les 6 premières semaines.

A partir de la 6^{ème} jusqu' à la 7^{ème} semaine, nous remarquons une augmentation du nombre moyen de feuilles d'une façon très marquée pour l'eau potable jusqu'à atteindre un pic important avec une valeur de (174.6) ; par contre une légère augmentation pour l'eau épurée à été enregistré avec un pic de (67.9).

A partir de 7^{ème} semaine, nous remarquons une diminution importante du nombre moyen de feuilles pour EP et une légère diminution pour EE. Une augmentation du nombre de feuilles a été observée dès la 8^{ème} semaine jusqu'à atteindre un pic dans la 9^{ème} semaine avec une valeur de (81.3) pour EP et (73.2) pour EE.

Une diminution a été observée à partir de 10^{ème} semaine. Nous remarquons une nouvelle fois une augmentation du nombre moyen des feuilles pour les plantes irriguées avec EP, EE.

A fin d'estimer l'influence des eaux utilisées sur le nombre de feuilles de la Célosie plumeuse, une étude de la variance à deux facteurs de classification a été réalisée.

Tableau n°29 : Réutilisation de l'analyse de variance pour le paramètre nombre de feuilles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1304742	219	5957,726				
VAR.FACTEUR 1	3801,25	1	3801,25	0,778	0,38252		
VAR.FACTEUR 2	279012,1	10	27901,21	5,714	0		
VAR.INTER F1*2	55094,25	10	5509,425	1,128	0,34249		
VAR.RESIDUELLE 1	966834,3	198	4883,001			69,878	179,37%

Les résultats de l'analyse de la variance effectuée sur le nombre de feuilles montrent qu'il n'y a aucune différence significative ($p=0.38252$) pour le facteur eau, ce qui explique que les caractéristiques des deux eaux utilisées restent similaires.

Par contre le résultat obtenu pour le facteur temps nous montre une différence très hautement significative ($p=0$). C'est pour cela, un test de NEWMAN et KEULS a été effectué pour déterminer les groupes homogènes.

Tableau n°30 : Résultats du Test NEWMAN et KEULS.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
7.0	S7	121,25	A		
11.0	S11	79,05	A	B	
9.0	S9	77,25	A	B	
10.0	S10	32,375		B	C
8.0	S8	31,575		B	C
5.0	S5	25,675		B	C
6.0	S6	22,875		B	C
3.0	S3	17,225		B	C
4.0	S4	12,9		B	C
1.0	S1	4,875			C
2.0	S2	3,475			C

Le test NEWMAN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir quatre groupes :

- Le premier groupe A représenté par la 7^{ème} semaine avec une valeur très élevée (121.25).
- Le deuxième groupe AB représenté par 9^{ème} et la 11^{ème} semaine avec des valeurs élevés (77.25), (79.05).

- Le troisième groupe BC représenté par 10, 8, 5, 6, 3, 4^{ème} semaines avec des valeurs moyennement élevées (32.375- 31.575- 25.675- 22.875- 17.225- 12.9).
- Le quatrième groupe C représenté par la première et la deuxième semaine avec des valeurs très bas (4.875- 3.475).

Cela explique la spécificité du développement du nombre de feuilles pour la Célosie plumeuse pour les groupes A, AB, BC.

Par contre le groupe C représente un nombre moyen de feuilles presque similaire.

Pour le résultat obtenu, le facteur interaction nous montrent aucune différence significative ($p=0.34249$), pour le facteur eau et temps.

La tombée des feuilles à aussi une part dans la diminution du nombre des feuilles qu'est peut être due :

- Soit aux carences de certains éléments nutritifs nécessaires au développement de la tige.
- Soit aux manipulations durant les mesures des hauteurs des tiges.
- Maladies fongiques, insecticides végétaux et autres.
- Non maîtrise de quelques paramètres environnants.

I.2.3. Nombre de fleurs :

Le résultat cité dans le tableau n°31 représente le nombre moyen des fleurs des plantes irriguées avec les différents types d'eaux utilisées.

Tableau n°31 : Evolution du nombre de fleurs en fonction du temps.

