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

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Option : science du sol

Thème

Impact de l'irrigation par les eaux usées épurées sur la fertilité du sol sous culture de tomate industrielle

Réalisé par :

- **LARBI Samia**
- **TADJER Nassima**

Soutenu devant le jury d'examen composé de

❖ **Mme BOURBIA S.**	**M.C.A**	**U.M.M.T.O.**	**Présidente**
❖ **Mme OMOURI O.**	**M.A.A.**	**U.M.M.T.O.**	**Examinatrice**
❖ **Mme OMARI O.**	**M.A.A.**	**U.M.M.T.O.**	**Promotrice**
❖ **Mlle ISSAOUN D.**	**DOCTORANTE**	**U.M.M.T.O.**	**CO-Promotrice**

Promotion : 2020/2021

Dédicace

À ma Mère, et Ma belle-mère
A mon très chère Grand Père
À mon Père, et A Dada Hamid
Qu'aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils me comblent.
Que dieu leur procure bonne santé et longue vie
À mon chère Amour FARID
vJe tien à témoigner ma gratitude à L'Homme qui m'a soutenue tout au long de mon cursus
Pour son soutien inconditionnel à la fois moral et économique

A mon frère KACI, et A mes sœurs SADIA, NORA, DALILA & SARA tant aimés,
A mes belles sœurs, et beaux frères, A Tata Zahia

À la mémoire de mon défunt frère Hocine partie trop tôt,

A Madame TIBICHE l'exemple de bonté et de soutien, A mes camarades Ghiles, Mouha, & Zola qui m'ont aidé à soulever le point.

À toutes les personnes que je porte dans le cœur et qui se reconnaîtront car elles en font

Je vous dédie ce Modeste Mémoire en guise
De reconnaissance car vous m'êtes si
Chers que je ne peux que vous offrir ce
Que j'ai appris de mieux dans ma vie

LARBI Samia

Dédicace

Je dédie ce travail terme de respect et de reconnaissance :
A mes chères parents DJAMILA et AHMED qui m'ont soutenu et Encouragées dans toute les circonstances de ma vie que dieu vous protège et
Vous garde pour nous

A ma chère sœur WAHIBA pour ses conseil son aide et son amour
A l'amour de ma vie AREZKI pour son encouragement et son soutien et a toute la famille ELHADJEN

A mes chères frère NACER et NASSIM
A ma petite sœur adoré SIHAM

A mes chère tantes NORA, FAROUDJA, KHADIDJA, KARIMA et HAKIMA
A la mémoire de ma tante ZEHRA

A toute la famille TADJER, CHERGUI
A mes chères copines KAHINA, SABRINA et DIHIA,
A SAMIA mon amie et binôme pour cette aventure mené ensemble
A toutes les personnes qui ont contribué de prêt ou de loin a la réussite de ce travail

TADJER Nassima

REMERCIEMENT

Nous exprimons nos profondes gratitudes à l'égard de notre promotrice, Mme OMARI OUARDIA ainsi que Mlle ISSAOUN Djamila pour non seulement leurs patience, leurs disponibilité et leurs judicieux conseils qui ont contribué à alimenter notre réflexion, mais aussi pour nous avoir fait l'honneur de nous encadrer.

Nous tenons également à remercier amplement, et présenter toute notre gratitude à Mme TIBICHE.Ghnima;& Mme BOURBIA.S pour nous avoir épaulés et orientés tout le long de notre mémoire et pendant toute notre pratique.

Nous remercions l'équipe d'ingénieurs et techniciens de la STEP BOGHNI en tête « Mr CHIHAOUI » chef de la STE & « Mr BOUKHALPHA Amer » responsable du laboratoire O.N.A pour leurs aides et leurs orientation, tout au long de la réalisation de ce travail, pour leurs collaboration en nous fournissant des précises données sur l'étude.

Nous remercions ainsi les membres de jury qui ont accepté de juger ce modeste travail, en tête Mme BOURBI S. Présidente & Mme OMOURI O. d'avoir examiné notre modeste travail.

Aussi je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères au corps professoral, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Un grand merci pour Ma Mère & Ma famille, pour leurs Amour, leurs conseils et leurs soutien inconditionnel, qui m'a permit de réaliser les études que je voulais et par conséquence ce mémoire que je leurs dédie.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance et mes vifs remerciements envers mon Mari CHIBANI. F à qui je témoigne ma gratitude, aussi les ami(e)s qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Enfin, nous rendons grâce à toutes les personnes qui nous ont aidés notamment nos enseignants, familles et amis.

Sommaire

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction ……...1

Partie 1 : Etude bibliographique

Chapitre 1 : Epuration et réutilisation des eaux usées dans l'irrigation

Introduction.....3

1. Les ressources hydriques et la disponibilité en eau …….....3

1.1. Dans le monde……..3

1.2. En Algérie……4

1.3. L'hydraulique agricole…….....4

2. Les eaux usées comme ressources…….....4

3. Les efflues des eaux usées ……...…….5

3.1. Les eaux urbaines…….....5

3.2. Les eaux usées industrielles…….....5

3.3. Les eaux agricoles……....5

4. La composition des eaux usées……..6

5. Procédés d'épuration des eaux usées……..6

5.1. Les prétraitements……....6

5.2. Le traitement primaire…….……7

5.3. Les traitements secondaires…….……...6

5.4. Clarification et rejets des effluents…….....7

5.5. La désinfection……...7

5.6. Les traitements complémentaires……..……..7

5.6.1. L'élimination de l'azote……...7

5.6.2. L'élimination du phosphore…….....7

6. Normes de rejets……..…….....8

6.1. Normes internationales……...…….8

7. Valorisation et réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation……..9

7.1. Dans le monde……..…....9

7.2. En Algérie…….. 9

8. Les substances nutritives des eaux usées épurées…….....10
8.1. La charge nutritive en NPK…….…….....11
9. Les risques sanitaires des eaux usées……..…...……11

Chapitre 2 : Présentation de la tomate industrielle

1. Plante et importance de la culture……..……..…….13
2. Production mondiale, nationale et régionale……. 14
3. Intérêt de la culture de tomate…….……...14
3.1. Alimentation humaine…….…….14
3.2. Phytothérapie…..……....14
4. Exigences pédoclimatiques..……...……..15
5. Exigences de la tomate en NPK……..…….……..……...15
6. Exigences hydriques de la tomate…….……..…….……16
7.1. Morphologie de la tomate…….....…16
7.2. Biologie florale…….……..…….17
7.3. Les murissements des tomates.....17
8. Problèmes phytosanitaires et traitement biologique……...18
8.1. Diagnostics et traitements bio des maladies des tomates…….…..…….19

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

1. La région de BOGHNI…….…….. 20
1.1. Topographie et végétation……20
1.2. Climatologie…….…….20
1.3. Précipitation…….…….21
1.4. Pédologie…….…….21
1.5. Les ressource en eau de la région……...….…….21
1.6. Présentation de la station d'épuration de Boghni…….……..…22
2. Présentation de la parcelle……...……25

Chapitre 4 : Matériels et Méthodes

1. Objectif de l'essai……...……..26
2. dispositif expérimentale ……...……..……26
3. Matériel végétal …….……..26
3.1. Condition climatiques du déroulement du l'essai…….…….27
3.2. Test de germination et le semi……...……..……27

3.3. Plantation et mise en place de la culture……..…..…28
3.3.1. Préparation des pots……..…...28
3.3.2. L'irrigation de la culture…….……28
4. Paramètres étudiés…….……29
4.1. Analyse physico-chimique de l'eau……...…….29
4.1.1. Le pH eau……...…….29
4.1.2. La conductivité électrique……...……..….29
4.1.3. La turbidité……..……...…….29
4.1.4. La couleur……...…....29
4.1.5. Analyse des nitrates……...…….…29
4.1.6. Analyse des nitrites……..29
4.1.7. Analyse d'Azote Ammoniacal……..……...29
4.1.8. Analyse de phosphate……...…….30
4.1.9. La demande biochimique en oxygène des DBO…….……....30
4.1.10. Détermination de la demande chimique en Oxygène……....30
4.2. Analyse du sol…….30
4.2.1. Analyse granulométrique…….30
4.2.2. Le dosage de potassium K2O assimilable …….…….....31
4.2.3. Le dosage de phosphore assimilable P2O5……...……..31
4.2.4. Dosage de l'azote Kjeldahl……..31
5. Mesure biométrique……31
Chapitre 5 : Résultats et discussions
1. Caractérisation physico-chimique des eaux d'irrigation……...……....32
2. Caractérisation du sol……..……..34
3. Evaluation des paramètres biométriques et morphologique de la culture…….....35
3.1. Hauteur et diamètre des plants…….……...35
3.2. Nombre de feuilles par plant……..……...……...….38
3.3. Nombre de fleurs…….……..…....39
3.4. Nombre de fruits…….……..…..40
3.5. Effet sur la couleur des plants……....41
3.6. Effet des eaux usées épurées sur la fertilité du sol NPK……....41
Conclusion……....46
Références bibliographique
Annexes

Liste des abréviations

ABH : Agence de bassin hydrographique	AEP : Adduction à l'eau potable A ressources
CA : chambre de l'agriculture	CE : conductivité électrique
CO_2 : dioxyde de carbone	C* : température
DBO_5 : demande biochimique en oxygène à 5 jours	DCO : demande chimique en oxygène
DEW: direction de l'environnement de la wilaya	DRE: direction des ressources en eau
DSA: direction des services agricoles	EH: équivalent habitant
MADR : ministère de l'agriculture et du développement rural	MES : matière en suspensions
ONA: office national de l'assainissement	OMS : organisation mondiale de la santé

Liste des figures	
Figure 1. Diagramme représentant la répartition des volumes prélevés par usage (2017)	Figure 2 : le parcoure des eaux usées dans la station d'épuration
Figure 3 : la répartition mondiale des eaux usées épurées par usage en (%)	Figure 4 : la répartition mondiale de la production de tomate (1997-2007)
Figure 5 : la morphologie de la tomate	Figure 6 : le murissement de la tomate
Figure 7 : image de la ville de Boghni	Figure 8 (A) et (B) : image de Tabouret Lainsar
Figure 9 : image de Thinzar de Béni Kouffi	Figure 10 : image satellitaire de la station d'épuration Boghni
Figure 11. Les différents traitements d'épuration de la station de Boghni ; (A). Dégrillage ; (B). Dessablage ; (D). Bassin d'aération ; (C). D'huilage ; (E). Bassin de stabilisation ; (F). Clarificateur	Figure 12 : la parcelle d'étude
Figure 13 : la tomate Rio-grande	Figure 14 : la tomate VF. Roma
Figure 15 : la mise en place de la culture	Figure 16 : les étapes de dosage du phosphore assimilable
Figure 17 : teste de germination	Figure 18 : la variation de la taille des plants de tomate
Figure 19 : évolution de diamètre de la tige des deux variétés durant le cycle végétatif avec les deux traitements	Figure 20 : évolution de la hauteur des plants de tomate pour les deux variétés
Figure 23 : dénombrement des fruits aves les deux traitements d'eau	Figure 24 : effet des eaux d'irrigation sur la couleur des plants
Figure 25 : évolution de l'Azote dans le sol en fonction de la qualité d'eau d'irrigation	Figure 26 : évolution de la teneur de potassium dans le sol en fonction de la qualité d'eau d'irrigation

Liste des tableaux	
Tableau 1 : composants majeurs typique d'eaux usées domestiques	Tableau 2 : les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées
Tableau 3 : résumé de l'évaluation des risques sanitaires associés à l'utilisation d'eaux usées pour l'irrigation	Tableau 4 : diagnostic et traitements bio des maladies des tomates
Tableau 5 : donnés de base du dimensionnement des ouvrages existants	Tableau 6 : caractéristiques agronomiques des variétés utilisées (S. fiche technique)
Tableau 7: les conditions climatiques du déroulement de l'essai	Tableau 8 : le volume de l'échantillon
Tableau 9 : les composants physico-chimique des eaux d'irrigation	Tableau 10 : caractéristique physiques et chimiques du sol

INTRODUCTION

« ***Sans eau, pas de vie »***

L'eau est un facteur limitant du développement de l'agriculture, la rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accentuer avec les changements climatiques.