Temps (semaines)	1 (EE)	2 (EP)
1 (S1)	0	0
2 (S2)	0	0
3 (S3)	0	0
4 (S4)	0	0
5 (S5)	0	0
6 (S6)	0,4	0,4
7 (S7)	3,4	3,45
8 (S8)	3,25	2,8
9 (S9)	5,45	6,1
10 (S10)	6,35	6,55
11 (S11)	7,05	7,7

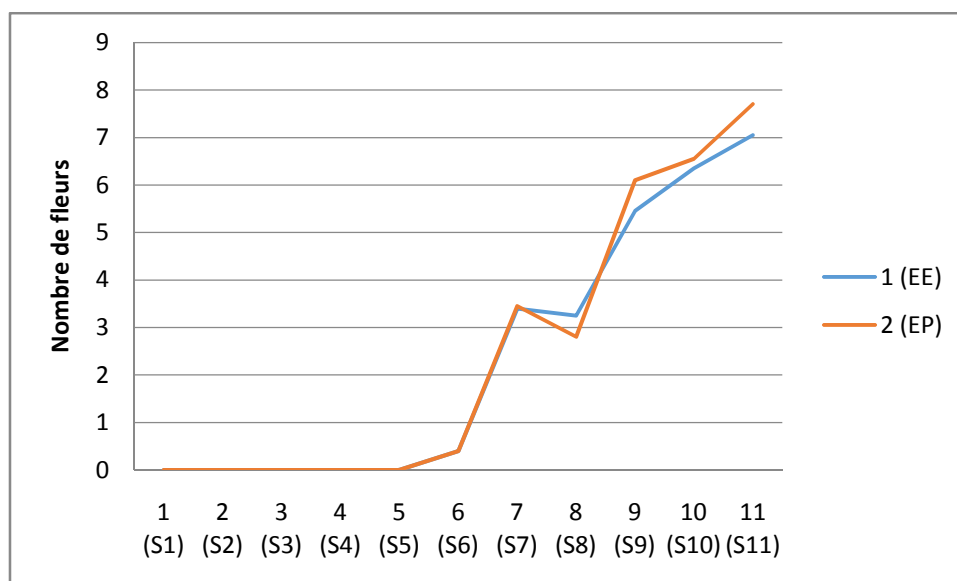


Figure 40: Variation du nombre de fleurs pour la Célosie plumeuse en fonction du temps.

D'après la figure 40, nous constatons une absence de la production du nombre moyen de fleurs durant la première jusqu'à la cinquième semaine.

A partir de la 5^{ème} semaine, nous remarquons une augmentation du nombre de fleurs pour les plantes irriguées avec l'eau potable, jusqu'à atteindre un pic de (3.45).

A partir de la 7^{ème} semaine, nous observons une légère diminution pour les plantes irriguées avec EP, par contre nous remarquons une stabilisation pour EE.

A partir de la 8^{ème} semaine, le nombre moyen des fleurs augmentent progressivement pour les deux types d'eaux utilisées en fonction du temps, jusqu'à atteindre les valeurs maximales, qui sont de l'ordre de (7.7) pour EP et (7.05) pour EE.

A fin d'estimer l'influence des eaux utilisées sur le nombre de fleurs de la Célosie plumeuse, une étude de la variance à deux facteurs de classification a été réalisée.

Tableau n°32 : Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre nombre de fleurs.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4014,495	219	18,331				
VAR.FACTEUR 1	0,55	1	0,55	0,048	0,82188		
VAR.FACTEUR 2	1735,695	10	173,57	15,117	0		
VAR.INTER F1*2	4,9	10	0,49	0,043	0,99		
VAR.RESIDUELLE 1	2273,35	198	11,482			3,388	140,92%

Les résultats de l'analyse de la variance effectuée sur le nombre de fleurs montrent qu'il y a pas de différence significative ($p=0.82188$) pour le facteur eau, ce qui explique que les caractéristiques des deux types d'eaux utilisées restent similaires.

Par contre le résultat obtenu pour le facteur temps, nous montrent une différence très hautement significative ($p=0$). C'est pour cela, un test de NEWMAN et KEULS a été effectué pour déterminer les groupes homogènes (tableau n°).