La gestion de l'eau est l'un des principaux axes du développement durable, dans la mesure où l'eau doit répondre aux besoins des générations actuelles et satisfaire les générations futures. L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennie Hannachi et al., 2014

L'Algérie soufre actuellement du problème de pénurie d'eau qui s'amplifie depuis des années, les précipitations sont insuffisantes et irrégulières dans le temps et dans l'espace. Le climat chaud et sec qui sévit sur la majorité du territoire national réduit également les disponibilités en eau.

Face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture en Algérie, une politique active de mobilisation des ressources en eau a été mise en œuvre, ainsi que de nouveaux instruments de gestion tels que la réutilisation des eaux usées en agriculture (Keremane, 2017).

Le potentiel de la réutilisation des EUE à des fins agricoles en Algérie évolue d'une manière significative durant l'année 2020 (ONA, 2020). Durant l'année 2019, un volume de 12.325.269 m^3 d'eau épurée a servi à l'irrigation de 11045 hectares de terres agricoles, soit un taux de la réutilisation en agriculture de 31% du volume épuré (ONA, 2019).

Cependant, en raison de l'origine et la composition de cette eau, sa réutilisation devrait être gérée d'une manière rationnelle et judicieuse, surveillée par des spécialistes dans un objectif de maitriser et de minimiser les risques sanitaires, environnementale et agronomique liés à cette pratique.

L'irrigation par les EUE, peut influencer les paramètres physico-chimiques du sol tel que sa salinité, sa structure et sa texture. L'activité biochimique et microbiologique au niveau de la rhizosphère peuvent être aussi influencées par des facteurs spécifiques relatifs à la composition des EUE.

Dans cette perspective, nous avons mené un travail expérimental pour étudier la qualité physicochimique et organique des eaux usées épurée issues de la STEP de la ville de Boghni et la possibilité de réutilisation d'eau dans l'irrigation, tout en évaluant leurs effets sur le sol et sur la croissance et le développement de deux variétés de tomates industrielles : Rio grande (*Lycopersicon*

esculentum Mill) et la variété Roma VF (*solanum lycopersycum Roma*), qui selon Argouarch et al., (2008), sont des plantes annuelles de la famille des solanacées.

L'étude comporte aussi :

- ✓ Etude granulométrique et physico-chimique du sol ;
- ✓ Evaluation et mesure de la croissance des paramètres biométriques de la culture;
- ✓ Evaluation des taux de variation des NPK dans le sol après irrigation.

Etude bibliographique

Chapitre 1

Epuration des eaux usées et leur réalisation dans l'irrigation en Algérie

I. Les ressources hydriques et la disponibilité en eau et leur diversité

1.1.Dans le monde

Qu'elle soit utilisée pour la consommation humaine, l'agriculture, transport ou la production d'énergie, l'eau est essentielle à la survie et au bien-être de l'homme et est indispensable au fonctionnement de nombreux secteurs de l'économie (Asano et al., 2007).

La répartition géographique de l'eau douce à la surface de la planète est très inégale, d'autant plus que cette disponibilité n'est généralement pas en harmonie avec la démographie des populations d'aujourd'hui (Anctil, 2008). Partout dans le monde, les ressources en eau disponibles s'amenuisent en raison des activités humaines et de facteurs naturels. L'agriculture est le secteur le plus sensible à la pénurie d'eau, comme elle est considérée comme un utilisateur résiduel de l'eau, après les secteurs domestiques et industriel. Elle est à l'origine de 70% des prélèvements mondiaux en eau (FAO, 2013).

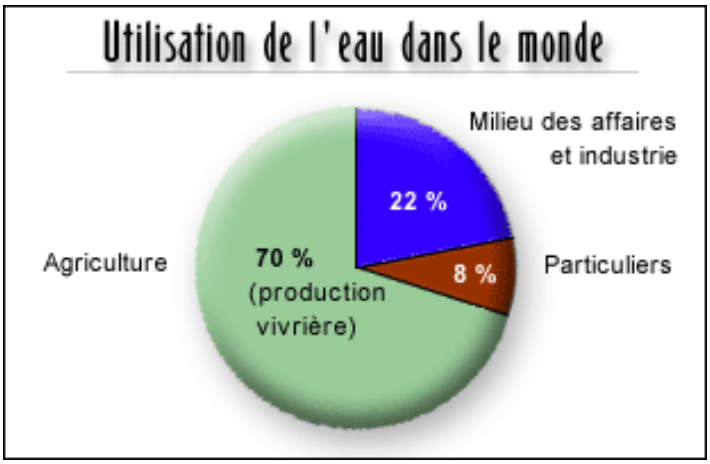


Figure 1. Diagramme représentant la répartition des volumes prélevés par usage (2017)
Source : Site du Ministère de l'Ecologie, du développement durable, des transports et du logement.

1.2.En Algérie

L'Algérie est un pays africain touché par le stresse hydrique et qui, avec une centaine de barrages (110), ne mobilise que 45109 m^3 et les sédiments y déposés sont évalués à 20106 m3/an de volume perdu. C'est un pays semi-aride, voir aride (200 à 400 mm). Les précipitations sont insuffisantes et irrégulières dans le temps et dans l'espace, c'est pour ça la gestion de l'eau est l'un des principaux axes du développement durable dans ces conditions déficitaires en ressources en eau, qui s'amplifies depuis des années. Le spectre de la sécheresse se fait sentir surtout dans la région de l'ouest du pays et cela a entrainé une forte diminution de la disponibilité en eau potable par

habitant. D'une manière générale, les eaux destinées à l'alimentation en eau potable, l'irrigation et l'industrie proviennent surtout des eaux souterraines, mais la qualité physico-chimique de cette eau dans certaines régions est le plus souvent médiocre.

1.3. L'hydraulique agricole

L'hydraulique agricole a pour objet de régulariser la quantité d'eau disponible pour les plantes cultivées en éliminant l'excès d'eau par les techniques du drainage, de l'assainissement, de l'aménagement des cours d'eau (hydraulique fluviale) et en apportant l'eau, en fonction de la consommation des plantes, par les techniques d'irrigation. A l'échelle mondiale, les superficies irriguées, les prélèvements et les consommations agricoles semblent avoir suivi une relation plutôt logarithmique avec la population au cours du 21ème siècle (Marsily, 2006). En Algérie, les superficies irriguées des grands périmètres d'irrigation sont estimées en 2011 à 228787ha (MADR, 2012)

2. les eaux usées comme ressources

La réutilisation des eaux usées apparait comme une solution alternative pour limiter la pénurie, préserver la ressource naturelle et contribuer à la gestion saine de l'eau. La plupart des activités humaines qui utilisent de l'eau produisent des eaux usée, étant donné que la demande d'eau dans son ensemble augmente, la quantité d'eau usée produites et leur charge polluante globale sont en constante augmentation dans le monde entier. Plus de 80% des eaux usées à travers le monde, et plus de 95% dans certains pays en développement, sont rejetées dans l'environnement sans traitement. Les eaux usées représentent une ressource précieuse dans un monde où l'eau douce disponible est limitée, et la demande en hausse. Le recyclage davantage les eaux usées est important, pour satisfaire les besoins d'une population en augmentation et préserver les écosystèmes (Guy Rider, l'ONU-eau, 2017).

L'objectif principal de la RUE est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant.

3. Les efflues des eaux usées

3.1. Les eaux urbaines

Elles comprennent les eaux domestique ; c'est toutes les eaux ménagères (eau de toilette, de lessive, de cuisine), et les eaux de vannes (urines et matières fécales). Ainsi les eaux de ruissellement, qui

sont toutes les eaux qui ruissellent dans les rues telles que les eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux. Ces eaux collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration.

3.2. Les eaux industrielles

les rejets résultants d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels, ils concernant les rejets des usines, les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, laboratoire d'analyses médicales, restaurant (Edline., 1979 in Yousfi., 2011). La caractérisation des eaux industrielles varient d'une usine à une autre, en plus des MO, azotées ou phosphorées, elles sont chargées de différentes substances chimiques, organiques et métalliques selon leur origine.

3.3. Les eaux agricoles

En milieu rural, les pluies provoquent le lessivage des terres agricoles, entraînant les engrais et les pesticides vers les cours d'eau ou les nappes. Elles ont un caractère fertilisant très important, chargées d'engrais nitratés et phosphatés, sous une forme ionique ruisselées dans les nappes. C'est une source de pollution négligeable (Baptiste C, 2020).

4. La composition des eaux usées

La composition des eaux usées (tableau 1**),** est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique ou urbaine) (Beaumont et al.. 2004).

Tableau 1. Composants majeurs typiques d'eaux usées domestiques.

Constituants	**Concentration (mg/l)**		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS) 1	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore1	100	50	30
Alcalinité (en CaCO3)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO_5	300	200	100

5. Procédés des traitements d'épuration des eaux usées

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement, elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de la santé publique. Pour cela une gamme de traitements est mise en place dans les stations d'épurations de ces eaux.

5.1. Les prétraitements

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage), (figure 2).

Au cours du dégrillage, les EU passent au travers d'une grille dont les barreaux retiennent les matières les plus volumineuses. Le tamisage peut compléter cette phase de prétraitement.

Le dessablage débarrasse les EU des sables et des graviers par sédimentation. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Le dégraissage vise à éliminer la présence de graisses dans les EU, il s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis éliminées (mise en décharge ou incinérées).