Tableau n°33 : Résultats du Test de NEWMAN et KEULS.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
11.0	S11	7,375	A		
10.0	S10	6,45	A		
9.0	S9	5,775	A		
7.0	S7	3,425		B	
8.0	S8	3,025		B	C
6.0	S6	0,4			C
5.0	S5	0			C
2.0	S2	0			C
3.0	S3	0			C
4.0	S4	0			C
1.0	S1	0			C

Le test NEWMAN et KEULS au seuil de 5% fait ressortir quatre groupes :

- Le premier groupe A représenté par la 11, 10, 9^{ème} semaines avec des valeurs très élevées (7.375- 6.45- 5.775).
- Le deuxième groupe B représenté par la 7^{ème} semaine avec une valeur élevée (3.425).
- Le troisième groupe BC représenté par la 8^{ème} semaine avec une valeur moins élevées (3.025).
- Le quatrième groupe C qui représente les six premières semaines, avec des valeurs plus bas (0.4- 0- 0- 0- 0- 0).

Pour le résultat obtenu, le facteur interaction nous montrent aucune différence significative ($p=0.99$), pour le facteur eau et temps.

D'après les résultats obtenu sur la variation du nombre de fleurs (figue 41), nous remarquons qu'il un retard d'une semaine pour les plantes irriguées avec les eaux usées épurées, la

floraison à commencé à partir de la 7^{ème}, contrairement aux plantes irriguées avec les eaux potables. Cela est dû :

- A la présence des métaux lourds dans les eaux usées épurées.
- Non maîtrise de quelques paramètres environnants.
- Prolifération des mauvaises herbes autour des plantes irriguées avec les eaux usées épurées.

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet de la réutilisation des eaux usées domestiques sur le développement d'une plante ornementale Célosie plumeuse.

La réutilisation des eaux usées épurées est très important dans la stratégie de la lutte contre la pollution des eaux qu'elle soit superficielles ou souterraines ainsi la rareté des eaux conventionnelles. Cette stratégie s'inscrit d'une manière globale et national afin d'augmenter les volumes d'eaux nécessaires aux différents secteurs utilisateur tels que l'agriculture, industrie et autres.

La valorisation de ces volumes d'eaux usée polluée passe par différents procédés de traitement. Ils en découlent des sous produits (eau épuré et boues) qui peuvent être considérées comme éléments de haute valeur agronomique.

Dans le cadre de la réutilisation des eaux usées épurées, nous avons mené un travail expérimental au niveau de la pépinière de Tademaït (ERGR). Il s'agit de l'utilisation de deux types d'eaux (eau potable, eau épuré) sur une plante ornementale la Célosie plumeuse (*Celosia argentea* var. *plumosa*). Le cycle végétatif de cette plante ornementale a duré du 19/03/2017 au 09/07/2017, allant de la graine jusqu'à la fleur.

Au cours de cette expérimentation nous avons les résultats obtenu nous permettent de conclure ce qui suit :

- ❖ Pour le paramètre hauteur des tiges, nous remarquons que les plantes irriguées avec les eaux usées épurées présentent une moyenne très élevée avec une valeur de 35.27 cm, et pour les plantes irriguées avec l'eau potable présentent une moyenne de 28.94 cm.
- ❖ Pour le paramètre nombre de feuilles, nous observons une moyenne très élevée pour les plantes irriguées avec les eaux potables avec une valeur maximale 81.15, par contre pour les plantes irriguées avec les eaux épurées représentent une moyenne de 76.95.
- ❖ Pour le paramètre nombre de fleurs, nous constatons que la moyenne des fleurs est plus élevée pour les plantes irriguées avec des eaux potables avec une valeur de 7.7, par contre pour les plantes irriguées avec des eaux épurées sont représentées avec une moyenne de 7.05.
- ❖ L'analyse de la variance du pH du sol montre une différence hautement significative ($p=0.00411$), pour le facteur eau.
- ❖ L'analyse de la variance du calcaire total ne montre aucune différence significative avec ($p=0.13028$).

- ❖ L'analyse de la variance pour la matière organique ne montre aucune différence significative ($p=0.4795$).
- ❖ L'analyse de la variance de la conductivité électrique montre une différence très hautement significative ($p=0.0006$).
- ❖ La variance de humidité du sol ne montre aucune différence significative ($p=0.21845$).

En fonction des résultats obtenus (hauteur des tiges, nombre de feuilles et nombre de fleurs) et de l'analyse statistique effectuer nous pouvons conclure que l'eau usée épurée nous a permis d'enregistrer des meilleurs résultats par rapport à l'eau potable.