5.2. Le traitement primaire

Il fait appel à des procédés physiques, avec décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation-floculation. La décantation primaire, consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé « décanteur » pour former les « boues primaires ». Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspension et réduit d'environ 30 % la DBO et la DCO.

- La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable. La coagulation-floculation permet d'éliminer jusqu'à 90 % des matières en suspension et 75 % de la DBO. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif, qui provoque l'agglomération des particules en suspension. Les amas de solides ainsi obtenus sont appelés « flocs ».

5.3. Les traitements « secondaires », l'élimination biologique des matières polluantes

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les traitements biologiques reproduisent les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution.

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières organiques.

5.4. Clarification et rejet des effluents

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

5.5. La désinfection

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés lorsque les eaux traitées sont rejetées en zone de baignade ou de pisciculture.

Le chlore est le désinfectant le plus couramment utilisé. La désinfection peut également s'effectuer avec l'ozone ou le brome, voire le dioxyde de chlore.

5.6. Les traitements complémentaires

5.6.1.L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal (NH_4^+). L'élimination de (NH_4^+) est, le plus souvent obtenue grâce à des traitements biologiques, de « nitrification-dénitrification ». La nitrification consiste en une transformation, par des cultures bactériennes, de (NH_4^+) en nitrates (NO_3), une forme oxydée de l'azote. Une seconde phase, la dénitrification complète le processus. Les nitrates, sous l'action de bactéries « dénitrifiantes», sont transformés en azote gazeux qui s'échappe alors dans l'atmosphère.

5.6.2. L'élimination du phosphore

L'élimination du phosphore ou « déphosphatation », peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.

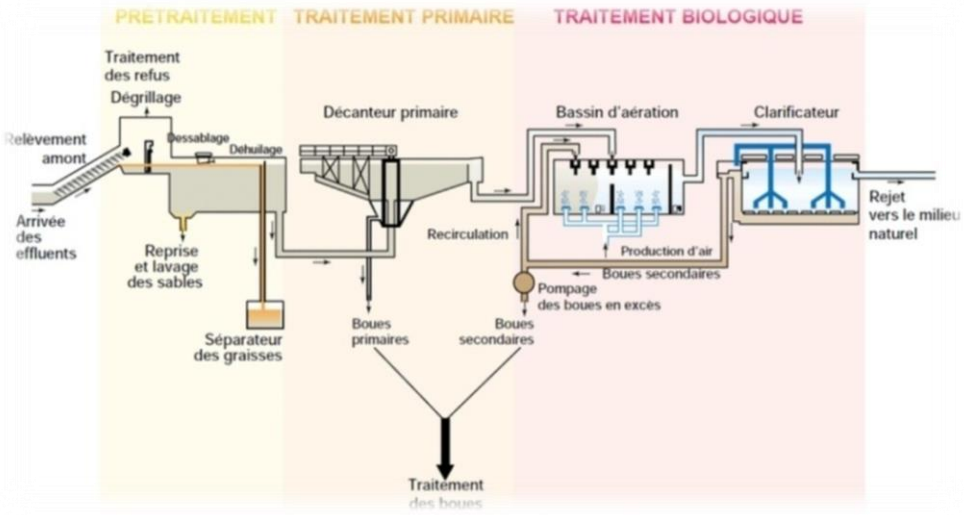


Figure 2. Le parcours des eaux usées dans la station d'épuration (source wtinternational.ma/2020/05/22)

6. Normes internationales de rejets

Les quantités maximales de matières polluantes pouvant être rejetées dans un milieu récepteur appelées normes de rejet, répondent à des lois nationales qui peuvent être adaptées localement par des textes législatifs et réglementaires qui définissent ces normes de rejets (Rejesk, 2002). La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi. Les normes internationales de rejets selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) (tableau 2), respective pour les eaux usée sont représentées dans le tableau suivant, (Ladjel.2004).

Tableau 2. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées OMS (source : OMS)

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6,5-8,5
DBO5	<30 mg/1
DCO	<90 mg/1
MES	<20 mg/1
NH+4	<0,5 mg/1
NO2	1 mg/1
NO3	<1 mg/1
P2O5	<2 mg/1
Température T	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

7. Valorisation et réutilisation des eaux usées épurée pour l'irrigation

7.1. Dans le monde

La réutilisation des EUE pour l'irrigation est une solution prometteuse et pertinente pour économiser et préserver les ressources en eau et valoriser les nutriments présents dans ces eaux. C'est aussi un défi réglementaire, sanitaire, environnemental et technique car leur recyclage est nécessaire (INRAE, 2020). Cette réutilisation des EUE est ainsi soumise à une réglementation qui s'inscrit dans une démarche constante d'amélioration. En effet, le dernier texte de loi concernant la REUE a été voté le 10 aout 2010, il reprend les différents risques liés cette réutilisation notamment dans le cadre de l'irrigation de produits de consommation.

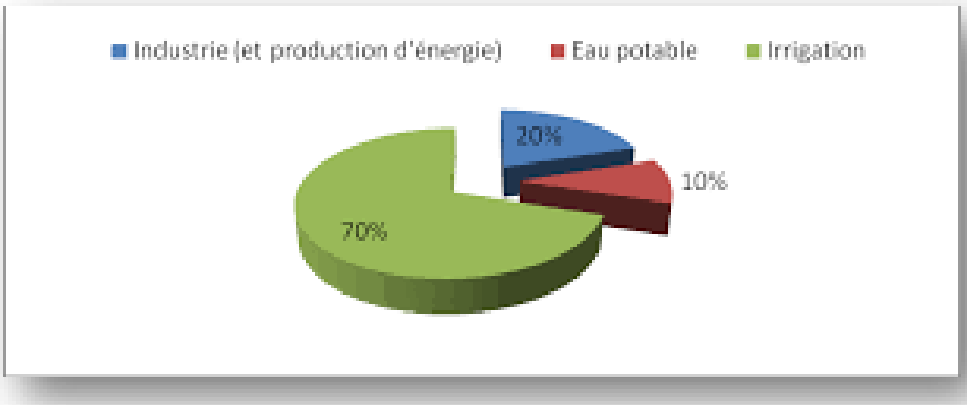


Figure 3. La répartition mondiale des eaux usées épurées par usage en (%) Source : Site du Ministère de l'Ecologie, du développement durable, des transports et du logement à abréger

Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative permettant de limiter les déficits en eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de palier aux pénuries d'eau engendrées par les changements climatiques. L'irrigation agricole était et restera le plus grand consommateur d'eau recyclée avec de nombreux avantages et bénéfices bien reconnus, notamment la contribution à la sécurité alimentaire (figure 3). Dans certains pays arides et semi-arides, l'eau recyclée fournit la plus grande partie de l'eau d'irrigation.

7.2. En Algérie

En Algérie, 60% des EUE sont rejetées soit loin des périmètres d'irrigation et des barrages, soit en mer ce qui rend leur réutilisation en irrigation peu rentable. Ainsi, seulement 240 millions de m^3

sont potentiellement utilisables en irrigation en raison de la localisation des points de rejet. Pour cela un programme de réutilisation et de modernisation d'ouvrages de traitement destinés à la REUE en irrigation à été mis en œuvre (MRE, 2004). Le but principal de cette réutilisation est d'économiser d'importantes quantités d'eau potable, et permettre de diminuer la pression de mobilisation qui s'exerce sur les nappes, et elle permet la protection de l'environnement en premier degré (www.presse-dz.com, 2012).

Cette contribution est estimée de 13,37% dans le cas de la région hydrographique Chelif Zahrez, de 21,4% dans la région de Constantine-Seybousse-Mellegue et de 34,92% dans la région Oranie Chott Chergui. La composante REUE en irrigation devient même prépondérante avec un ratio de 45%, voire 100% dans le cas du périmètre de Mléta dans la région Oranie de l'Ouest Algérien (Hartani, 2004). **7.**

Les substances nutritives des eaux usées épurées

La concentration élevée en éléments fertilisants augmente la valeur agronomique des eaux usées. Ces éléments nutritifs peuvent constituer un facteur limitant dans le cas d'un apport excessif lié à une concentration élevée ou à un apport d'eau usée important. L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le souffre, sont indispensables à la vie des végétaux, ils se trouvent dans les EUE en quantités appréciables mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation. D'une manière générale, une lame d'eau résiduaire de 100mm peut porter à l'hectare : 16 à 62kg de (N), 2 à 69kg de (k), 4 à 24kg de (P), 18 à 208kg de (Ca), 9 à 100kg de (Mg) et de 27 à 182kg de (S). Dans certaines circonstances, ces éléments peuvent être en excès par rapport aux besoins de la plante et provoquer des effets néfastes, aussi bien au niveau de la culture que des sols. L'usage des EUE en irrigation peut faire craindre un excès d'apport en NPK, cet excès se réfère d'une part aux tolérances de la végétation cultivée, et d'une autre part aux risques de pollution des nappes phréatiques sous-jacentes. Et pour cela un contrôle périodique de la quantité de nutriments présents dans les efflues est fortement recommandé pour trois raisons principales :

- L'estimation des engrais additionnels à fournir pour optimiser le rendement et la qualité des cultures ;
- Le choix du système agricole approprié pour la meilleure efficacité d'utilisation des nutriments et de l'eau ;
- La protection des eaux de surface et souterraine de la pollution par N= NO_3

7.1. La charge nutritive en NPK

La concentration en N et P dans les eaux EU secondaires peut varier sensiblement selon la source d'EU primaire et le procédé de traitement. En général, N et P sont réduits par le traitement mais la concentration en K reste approximativement identique au niveau trouvé dans l'eau usée brute.

-L'azote

Il joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes, c'est le constituant numéro un des protéines qui sont les composés fondamentaux de la matière vivante. L'excès de N, entraine l'accumulation des nitrates dans la plante (les tissus végétaux) est néfaste pour la santé du consommateur (cas des légumes foliacés : laitues, céleri, épinard…etc.) (Skiredje, 2005). La teneur en azote dans les eaux usées peut varier de 20 à plus de 100 mg / l selon les usages et le traitement de l'effluent de ces eaux (FAO, 1992).

-Le phosphore

Cet élément joue un rôle de transfert d'énergie (ATP), transmission des caractères héréditaires (Acide nucléique), photosynthèse et dégradation des glucides. C'est un élément essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité de la production, le grossissement des fruits et la maturation des graines (Skiredje, 2005). Dans l'EU après traitement secondaire il varie de 6 à 15 mg/l (15-30 mg/l P2O5) à moins qu'un traitement tertiaire l'élimine. L'évaluation de P dans l'eau usée traitée devrait être réalisée en concomitance avec les analyses du sol pour les conseils de fumure (FAO, 2003).

Selon la FAO, (1992) l'effluent des eaux usées peut contenir 5 à 50 mg/l de phosphore, selon l'alimentation et l'usage de l'eau de la population locale.

- Le potassium

Cet élément est très mobile dans la plante et est rapidement distribué dans les différents organes du végétal. Le potassium joue un rôle fondamental dans l'absorption des cations dans l'accumulation des hydrates des protéines, l'organisation de la cellule, et il est un élément de résistance des plantes au gel et à la sécheresse. Il est essentiel pour le transfert des assimilas vers les organes de réserve (bulbe et tubercule). Dans toutes les conditions de stress, l'apport de K permet de corriger les perturbations éventuelles (Skiredje, 2005).

Le potassium contenu dans l'eau usée n'occasionne pas d'effet nuisible sur les plantes, ou l'environnement. C'est un macronutriment essentiel qui affecte favorablement la fertilité du sol, le rendement des cultures et leur qualité. La concentration en K dans l'eau usée traitée secondaire varie de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l KO) (FAO, 1992).

9. les risques sanitaires des eaux usées

Les EU contiennent divers agents pathogènes, dont un grand nombre sont capables de survivre dans L'environnement (dans les EU, sur les cultures ou dans les sols) suffisamment longtemps pour être transmissibles aux hommes. Pour évaluer les risques sanitaires, on fait appel à trois types d'évaluation : une analyse chimique et microbiologique en laboratoire, études épidémiologique et évaluation quantitative des risques microbiens (tableau 3).

Tableau 3. Résumé de l'évaluation des risques sanitaires associés à l'utilisation d'eaux usées pour l'irrigation (fiche technique de tomate France)

Groupe exposé	Infestations par des helminthes	Infections bactériennes/ virales	Infections à protozoaires
Consommateurs	Risque significatif d'infestation des enfants et des adultes par des Ascaris par le biais d'eaux usées non traitées	Flambées de choléra, de typhoïde shigelloseséro positivité pour Helicobacter pylori (eaux non traitées) ; fréquence des diarrhées non spécifiques (l'eau contient plus de 104 coliformes thermotolérants/100 m)	Preuves de la présence de protozoaires parasitiques à la surface de légumes irrigués par des eaux usées, mais absence de preuve directe de la transmission de la maladie
Travailleurs agricoles et leurs familles	Risque significatif d'infestation par des Ascaris pour les enfants et les adultes en contact avec des eaux usées non traitées ; il subsiste un risque, en particulier pour les enfants, même lorsque le nombre d'œufs de nématodes par litre dans ces eaux est	Risque accru de maladie diarrhéique chez les jeunes enfants en contact avec des EU contiennent plus de 104 coliformes thermotolérants/100 ml ; risque élevé de salmonellose chez les enfants; forte séropositivité pour les norovirus chez les adultes exposés à des EU partiellement traitées	Risque d'infestation par Giardia intestinalis trouvé insignifiant en cas de contact avec des eaux usées traitées ou non traitées ; risque accru d'amibiase observé en cas de contact avec des eaux usées non traitées
Communautés proches	Transmission des Ascaris non encore étudiée dans le cas de l'irrigation par aspersion, mais observations identiques pour l'irrigation par submersion et par rigoles d'infiltration impliquant un contact important	Relation entre l'irrigation par aspersion avec de l'eau de qualité médiocre (coliformes totaux : 106 – 108 CT/100 ml) et une forte exposition à des aérosols d'une part, et une augmentation des taux d'infection ; et un accroissement du taux d'infections virales	Pas de données sur la transmission des infections à protozoaires pendant l'irrigation par aspersion avec des eaux usées

Chapitre 2 :

Présentation de la tomate industrielle

1. Plante et importance de la culture

La culture de tomate (Lycopersicon esculentum Mill), appelée aussi pomme d'or, pomme d'amour, appartient à la famille botanique des solanacées et est originaire d'Amérique du Sud (Naika et al. 2005). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544. Elle s'est propagée en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et au Moyen Orient (Wageningen, 2005).

En Algérie, les cultures utilisés sont celles du sud de l'Espagne de fait de leurs conditions qui lui sont favorables. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, s'est étendue vers le centre, notamment au littoral Algérois (Lattigui, 1984). C'est une plante annuelle dont la partie consommée est le fruit mûr, les fleurs sont parfaites émettes par la tige principale, et a ce niveau la croissance s'arrête. Ces variétés donnent une récolte élevée, mais peu étendue dans le temps. Le légume présente une bonne valeur nutritive ; il est riche en P, vitamine C et elle a une influence propice sur le fonctionnement des reins et de l'appareil digestif.

2. Production mondiale et régionale

2.1. Production mondiale

La production mondiale de la tomate progresse régulièrement passant de 64MT en 1988 à plus de 120 Mt aujourd'hui, dont 30 millions sont destinés à la transformation. Cette production a augmenté de 35% au cours des 10 dernières années et se répartit comme suit :

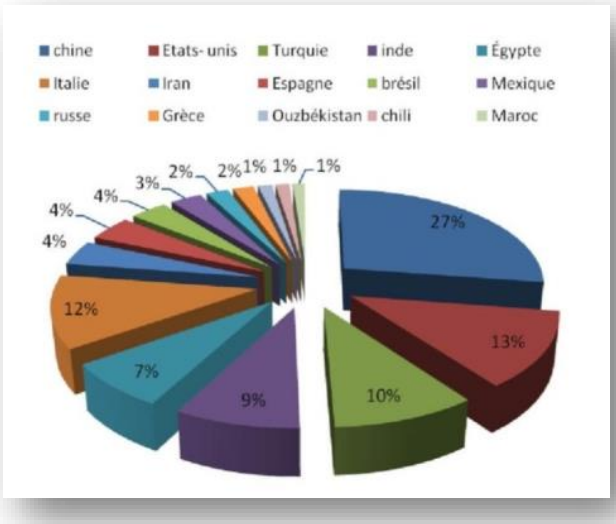


Figure 4. La répartition mondiale de la production de tomate (1997-2007) (F.A.O, 2009) .

La Méditerranée couvre 31% de la production mondiale en 2007 (figure 4). Selon les statistiques de

l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, la production mondiale de tomates s'élevait en 2007 à 126,2 MT pour une surface de 4,63 Millions d'hectares et 141 648 14 millions de kilos en 2008. En 2016, la production dépasse les 177.000 millions de kilos et en 2017, 182 301,39 millions de kilos de tomates dans le monde ont atteint un record historique de production cultivé sur une superficie de 4848384 ha **(**FAOSTAT 20020).

2.2.Production nationale et régionale

L'Algérie est en 5ème position de la production Africaine après l'Egypte, le Maroc, la Tunisie et Nigéria, et en 18ème position de la production mondiale. Les dernières statistiques montrent une augmentation de la superficie de la production de la tomate industrielle, due à la demande élevée en ce fruit. Les variétés les plus cultivées en Algérie sont : Rio Grande, El gon, Roma Vf, Sabra, Nema.

Les principales régions productrices de la tomate industrielle sont : La zone Est; représentée par les willayas d'Annaba, Taraf, Skikda, Jijel et Guelma. Plus de 90 % de la production nationale. La zone Centre; elle regroupe les willayas de Boumerdès, Tipaza, Blida, Ain defla et Chleff. La zone Ouest; y compris les willayas de Relizane, Mostaganem, Sidi-Bel-Abbès et Ain Témouchent. La zone Sud; est représentée par la wilaya d'Adrar et Biskra (ITCMI, 2014). La production réalisée par la filière tomate industrielle durant la saison agricole 2019/2020 s'élève à plus de 3,520 Mq avec un rendement estimé à 865 q/ha (DSA, 2020 wilaya de Guelma).

3. Intérêts de la culture de tomate

3.1. Alimentation humaine et valeur nutritionnelle

La tomate est un aliment diététique, majoritairement riche en eau 95% et très pauvre en calories 17 kcals pour 100 g. Elle est riche en vitamines hydrosolubles dont la principale est la vitamine C, A et E et en éléments minéraux. Glucides, 2 à 3% sont constitué principalement de fructose et de glucose. Les sels minéraux, dont la teneur dépend aussi du sol et des apports d'engrais, elles ont environ de 235mg pour 100g de potassium de tomate.

3.2. Phytothérapie

Au-delà de ses valeurs nutritionnelles, ce fruit possède des vertus médicinales diurétiques, laxatives, antioxydant et anticancéreuses. Il est peut être consommé en vue de lutter contre les troubles digestifs et à ce propos, son action sur les intestins est intéressante. Une prévention des cancers de la prostate et du sein est possible en consommant régulièrement de la tomate. Elle assure

aussi une protection du foie (2014-2021 santé doc). Selon certaines études cliniques, la tomate permet au rein de bien fonctionner, ce qui est positif contre l'hypertension. Sa teneur en lycopène lui donne la capacité de retarder le vieillissement par une hydratation parfaite de la peau et une réduction appréciable des rides. Même si la consommation habituelle de la tomate dans les repas permet de profiter de ses vertus thérapeutiques, son jus est plus conseillé dans le cadre de son usage médicale.

4. Exigences pédoclimatiques

Les tomates aiment les saisons chaudes et craignent le gel à n'importe quel stade de leur croissance. La plage de T° optimale pour la culture est comprise entre 18 et 27°C. Toutefois, avec l'introduction de variétés modernes, les tomates sont de plus en plus cultivées dans des conditions climatiques tropicales à températures plus élevées. L'humidité relative optimale des cultures se monte en général respectivement à 75% et 85% (Kheloui, 2012). La maturité varie d'environ 60 à 70 jours, elles sont sensibles aux conditions de faible luminosité, elles exigent au minimum 6H d'ensoleillement pour fleurir, en cas de grande intensité du rayonnement solaire, une coloration inégale peut apparaitre au stade de maturité. Les besoins en eau de la tomate sont estimés entre 6000 à 7000m3/ha, ils se varient selon l'époque de culture et le stade de développement.

5. Les exigences de la tomate en NPK

Les doses de fertilisants à apporter sont déterminées en fonction du rapport d'analyse chimique qui détermine les richesses et carences du sol. Ensuite, ayant pris connaissance des caractéristiques du sol, il est possible d'évaluer à titre prévisionnel les besoins de la culture et les déterminer grâce à la formule suivante :

Besoins = rendements x exportations pas unité de rendement

En moyenne, les exportations en kg/tonne de tomate produites sont :

- Azote (N) =2,5 kg/T
- Phosphate (P_2O_5) = 0,9 kg/T
- Potasse (P_2O) = 5kg/T
- Calcium (CaO) = 3 kg/T
- Magnésium (MgO) = 0,7 kg/T

Les besoins de la plante en éléments nutritifs varient en fonction du stade du cycle cultural, comme évoqué précédemment on a trois stades :

- La phase végétative où les besoins en NPK sont importants surtout en (P) le phosphore accroît le développement des racines et (K),
- La floraison à la maturation, c'est la pleine charge, à ce niveau la plante a des besoins considérables en (K), cet élément détermine aussi bien la quantité que la qualité de la récolte, et de (N) Les principaux ions azotés absorbés par la tomate sont les nitrates (NO3-), dans un milieu dépourvu de colloïdes (le sable) la plante absorbe plus vite l'ion NH4+ des sels ammoniacaux.
- En période de cueillette, il faut veiller à maintenir un bon équilibre entre les différents éléments car le système racinaire de la plante se renouvelle.