Ces résultats nous amènent à proposer certaines perspectives dans le cadre de la réutilisation de cette eau usée épurée à toutes fins agricoles tenant compte de sa qualité physico-chimique, notamment :

- ✓ Un traitement tertiaire est exigé aux niveaux de ces stations avant leurs rejets dans le milieu naturel.
- ✓ Les eaux usées épurées doivent subir d'autres analyses physico-chimiques et bactériologiques et même toxicologiques avant leur réutilisation dans le domaine agricole étant donné que les plantes sont des bio-accumulateurs.
- ✓

Références bibliographiques

Ouvrages et thèses :

- **ACHAT. H et NAIT SIDENAS. S., (2002)** : Contribution à la caractérisation des effluents traités de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur en Agronomie. UMMTO.
- **BAISE. D., (2000)** : Guide des analyses en pédologie, 2^{ème} édition, revue et augmentée. Ed INRA, Paris, France. 257p.
- **BELOKDA. W., (2009)** : Contribution à la gestion des effluents liquides hospitaliers. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. UMMTO.
- **BENSEGHIR. L. A., (1996)** : Amélioration des techniques de production hors sol du chêne liège conteneur- substrats- nutrition minérale. Master en Sciences forestières CEMA GREF (Aix en provenance), 26p.
- **BOUDIAF. K et MERBAH. L., (1998)** : Caractérisation physico-chimique et minéralogique des vertisols de deux régions de la vallée de Sébaou (Freha- Tademaït). Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. UMMTO.
- **BOUDJEMA. S., (2002)** : Etude perspective de l'état de l'environnement en Algérie : Cas de bassin versant de Sébaou, wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire Magistère en Agronomie. UMMTO.
- **BOULAKDEM. G et AZEM. R., (2016)** : Contribution à l'évaluation des paramètres de traitement des eaux usées domestiques de la STEP d'Azeffoun wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de fin d'étude Master II en Agronomie. UMMTO.
- **BOURRIER. R., (2008)** : Les réseaux d'assainissement, 5^{ème} édition, TEC et DOC, Lavoisier.
- **BOUZIANI. M., (2000)** : L'eau de la pénurie aux maladies, édition IBN-KHALDOUN. 250p.
- **CARDOT. C., (1999)** : Génie de l'environnement, les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus, 193-194p.
- **CAUCHI. A et VIGNOLES. C., (2011)** : Petites Installations d'Assainissement. Ed. TECHNIP, Paris.
- **COIN. L., (1981)** : La pratique de l'eau. Edition du moniteur, Paris.
- **DACHAUFOR. Ph., (1998)** : **Réflexions** sur les classifications des sols. Académie d'Agriculture de France. Paris.
- **DEGREMONT., (2005)** : Mémento Technique de l'Eau. Tome I et II. Edition Degremont. 10^{ème} édition Française. Paris.

Références bibliographiques

- **DESJARDINS. R., (1997)** : Le traitement des eaux. Ed. Ecole Polytechnique de Montréal.
- **DJEDDI. H., (2007)** : Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Thèse de magistère, université Mentouri-Constantine, 144p.
- **DUCLOS. G., (1979)** : Analyses de terres de plains champs en régions méditerranéennes. Revue « Eau et aménagement de la région provençale » n°28. Ed. SCP, 17- 31p.
- **GAID. A., (1984)** : Epuration biologique des eaux usées urbaines.
- **GANI. F., (2001)** : Analyse et traitement des eaux du barrage de Taksebte T.O. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. UMMTO.
- **GAUJOUS. D., (1995)** : La pollution des milieux aquatiques (aide mémoire). Ed. Technique et Documentation. LAVOISIER. 2^{ème} édition. Paris.
- **GENIN. B, CHAUVIN. C et MENAR. D., (2003)** : Cours d'eau et indices biologiques. 2^{ème} édition. EDUCAGRI. 36-41p.
- **GROSCLAUDE. G., (1999)** : l'Eau. Usage et polluants. Tome 2. INRA. Paris, 210p.
- **HADDOUM. N, HAMAD. K et HAMADACHE. H., (2013)** : Essai de la réutilisation des eaux usées épurées dans les cultures maraîchères : Cas du haricot nain (*Phaseolus Vulgaris. L*). Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Science Biologique. UMMTO, 111p.
- **HALICHE. D et HAMDANI. H., (2012)** : Contribution à l'évaluation du volume d'eau usée épurée à travers la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur en Biologie. UMMTO.
- **KASSIRA. M., (2005)** : Gestion de l'irrigation avec les eaux non conventionnelles. Rapport de Direction de Développement Agricole dans les Zones Arides et Semi-aride. Alger.
- **LARRY. H., (2006)** : Collaboration spéciale. L'année de la Célosie.
- **LOUMI. F et YEFSAH. K., (2010)** : Valorisation des eaux usées traitées en irrigation : Cas de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Science Agronomique. UMMTO.
- **LAZAROVA. V., (2007)** : Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, N°299. L'E au, l'Industrie, les Nuisances. Université Montpellier2. Thèse de Doctorat.

Références bibliographiques

- **MABED. H, LOUNICI. N et LEBID. S., (2014)** : caractéristiques des eaux usées et des boues de la STEP Est, et évaluation de la pollution globale des sols. Cas des sols de Tademaït. Tizi-Ouzou. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur en Biologie. UMMTO.
- **MAGESAN. G. N, WILLIAMSON. J. C, YEATES. G. W et LLOYD-JONES. A. RH., (2000)** : Wastewater C:N ration effects on soil hydraulic conductivity and potential mechanisms for recovery Bioresource Technology, 71, 21-27.
- **MANSOURI. F., (2012)** : Contribution à l'étude d'extension de la station d'épuration Tizi-Ouzou ouest (Boukhalfa). Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur en Agronomie. UMMTO.
- **MARSILY.G., (1995)** : l'Eau. Ed Flammarion. 128p.
- **MAZLIAK. P., (1982)** : Croissance et développement : physiologie végétale II. Edition Herman Paris/ Collection Méthodes.
- **MERMOUD. A., (2002)** : Cours de physique du sol. Généralités. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- **MOUAS BOURBIA. S., (2014)** : Biodisponibilité du potassium dans la rhizosphère de *Olea europea* L. Thèse de Doctorat en Agronomie. UMMTO.
- **PUIL. C., (1998)** : La réutilisation des eaux usées urbaines après épuration. Mémoire D.U.E.S.S « Eau et Environnement », D.E.P, université Picardie, Amiens. France.
- **REJESK. F., (2002)** : Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Ed Centre Régional de Documentation Pédagogique d'Aquitaine. Paris.
- **RODIER. J., (2005)** : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition. Dunod. Paris, 1383p.
- **SATIN. M, SELMI. B., (1999)** : Guide technique de l'assainissement 2^{ème} édition le Moniteur. Paris. 680p.
- **TARMOUL. F., (2007)** : détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel « cas de la lagune de Beni-messous » Institut des Sciences de la mer et de l'aménagement du Littoral-DEUA.
- **VALIRON. F., (1983)** : la Réutilisation des eaux usées. Paris. Edition B.R.G.M. 207p.
- **VILLAGINES. R., (2003)** : Eau, environnement et santé publique. Edition Technique et Documentation. LAVOISIER. 2^{ème} édition. Paris.

Références bibliographiques

- **YAHIL. H., (1998)** : Evaluation des performances physico-chimiques et bactériologiques de la station d'épuration de Boumerdes. Mémoire de fin d'études à l'Institut de Biologie. UMMTO. 21-42p.
- **YAKOUBI. K et SAMI. L., (2016)** : Valorisation des eaux usées épurées de la STEP de Boukhalifa en agriculture : Impact sur le rendement de quatre espèces céréalières. Mémoire de fin d'études en Science Biologique. UMMTO.

Institution :

- **ADE., (2017)** : Données hydrauliques de la commune de Tademaït, wilaya de Tizi-Ouzou.
- **ADEME., (2009)** : Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration.
- **FAO., (2003)** : Irrigation avec des eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. FAO irrigation and drainage paper, 65p.
- **FAO., (2004)** : l'Eau, l'Agriculture et l'Alimentation, 1-67p.
- **Journal Officiel de la République Algérienne.**
- **OMS., (1989)** : L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture : recommandations à visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
- **ONA** : Office National d'Assainissement.