Et pour bien ajuster la fertilisation en fonction des besoins de la plante, il est fortement recommandé d'exercer un suivi agronomique et d'effectuer fréquemment des contrôles de la CE du sol, son pH et son pilotage de l'azote.

6. Exigences hydriques de la tomate

La fréquence d'arrosage est la première chose à ne pas négliger, l'irrigation en continue et fréquente doit se faire afin de préserver la vigueur des plantes et la qualité des fruits formés. Elle est aussi un bon moyen de lutter naturellement contre la pourriture apicale, les 3 phases physiologiques de la tomate nécessitent un apport différent ; de la plantation à la floraison la phase de croissance est lente et les besoins en eau sont de 25% des besoins globaux en eau, de la floraison à la maturation, la phase de croissance est rapide et les besoins en eaux sont de élevés de 50% des besoins globaux, en fin de récolte, les besoins en eau se réduisent de 25%. Le sol doit être toujours porté à sa capacité aux champs.

7. Biologie de la tomate

7.1. Morphologie de la tomate

La tomate est une espèce de plantes herbacées, largement consommée en tant que légume, même si la tomate est botaniquement un fruit (figure 5).

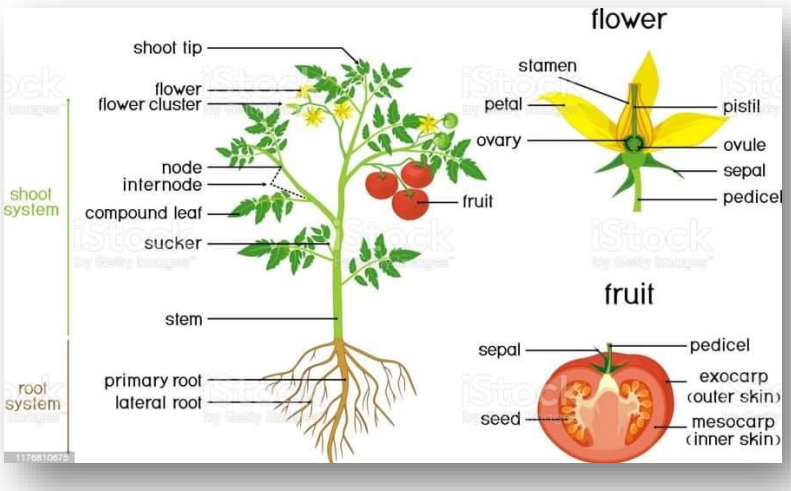


Figure 5. La morphologie de la tomate (Copyright © 2000-2021 Dreamstime)

- Son système racinaire est ramifié, très dense et du type pivotant, il peut atteindre 1m de profondeur. Sa tige est anguleuse, pubescente et épaisse au niveau des nœuds. Elle porte des poils contenant une huile essentielle donnant l'odeur caractéristique de la plante.
- Ses feuilles sont alternes, composées, imparipennées et peuvent atteindre 25cm de long. Elles possèdent également des poils comme la tige, le bord du limbe est denté.
- Ses fleurs sont réunies en cymes et sont de couleur jaune.
– Son fruit, la tomate, est une grosse baie charnue à deux loges, et la forme, la taille et la couleur peuvent varier.
- Graines, sont en forme de rein ou de poire, elles sont poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen.

7.2. Biologie florale

Les fleurs sont les organes sexuels de la tomate et elles sont hermaphrodites, petites et jaune de couleur, en forme d'étoile, elles sont groupées sur le même pédoncule en bouquet lâche de 3 à 8 fleurs (Polese, 2007). La structure de la fleur assure l'autogamie stricte, le pistil est entouré d'étamines à déhiscence introrse. Selon Toufouti (2013), la fleur est de type pentamère dont la formule florale est la suivante :

5 sépales + 5 pétales+ 5 étamines +2 carpelles.

7.3. Les mûrissement des tomates

Les tomates font partie des fruits qui peuvent murir après la cueillette, c'est des fruits climactériques. Au début du murissement, la présence d'éthylène provoque la production

d'enzymes dans la tomate qui vont provoquer la transformation de la tomate vert en tomate mur, elle change de couleur, devient tendre et sucrée et contient des aromes caractéristiques (figure 6).

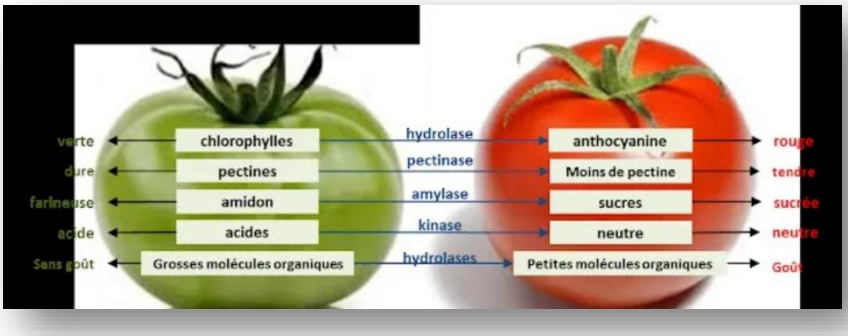


Figure 6. Le murissement de la tomate (jepensedoncjesuis.com)

8. problèmes phytosanitaires et traitement biologique

Les maladies qui affectent le plant de tomate sont surtout des maladies cryptogamiques, les méthodes de lutte préventive ont déjà été présentées plus haut pour les maladies aériennes. Les principaux ravageurs de la tomate et moyens de lutte Bio sont présentés dans le (tableau 4).

Tableau 4. Diagnostics et traitements bio des maladies des tomates

Maladies – parasites	Symptômes	Prévention - Traitements bio.
Mildiou	Marbrures jaunes sur les feuilles Les fruits présentent des zones brunes.	Prévention : pulvérisation de décoction de prèle. Traitement cuprique.
Pourriture grise (Botrytis)	Taches brunes avec présence d'un feutrage gris. Les tomates portent des pourritures molles	
Altemariose	Taches noires sur les feuilles entourées d'un cercle brun à jaune.	Prévention : pulvérisation de décoction de prèle. Traitement cuprique.
Fusariose.	Le feuillage du pied de tomate jaunit et rapidement sèche et des lésions brunes.	Prévention : n'utilisez jamais de terreau. Détruire les plantes malades car il n'y a aucun remède.
Verticilliose.	Les feuilles de la base flétrissent rapidement. Des taches jaunes à brunes selon l'avancement de la maladie apparaissent sur les feuilles. Comme pour la fusariose si l'on coupe un rameau des lésions brunes sont observables. Contrairement à la fusariose, la plante survivra.	Prévention : plantez vos tomates en terrain bien drainé. Les traitements pulvérisés contre les autres maladies courantes des tomates suffiront pour contenir sa progression, car il n'y a pas de remède réellement efficace.
"Cul noir" ou Nécrose apicale.	L'apparition de nécroses brunes au pédoncule, c'est en fait un problème physiologique lié très souvent à des arrosages copieux, mais irréguliers.	Arrosez régulièrement et modérément les tomates pour éviter le stress lors des fortes pluies d'orage.
Phytophtora - Mildiou terrestre	Collet devenant noirâtre et pourriture des racines.	Prévention : Rotation des cultures, terrain bien drainé. Il n'y a pas de remède efficace.
Mosaïque	Apparition de marbrures vert pâle et jaunes sur les feuilles qui prennent une apparence gaufrée.	Détruire rapidement la plante atteinte.
Pied noir	Apparition d'un chancre brunâtre au pied de la plante et la tige. Finalement la plante dépérit complètement.	Prévention : Rotation des cultures, terrain bien drainé. Il n'y a pas de remède efficace.

Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude

1. La région d'étude

BOGHNI est une daïra située à la wilaya de TIZI-OUZOU, l'une des régions géographiques du nord en Algérie, Située à environ 38km au sud-ouest de Tizi-Ouzou, Elle a été crée en 1920 et elle est passée au statut de daïra en 1984. Elle est délimitée du nord Daïra de Maatkas, l'ouest la Daïra de Draa El Mizan, l'est la Daïra de Oaudhia et du sud la wilaya de Brouira.

La population totale de la Daïra est de 68466 Habitants (2011), pour une superficie de 122,13Km² (figure 7).

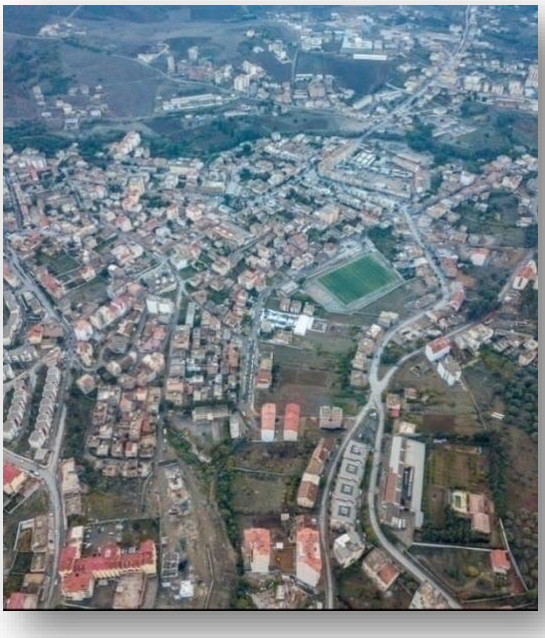


Figure 7. Image de la ville de Boghni

1.1. La Topographie et végétation

Les coordonnées géographiques de Boghni sont : 36,542° d'altitude ; 3,953° longitude et 249m d'altitudes. La région dans un rayon de 3km de Boghni est couverte par des terres cultivées (70%), des pâturages (13%) et des arbres (10%), dans un rayon de 16km par des terres cultivées (59%), des arbres (10%) et dans un rayon de 80km par des terres cultivées (36%) et de l'eau de (24%) (Darridj, 1998). Messaoudene et *al*, (2014), soulignent que les principales formations selvatiques du massif du Djurdjura sont des cédraies pures (40%), des cédraies - chênaies vertes (30%) et des chênaies vertes (13%), le reste de la surface est constitué par des formations asselvatiques (17%).