Sites internet :

- Google earth.
- WWW. Wikipédia.
- ([www.bellseed.com/pdf/Célosie Sunday](http://www.bellseed.com/pdf/Célosie%20Sunday.pdf)).
- ([www.jardinage.ooreka.fr,2017](http://www.jardinage.ooreka.fr/2017/)).
- ([www.gerbeaud.com/jardin/fiches/Célosie, 1649.Html](http://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/Célosie_1649.Html)).
- ([http://users/user/Deskop/célosia argentea-wikipédia.htm](http://users.user.Deskop/célosia%20argentea-wikipédia.htm)).

1. Textes relatifs aux concessions d'exploitation :

- Décret exécutif n°96-472 du 18 Décembre 1996 portant création du Conseil National de l'eau. (J.O n°83/1996)
- Décret exécutif n°01-101 du 21 Avril 2001 portant création de l'Algérienne Des Eaux. (J.O n°24/2001)
- Décret exécutif n°01-102 du 21 Avril 2001 portant création de l'Office National de l'Assainissement. (J.O n°24/2001)
- Décret exécutif n°05-13 du 9 Janvier 2005 fixant les règles de tarification des services publics d'alimentation en eau potable et d'assainissement ainsi que les tarifs y afférents. (J.O n°05/2005)

2. Textes relatifs à la lutte contre la pollution des eaux :

- Décret exécutif n°93-160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels. (J.O n°46/1993)
- Décret exécutif n°93-163 du 10 Juillet 1993 portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielle. (J.O n°46/1993)
- Décret exécutif n°09-209 du 11 Juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autre que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration. (J.O n°36/2009).

3. Textes relatifs à la lutte contre les maladies à transmission hydrique :

- Arrêté interministériel du 26 Mai 1996 portant création, organisation et fonctionnement du Comité National de Lutte Contre les Maladies à Transmission hydrique (14 articles).

Paramètres	Normes	Unités
Température	30	°C
PH	6.5-8.5	
DBO ₅	30	Mg d'O ₂ /L
DCO	90	Mg d'O ₂ /L
MES	30	Mg/L
Phosphates	2	Mg/L
Azote totale	50	Mg/L
Hydrocarbures	10	Mg/L
Huiles et Graisses	20	Mg/L
Détergents	1	Mg/L
Zinc	2	Mg/L
Chromes	0.1	Mg/L

(DEGREMENT, 1978)

Nom de la STEP	Tademaït
Date de mise en service	2006
Entreprise de réalisation	FORMHYD
Etat de fonctionnement	Fonctionnelle
Etat physique	Bon état
Procédé d'épuration	Boues activées « faible charge »
Nature des eaux épurées	Domestiques
Capacité (eq/hab)	13 000
Débit installé (m ³ /j)	1 950
Localités raccordées à la STEP	Ville de Tademaït
Impact de réalisation	Protection de la nappe phréatique de l'Oued Sébaou
Lieu de rejet des eaux usées épurées	Oued Sébaou
Superficie de l'assiette (m ²)	13 000
Qualité de l'eau entrante	
MES (mg/l)	338,3
DBO ₅ (mg/l)	349,33
DCO (mg/l)	712,25
Qualité de l'eau sortante	
MES (mg/l)	8,008
DBO ₅ (mg/l)	16,94
DCO (mg/l)	38,11

(ONA de Tizi-Ouzou, 2017)