1.2. Climatologie

La région d'étude est caractérisée par un climat typiquement méditerranéen, froid et humide du mois d'octobre à mai, chaud et sec avec une sécheresse ($2,9 \leq T° \geq 30$) totale bien marquée, se prolongeant de juin à septembre.

1.3. Précipitation

A Boghni, les précipitations sont plus élevé pour les mois de décembre et janvier, diminuent progressivement à partir du mois d'avril (elles incluent 892,6 mm soit environ 84% du total pluviométrique à Tala Guilef).

1.4. Pédologie

Benmoufok (1994), discrimine selon le substratum des sols peu évolués, généralement calcimagnésiques sur roche mère calcaire et d'une faible à moyenne profondeur qui se localisent sur le versant nord.

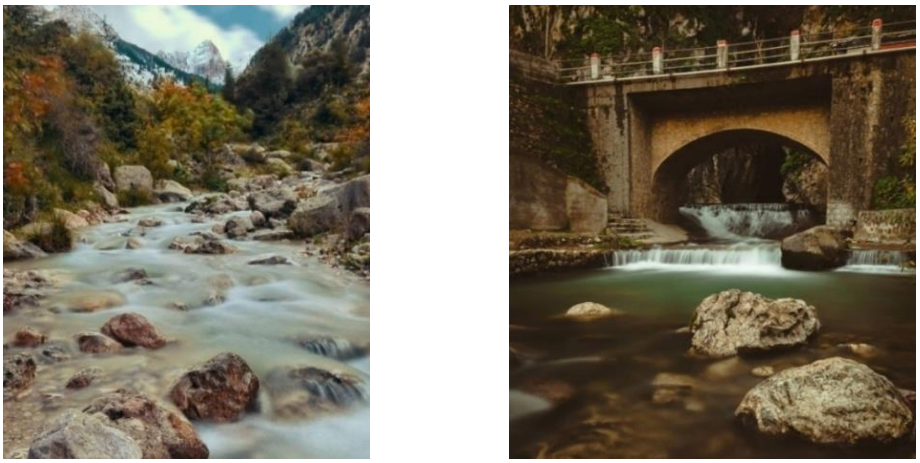
Bensaad et Belehcen (1989), in Bouhraoua, in 1992, Abdelli 2011, ont décrit pour la région de Tala Guilef des sols brun acide avec une couche importante d'humus sous les futaies de cèdres.

1.5. Les ressources en eau de la région

La région de Boghni est alimentée par de diverses sources d'eau, les plus importantes de la région sont :

- **Tala Ouguellid et Tabouret Lainsar**

Dans la commune de Mechtras à environ 35Km au sud du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou se situe Tala Ouguellid Plus haut encore environ 45Km de la wilaya à Ath Boughardan, se trouve une autre source nommée Tabouret Lainsar située au-dessus de la commune à 860 m d'altitude, dont les coordonnées lambert sont : X=619,90 Km. Y=355,20 Km. (figure 8).



(A) **(B)**

Figure 8. Les images des sources de l'eau (A) : Tabouret Lainsar et (B): Tala Ouguellid

❖ **Source de Tala Guilef (Adarchi)**

Elle est située au bord de la route menant à tala-Guilef à 1270 m d'altitude, ses coordonnées lombaires sont : X= 616,30 km. Y= 353,10 km. Elle draine les éboulis qui forment du glacier rocheux et les marno-calcaire du sénonien à la base des barres de calcaire massif du lias inférieur. Elle est aménagée son débit varie entre 2l/s et 0,2l/s (Abdessseam, 1995).

❖ **Source de Thinzar**

Elle se situe au-dessus de la piste allant d'Ighzar N'Chbel à Tala Guilef par le village des Ait Ali, dans la région du Béni Kouffi à 930 m d'altitude avec un débit moyenne annuelle du 424l/s. Ses coordonnées lombaires sont : X=586.91 Km. Y=4036.9 Km. Cette source en pleine paroi sous un porche, apparait sous forme de deux sortie (d'où son nom). C'est une source de type vauclusien pénétrable sur plus de 10 m horizontalement .Elle se termine par une vasque suivie par un puits descendant à la verticale. La paroi et formée par calcaires massif du Lias inférieur redressés à la verticale. Elle constitue le flanc droit d'un étroit défilé rectiligne orienté N30 (Abdessseam, 1995). (Figure 9).

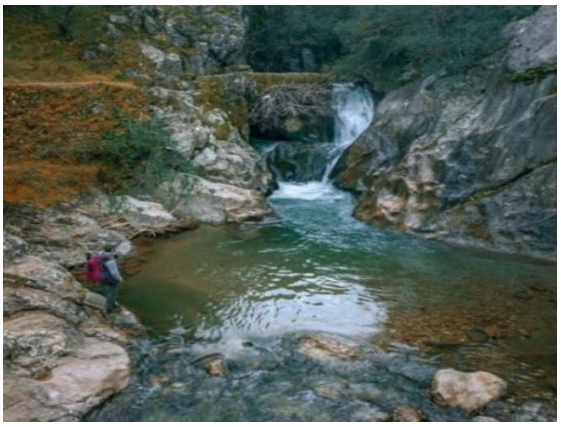


Figure 9. Image source Thinzar de Béni Kouffi

1.6. Présentation de la station d'épuration de Boghni

La station d'épuration de Boghni, traite les effluents de l'agglomération de la ville et les déverse dans l'Oued de Boghni. Cette station s'étale sur environ 1.4ha réalisée la fin des années 70 pour protéger les fourrages de la région mise en service en 2006. C'est une station de 13000Eq/ Habitant, a écoulement gravitaire et un réseau unitaire (tableau 5). La Step de Boghni, traite les eaux usées par le procédé des boues activées à faible charge avec prétraitement, traitement biologique, clarification pour la filière eau.

Tableau 5. Données de base du dimensionnement des ouvrages existants

	raccordée Population	Débit journalier	Débit moyen horaire	Débit de pointe par temps sec	Débit de pointe par temps de pluie
Unité / Jour	13000 E/H	1950 M^3	82 M^3	130 M^3	260 M^3

Figure 10. Image de la station d'épuration Boghni

Les différentes caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Boghni sont présentées ci-dessous (figure 11) :

- ❖ Le prétraitement caractérisés par :
  - ➢ Un dégrilleur automatique fin (figure 11(A)) ;
  - ➢ Un dégrilleur de secours à nettoyage manuel;
  - ➢ Dessablage (figure 11 (B)) ;
  - ➢ Déshuileur et dégraisseur (figure 11 (C)) ;

Le traitement biologique caractérisés par :

- ➢ Un bassin d'aération de volume utile (figure 11 (D)) ;
- ➢ Bassin de stabilisation (figure 11 (E)) ;
- ➢ Clarificateur (figure 11 (F)).

(A). Dégrillage

(B). Dessablage

(D). Bassin d'aération

(C). D'huilage

(E). Bassin de stabilisation

(F). Clarificateur

Figure 11. Les différents traitements d'épuration de la station de Boghni ; **(A). Dégrillage ; (B). Dessablage ; (D). Bassin d'aération ; (C). D'huilage ; (E). Bassin de stabilisation ; (F). Clarificateur.**

Partie 2 : Présentation de la parcelle

2.1. Les données de la parcelle d'étude

La parcelle de prélèvement se situe à proximité 10km àl'est de la ville de Boghni, elle est d'environ 0,25ha, l'échantillonnage a été fait aléatoirement, sur une profondeur comprise entre 25-30cm à l'aide d'une pelle (figure 12). C'est une parcelle non labourée et non amandée.

Figure 12. La parcelle d'étude (Boghni)

Chapitre 4 : Matériel et méthodes

1. Objectif de l'essai

L'objectif du présent travail est de déterminer l'effet fertilisant des eaux usées épurées de la ville de Boghni sur la croissance et l'évolution des cultures mises en place (tomates industrielles variété Roma. Vf et Rio-grande) ainsi leur impact sur le sol comparativement à l'irrigation avec l'eau de source de la même région, sans apport de fertilisants.

2. Dispositif expérimental

L'expérimentation a été mise en place au niveau de la station d'épuration O.N.A. de Boghni, le sol utilisé a été prélevé sur différents points dans une parcelle d'environ 0.25ha. Les échantillons on été mélangé pour former un échantillon composite représentatif, avec lequel on a remplit les pots.

3. Matériel végétal

L'étude a été portée sur deux variétés de tomate industrielle Rio grande et Roma. Vf, qui appartient à L'Espèce *Lycopersicon esculentum* Mill, la famille des Solanacées originaire d'Amérique. Se sont des variétés à mi saison, grande fécondité (Argouarch et *al.*, 2008). Les plants sont petits, ne poussent pas au dessus de 80cm, les fruits rouges allongés poussent en grappe, sa chair est ferme, douce et contient peu d'eau. De culture aisée, la tomate Roma VF peut se conduire sans taille ni tuteur. Selon Chelha (2001), elle est la variété la plus utilisées en Algérie (figure 13 ; 14) et (tableau 6).

Figure 13. la tomate Rio grande

Figure 14. la tomate VF. Roma

Tableau 6. Caractéristiques agronomiques des variétés utilisées (S. fiche technique tomate)

CARACTÉRISTIQUES	VALEURS
T° de germination	20 à 25 °C
Particularité	Résistance aux maladies
Levée des graines	7 à 10 jours
Contenant semis	en godet
Technique de semis	en poquet
Calibre	Moyen
Cycle de vie	Annuelle
Port de la plante	Indéterminé
Label	Agriculture biologique
Sol	Tous types de sol
Type	Semences reproductibles

3.2. Conditions climatiques du déroulement de l'essai

Notre essai s'est déroulé dans des conditions climatiques similaires à celles recommandées pour une bonne conduite de la culture de la tomate (tableau 7).

Tableau 7. Les conditions climatiques du déroulement du l'essai (Step Boghni)

Conditions	NÉCESSAIRE
La T° optimal de croissance	29C°
La T° minimal sol	18C°
La T° eau	17° 19C°
Précipitation moyenne	53,6 mm
Nombre de jours de précipitation	3
Humidité relative	16%

3.3. Test de germination et semi

Le semis a été réalisé le 28 février 2021. Les graines de la tomate Rio grande et Roma. Vf ont été mis dans des plateaux de 35cm sur 60 (77 alvéoles chacun) à raison de 3 graines / alvéole remplie

de la tourbe. Arrosage par pulvérisation jusqu'à la levé, à une T° d'environ 20° C. La germination a pris 5 à 14 jours.

3.4. Plantation et mise en place de la culture

3.4.1. Préparation des pots

Pour la plantation, les pots ont été remplis avec un peu de graviers comme première couche permettant le drainage et environ 4Kg de sol (figue 15).

Figure 15. La mise en place de la culture

3.4.2. L'irrigation de la culture

L'irrigation était continue durant le cycle cultural de façon à garder le sol toujours à sa capacité au champ. La dose retenue était d'environ 2l/plant chaque deux jours pour le mois de Mai et 3 à 4 litre / deux jours durant le mois de juin jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Pendant l'essai un calendrier d'irrigation à été effectué (tableau 8).

Tableau 8. Calendrier d'irrigation pendant l'essai

MAI 2021

L	M	M	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

JUIN 2021

L	M	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Rouge : jours sans irrigation

Bleu : jours avec irrigation

2. Paramètres étudiés

2.1. L'analyse physico-chimique de l'eau

2.1.1 Le pH eau

Le pH eau traduit la concentration en ions [H_3O^+] dans l'eau et met en évidence les caractéristiques chimiques présentes dans l'échantillon et nous renseigne sur les déversements anormaux des rejets acide ou basique. La mesure du pH est réalisée par une méthode Potentiomètrique en mesurant la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence.

2.1.2 La conductivité électrique

La mesure de la conductivité est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre deux électrodes métalliques, permettant d'évaluer la minéralisation globale de l'eau.

2.1.3. La turbidité

La mesure de la turbidité se fait par comparaison de la lumière diffusée et de la lumière transmise dans l'échantillon d'eau et par une gamme étalon, permettant ainsi la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes.

2.1.4. La couleur

Cette analyse consiste à la détermination de l'intensité de la couleur brun jaunâtre d'un échantillon par comparaison visuelle avec une série de solutions étalons. La couleur est exprimée en mg/l représentant l'intensité de la couleur produite par les solutions étalons.

2.1.5. Analyse des Nitrate NO_3^- (mg/l)

Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. La détermination et le dosage des nitrates se fait par spectrophotométrie avec une longueur d'onde de 500nm, après avoir ajouté le nitra vert5 sur une prise d'essaie de 25ml.

2.1.6. Analyse de Nitrite NO_2^- (mg/l)

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante avec Nitra vert 3. le dosage a été réalisé par spectrophotométrie d'absorption avec une longueur d'onde de 507nm.

2.1.7. Analyse d'Azote Ammoniacal (mg/l)

Dans une eau, l'azote ammoniacal traduit un processus de dégradation incomplète de la MO, la méthode de détermination se fait par une réaction colorée par l'effet de salicylate et les Cyanurâtes, et d'un dosage en spectrophotométrie d'absorption moléculaire avec une longueur d'onde de 655nm.

2.1.8. Analyse de Phosphate « ORTHO »

Le phosphore total est dosé après minéralisation de l'échantillon par passage sur un spectrophotomètre d'émission, Chaque fraction peut être séparée analytiquement en ortho phosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique en ajoutant des pastilles de phosphore vert 3.

2.1.9. La demande biochimique en oxygène DBO (mg/l d'O_2)

C'est un moyen d'étude des phénomènes naturels de dégradation des MO, consiste à maintenir une concentration en oxygène dans les bassins d'aération entre 0,5 et 2mg/l, afin d'assurer aux micro-organismes des conditions satisfaisantes. Ce test permit une détermination de la quantité d'oxygène consommée dans des conditions de l'essai après une incubation durant 5jours à 20°C et dans l'obscurité (tableau 8).

Tableau 8. Le volume d'échantillon prélevé selon l'échelle de mesure

Volume échantillon	Echelle de mesure
100 ml	0-1000 mg O2/L
150 ml	0-600 mg O2/L
250 ml	0-250 mg O2/L
400 ml	0-90 mg O2/L

(Source (ONA))

2.1.10. Détermination de la demande chimique en Oxygène (DCO)

Cette mesure correspond à une estimation des matières oxydables présente dans l'eau, quelque soit leur origine organique ou minérale. Certaines MOS sont oxydées par du dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acide et en présence de catalyseur, on procède ensuite au titrage de l'excès de dichromate de potassium avec une solution titrée de sulfate de Fer et d'ammonium. Passer ensuite à la lecture au spectrophotomètre à 420nm pour DCOL et à 620nm pour DCOH.

2.2. Analyse du sol

2.2.1. L'analyse Granulométrique

L'analyse granulométrique d'un sol, consiste à déterminer la proportion des diverses classes de tailles des particules, soit sable, limon et argiles (Damay Et Julien, 1995 *In* Medjelekh D., 2006). Le prélèvement des argiles et des limons fins a été effectué à l'aide de la pipette de Robinson, après destruction de la MO avec l'eau oxygénée et la dispersion des particules avec l'hexametaphosphate de sodium. Tandis que les sables fins et grossier ont été récupérés par tamisage et les limons grossiers ont été déduis par différence (Oumerzouk et Bouharas, 1993). La texture correspondante a été déterminée à partir du triangle textural de l'USDA.

2.2.3. Le dosage du potassium K_2O assimilable

La terre est mise en contact avec une solution d'acétate d'ammonium, suivant la méthode Metson, l'extrait obtenu est dosé par spectrométrie d'émission atomique par plasma induit (ICP) déterminer ainsi la valeur de K.

2.2.4. Dosage du phosphore assimilable P_2O_5 :

Le dosage du phosphore extrait s'effectue par colorimétrie au spectrocolorimètrie à 660nm, par la méthode d'OLSEN. Elle utilise un réactif constitué de NaHCO3, à 0,5N tamponnée à pH 8,5 par Noah, après développement de la coloration d'un complexe phosphomolybdique et en présence d'acide ascorbique qui sous effet de chaleur développe une couleur bleue selon le protocole décrit par Duval (figure 16).

Figure 16. Les étapes du dosage du phosphore assimilable

2.2.5. Dosage de l'azote Kjeldahl

L'azote a été déterminé par la méthode Kjeldahl. La minéralisation à l'acide sulfurique et un catalyseur, pour l'extraction d'ammoniac, qui est ensuite déplacé par la soude, distillé par entrainement de vapeur d'eau. Les ions ammonium ont été récupérés dans l'acide borique puis titrés avec de l'acide chlorhydrique N/20, C'est l'étape de distillation.

2.2.6. Mesure biométriques

Pendant le cycle végétatif nous avons comparé la croissance et le développement des plants de tomates irrigués avec les deux qualités d'eau, par le suivi des paramètres morphologiques et biométriques tel le diamètre de la tige (cm), la hauteur des plants (cm), le nombre de feuilles entièrement développées, ainsi la couleur. Le suivie de la culture à été commencer dès le repiquage.

Chapitre 5 : Résultats et discussion

1. Caractérisation physicochimique des eaux d'irrigation

Les effluents des EUE et les ES appliquées à l'irrigation avaient une réaction alcaline, les valeurs de pH mesuré pour les deux qualités d'eau se situe entre 7.85 et 8.5 pour EUE et ES respectivement (tableau 9).

Ces valeurs sont conformes aux normes des rejets algérien JORA (2012) et OMS (1989) comprissent entre 6.5<pH<8.5, les valeurs du pH recommandées ne représentent aucun danger ni pour le sol ni pour les cultures. Un pH élevé correspond à une eau calcaire souillée par des matières organiques, ne contient pas assez de CO_2, l'eau donc est dite eau incrustante.

La conductivité est considérée comme l'un des critères de choix pour juger l'aptitude d'une eau à un usage agricole. L'analyse des eaux montre que les valeurs de la CE varient de 996 à 2610 µs/cm pour ES et EUE respectivement, Ces valeurs sont conformes aux normes des eaux destinées à l'irrigation (<3000 µs/cm) de l'OMS (1989) et JORA (2012). Selon Samake (2002) des valeurs moyennes de conductivité des EUE traitées dépassent 1000 µs/cm, implique que ces eaux présentent une minéralisation élevée, ceci est probablement dû à un apport massif des détergents apportés par les eaux usées domestiques (tableau 9).

Et de point de vu éléments nutritifs, les résultats obtenues montrent des valeurs supérieures à la norme des eaux épurées destinées pour l'irrigation de (l'OMS, 1989) (<50mg/l) pour l'azote.

Les valeurs de l'azote ammoniacal (NH_4^+) varient entre 00 mg/l et 14,19 mg/l pour les ES et les EUE respectivement. Les concentrations des nitrites sont comprises entre 0,141 mg/l et 0,2 mg/l respectivement pour les ES et les EUE, les valeurs des nitrites sont très faibles, de ce fait on peut déduire que le processus de nitrification est satisfaisant.

Les valeurs des nitrates (NO_3^-) obtenues après analyses, varient entre 1,29 mg/l et 12,76 mg/1, comparativement aux normes, la moyen des eaux traité est inférieures aux normes des eaux épurées destinées pour l'irrigation de (l'OMS <50 mg/1) et de (JORA<30).

La concentration de l'orthophosphate oscille entre 0,15 et 1,67mg/l, respectivement pour les ES et EUE. Ces résultats sont conformes de l'utilisation de ces eaux en irrigation et le maintien des rendements, (OMS, 1989) (<0.94 mg/l), (tableau 9).

Tableaux 9. La composition physicochimique des eaux d'irrigations

Caractéristiques	Normes EUE OMS	Valeurs eau épurée	Eau de source	Normes ES (DJURA 2012)
pH	6,5-8,5	8,5	7,85	6,5-8,5
CE	(<3000 µs/cm)	2610	996	2800
T°		23	23	25 C°
Azote NH_4	<2 mg/1	14,19	00	<0,5
Nitrate $NO3^-$	<1 mg/	12,76	1,29	50
Nitrite $NO2^-$	<1 mg/	0,141	0,2	0,1
$PO4^{3-}$	<2 mg/1	1,67	0,15	5
KMNO4	<20 mg/1	46,8	0,94	3
MES	<30 mg/1	55	0,2	25
DBO	<90 mg/1	26,8	-	
BCO		53,28	-	

2. Caractérisation du sol

Les résultats d'analyses physiques et chimiques montrent que le sol est d'une texture argilo-limoneuse, avec un pourcentage d'argile de 49,85% et un pH neutre (7,1) (la limite standard de OMS jusqu'à 8,5). La teneur en calcaire ($CaCO_3$ %) obtenue dans le sol est 14,37% (ces valeurs se situent dans la gamme (1-5%) ce qui fait que notre sol est moyennement calcaire.

Du point de vu éléments nutritifs notre sol est moyennement pauvre en éléments nutritifs majeurs avec N= 1,33 ; P= 3,991 ppm ; K= 0,19 meq/100g et en matière organique (tableau 10).