Paramètres	unité	Indicative	Minimum	Maximum	méthode	Valeur mesurée
Ammonium	mg/l	Non	0.00	0.50	Par spectrométrie d'absorption moléculaire au salicylate de sodium	0.00
Fer total	mg/l	Oui	0.00	0.30	Spectrophotométrie d'absorption moléculaire	0.07
Nitrates	mg/l	Non	0.00	50.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	3.09
Nitrites	mg/l	Non	0.00	0.20	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.00
Oxydabilité	mg/l O ₂	Non	0.00	5.00	Détermination de l'oxydabilité au KMnO ₄ à chaud en milieu acide	4.45
Phosphore	mg/l	Oui	0.00	0.00	Par spectrométrie d'absorption moléculaire	0.00
Bactéries coliformes	n/100 ml	Non	0.00	0.00	Par filtration sur membrane	0.00
Bactéries Sulfitoréductrices (spores)	n/100 ml	Non	0.00	0.00	Par filtration sur membrane	0.00
Entérocoque (streptocoques)	n/100 ml	Non	0.00	0.00	Par filtration sur membrane	0.00
Escherichia coli	n/100 ml	Non	0.00	0.00	Par filtration sur membrane	0.00
Couleur	mg/l platine	Oui	0.00	15.00	Colorimètre au platine-cobalt	0.00
Turbidité	NTU	Oui	0.00	5.00	Néphelométrie à la formazine	0.23
Alcalinité (TAC)	mg/l en CaCO ₃	Oui	65.00	350.00	Titrimétrique	145.60
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	Non	0.00	0.00	Titrimétrique	177.63
Calcium	mg/l en Ca	Oui	0.00	200.00	Titrimétrique a l'EDTA	56.91
Chlorures	mg/l	Oui	0.00	500.00	Titrimétrique	30.35
Concentration en ions hydrogène (PH)	Unité de ph	Oui	6.50	9.00	Potentiométrique	7.55
Conductivité à 20°C	µS/cm	Oui	0.00	2800.00	Détermination par méthode électrochimique à la sonde	403.00
Dureté totale (TH)	mg/l en CaCO ₃	Oui	0.00	500.00	Par complexométrie	206.00
Magnésium	mg/l	Non	0.00	50.00	Titrimétrique a l'EDTA	15.56
Potassium	mg/l	Oui	0.00	12.00	Par spectrométrie d'émission de flamme	3.00
Résidu sec	mg/l	Non	0.00	1500.00	Détermination des résidus secs, calciné et sulfaté	255.23
Sodium	mg/l	Oui	0.00	200.00	Par spectrophotomètre à flamme	18.00
Sulfates	mg/l	Oui	0.00	400.00	Par néphélométrie	39.50
Température	°C	Oui	0.00	25.00	Mesure de la température	15.00

(ADE, juin 2017)

Tableau n°12 : Echelle d'interprétation du pH (DUCLOS, 1979).

Inférieur à 5.5	Fortement acide
De 5.5 à 6.5	Acide
De 6.5 à 6.8	Très légèrement acide
De 6.8 à 7.2	Voisin de la neutralité
De 7.2 à 7.5	Légèrement alcalin
De 7.5 à 8.5	Alcalin
Supérieur à 8.5	Fortement alcalin

Tableau n°15 : Normes d'appréciations du calcaire total du sol (BAISE, 2000).

CaCO ₃ %	<1	Non calcaire
	1 à 5	Peu calcaire
	5 à 25	Modérément calcaire
	25 à 50	Fortement calcaire
	50 à 80	Très fortement calcaire
	Plus de 80	Excessivement calcaire

Tableau n°18 : Normes d'interprétation de la matière organique (BAISE, 2000).

Taux de Matière Organique	Qualificatif
0 à 1	Extrêmement faible
1 à 1.50	Très faible
1.50 à 2.50	Faible
2.50 à 3.50	Moyen
3.50 à 4.50	Moyen élevé
4.50 à 5	Elevé
>5	Très élevé

Tableau n°22 : Classe de la qualité des sols selon l'échelle de Durand J.H. (1983).

Classe	CE en $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25°C	Qualité des sols	Effet sur le rendement
Classe I	0 à 500	Non salé	Négligeable
Classe II	500 à 1000	Légèrement salé	Diminution du rendement des cultures très sensibles au sel
Classe III	1000 à 2000	Salé	Diminution du rendement de la plus part des cultures
Classe IV	2000 à 4000	Très salé	Seules les cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant
Classe V	Plus de 4000	Extrêmement salé	Seules quelques cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant

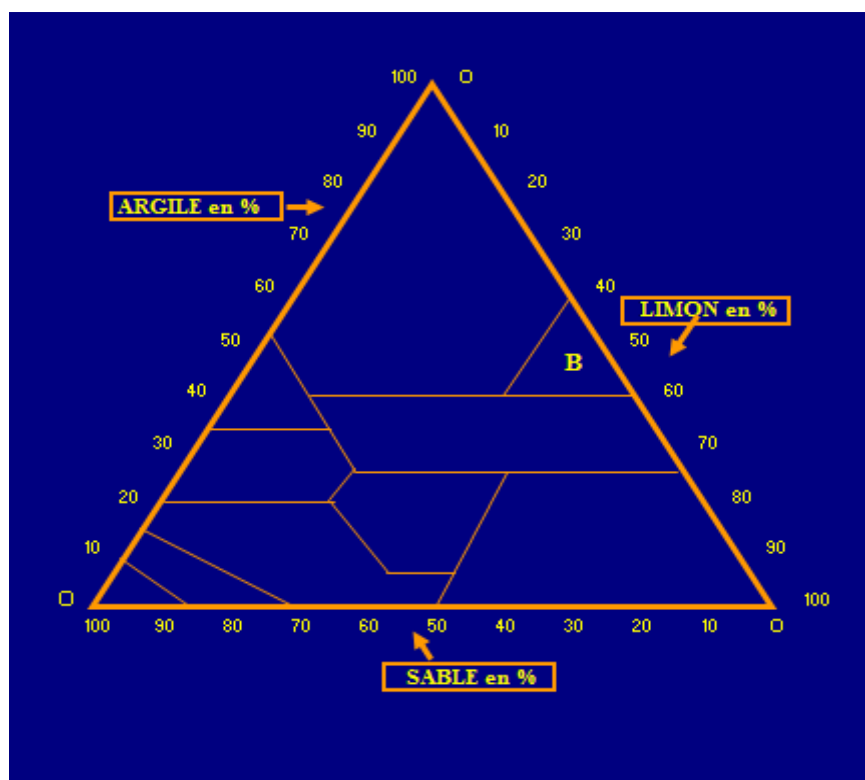


Figure n°41 : Triangle des textures

Tableau n°34 : Résultats granulométrique du sol de Boukhalfa (2017).

DONNEES	
ARGILE	43,20
Limon fin	25,75
Limon grossier	21,18
Sable fin	4,11
Sable grossier	5,76
Total	100,00

Symboles et significations	
B	Argilo - limoneuse

RESUME

Dans le but de montrer l'impact de la réutilisation des eaux usées épurées dans l'agriculture plus particulièrement sur une plante ornementale appelée la Célosie plumeuse, ou nous avons étudié les paramètres morphologiques (hauteur des tiges, nombres de feuilles et nombre de fleurs), ainsi les paramètres physico-chimiques du sol (pH, calcaire total, matière organique, conductivité électrique et humidité). Le protocole expérimental a été installé à la pépinière de Tademaït (ERGR) wilaya de Tizi-Ouzou et exécuté dans des pots d'une capacité de 3 kg de sol dans lequel est fait le repiquage des plants de la Célosie plumeuse.

Le semis a été réalisé sous serre dans des alvéoles le 19/03/2017, avec une densité de 4 graines par alvéole (le support contient 72 alvéoles), après 40 jours de semis, nous avons fait le repiquage des plants dans des pots le 29/04/2017 (10 pots pour les plantes irriguées avec des eaux usées épurées et 10 pots pour les plantes irriguées avec de l'eau potable), chaque pot contient deux plantes.

Les résultats enregistrés pour la hauteur des tiges, nombre des feuilles et le nombre des fleurs ne montrent aucune différence significative pour le facteur eau, par contre ils représentent une différence très hautement significative pour le facteur temps (le développement de la plante est proportionnelle avec le temps).

Mots clé : Célosie plumeuse, eaux usées épurées, réutilisation, sol, irrigation, Tademaït.

Abstract

In order to show the impact of the re-use of purified wastewater in agriculture, particularly on an ornamental plant called feathery Celosia, where we studied the morphological parameters (height of stems, number of leaves and number of flowers) , as well as the physico-chemical parameters of the soil (pH, total limestone, organic matter, electrical conductivity and humidity). The experimental protocol was installed at the Tademaït nursery (ERGR) wilaya in Tizi-Ouzou and carried out in pots with a capacity of 3 kg of soil in which transplanting of the plants of the feathery Célosie is carried out.

The planting was carried out in greenhouses on 19/03/2017, with a density of 4 seeds per alveolus (the support contained 72 cells), after 40 days of planting, we transplanted the plants into pots on 29/04/2017 (10 pots for plants irrigated with purified wastewater and 10 pots for plants irrigated with drinking water), each pot contains two plants.

The results recorded for the height of the stems, number of leaves and the number of the flowers show no significant difference for the water factor, on the other hand they represent a very highly significant difference for the time factor (the development of the plant is proportional with the time).

Keywords: Célosie plumeuse, purified wastewater, reuse, soil, irrigation, Tademaït.