Tableau 10. Caractéristiques physiques et chimiques du sol

Caractéristiques physico-chimiques	Résultats	Observations
Argile (%)	49 ,85	
Limon F (%)	20,63	
Limon G (%)	15,39	
Sable F (%)	7,07	Sol argilo-limoneux
Sable G (%	7,06	
Matière organique (%)	1,34	Sol pauvre en MO
Azote N	1,33 meq/100g	Sol très pauvre en azote
Potassium K^+	0,19 meq/100g	0,5< K <1 sol riche
Phosphore P (ppm)	3,991 ppm	5< p <10 sol pauvre
C.E	17,9 ds /m	Sol moyennement élevé
pH	7,1	6,8 pH>7,7 sol peu alcalin
Ca CO_3 total (%)	6,7	Sol moyennement calcaire

3. Evaluation des paramètres biométriques et morphologique de la culture

Le test de germination des deux variétés de la tomate a révélé une germination de 70% donc les graines des deux cultures sont de bonne qualité (figure 18).

Figure 17. Test de germination

3.1. Hauteur et diamètre des plants

- **Hauteur**

La tendance de la croissance en hauteur des plants de tomate est similaire pour tous les traitements (Figure 19 et 20). Les courbes de croissance en hauteur des tiges présentent trois phases à savoir une phase de croissance lente entre 15 et 30 jours après repiquage, suivie d'une phase de croissance rapide entre 30 et 45 jours. À partir de 45 jours jusqu'à 65 jours, une dernière phase stationnaire est notée pour les deux traitements.

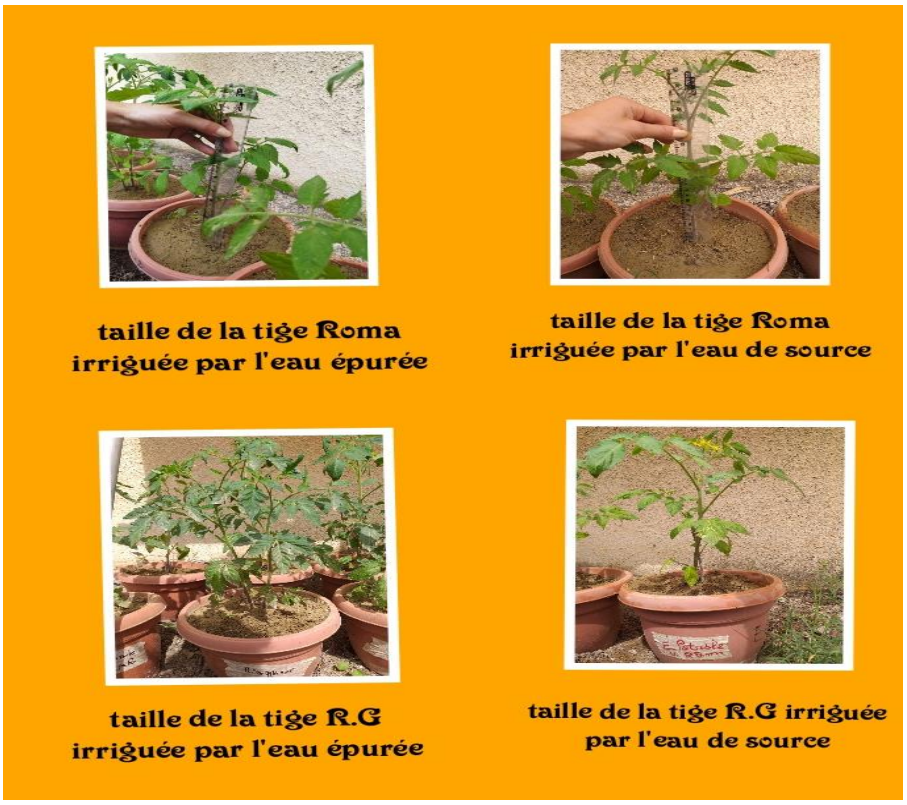


Figure 19. La variation de la taille des plants de tomate

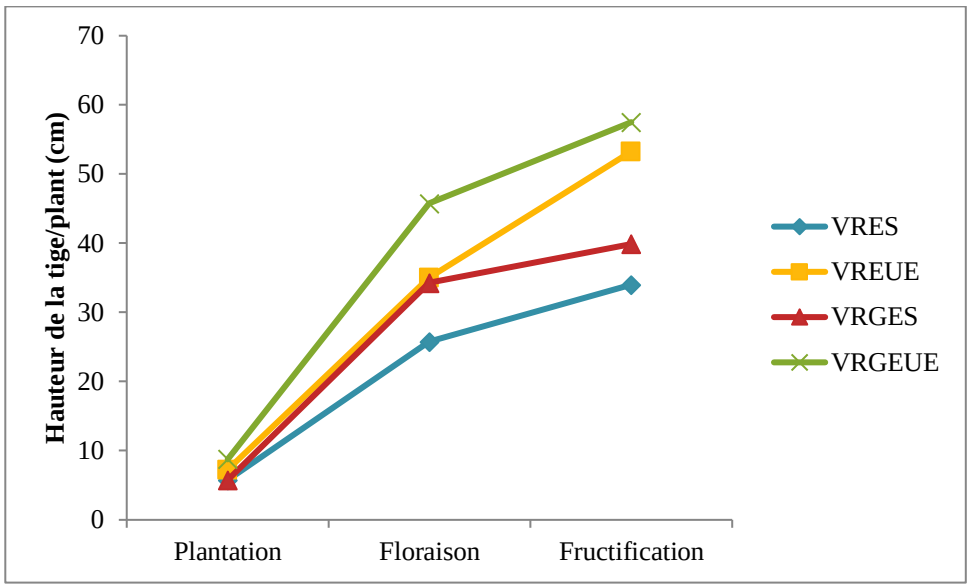


Figure 20. Evolution de la hauteur des plants de tomate pour les deux variétés

On observe une évolution croissante des hauteurs des plants selon des rythmes variétale en fonction des eaux d'irrigation pendant les trois stades (figure 19). Les cultures irriguées avec EUE ont montré une meilleure croissance en hauteur que celles irriguées par ES, ce qui explique que la qualité de l'eau d'irrigation a eu un impact significatif sur la hauteur des plantes. Cette conclusion est confirmée par l'analyse de variance

L'analyse statistique p =0.42737 obtenue, atteste qu'il n y a une différence statistiquement significative entre les moyennes des hauteurs de plants irrigués avec les EUE. Néanmoins, une augmentation chez la variété Rio-grande qui a atteint 60cm de sa taille, que VF. Roma qui a atteint 56cm, cette diminution est probablement due aux flétrissements des anciennes feuilles voir sa texture argileuse, et l'effet colmatant des EUE.

Selon des expériences parallèles, certains auteurs ont montré des résultats similaires. Castro et al., (2011), Cirelli et al., (2012), Dagianta et al., (2014) et Kim et al., (2014) ont observé que les cultures de tomates irriguées avec des eaux usées traitées produisaient des plantes plus hautes que celles cultivées uniquement avec de l'eau douce. Cette différence des hauteurs, est peut être expliquée par une capacité génétique de production plus élevé pour la variété Rio grande que VF. Roma ce qui réduit modérément la hauteur des plants au stade floraison. Elfanssi et al., (2018) ont constaté que la meilleure croissance moyenne avait été observée avec l'irrigation par les eaux usées traitées pendant le cycle végétatif de culture de la luzerne, alors qu'une faible croissance avait été constatée avec les traitements d'irrigation avec de l'eau de puits.

Ben Said et al., (2017), la culture de T. latifolia irriguée avec EUE ont montré une meilleure croissance pendant les deux cycles de croissance que celles irriguées par EC, dans les deux cycles de croissance, la qualité de l'eau d'irrigation a eu un impact significatif sur la hauteur des plantes.

- **Diamètre**

Le diamètre des tiges de tomate diffère significativement entre les traitements et par variétés cultivés, à 45 jours après repiquage (Figure 22). Il varie entre 1,8 ± 0,5 cm chez la variété irrigué avec l'eau douce et 2,4 ± 0,5 cm pour les plants irrigués avec l'eau épurée et pour les deux variétés étudiés (figue 21).

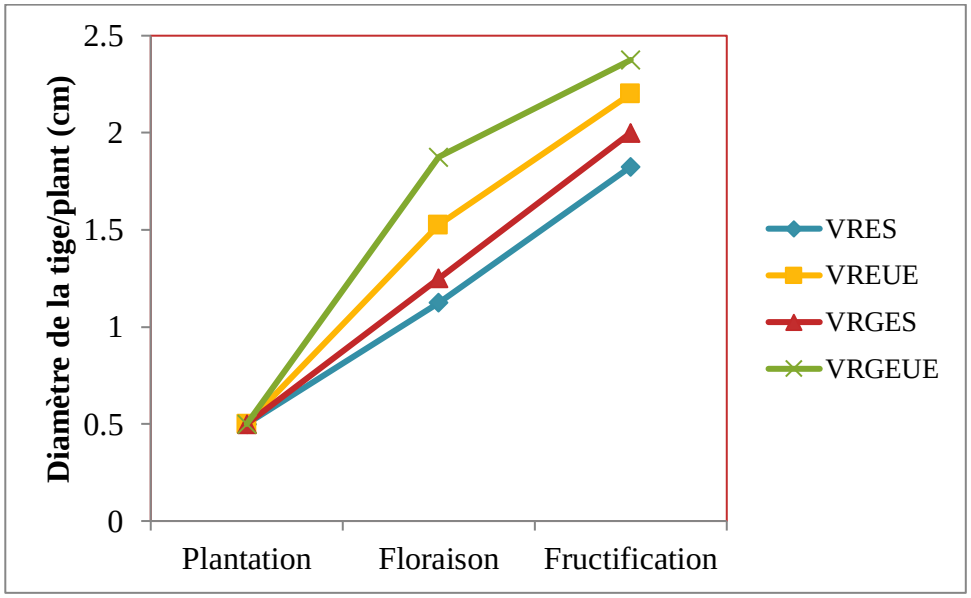


Figure 21. Evolution du diamètre de la tige des deux variétés durant le cycle végétatif

L'analyse statistique a révélé une différence significative pour les deux varits en fonction de la qualité de l'eau d'irrigation. L'évolution était identique au début du cycle de croissance des plantes (stade de plantation), puis on observe une légère différence vers la fin du cycle végétatif (stade fructification) en fonction de la qualité d'eau d'irrigation, cette différence est marqué dans les plants de la variété Rio grande irrigués avec les EUE avec un diamètre égal 2,4cm, que celles irriguée avec l'eau de source avec un diamètre égal 2cm, comparativement à Roma. Vf dont le diamètre est presque égale avec les deux traitements (2 - 2,2cm) ;(figure 21). Cela explique que Les effluents domestiques peuvent contenir des éléments nutritifs importants pour le développement des cultures agricoles (Urbano et al, 2017).

Ben Said et al. (2017) ont montré que le diamètre des plantes de la culture de T.latifolia irriguées avec les EUE était plus grand que celui de celles irriguées par l'EC.

Dajianta et al. (2014), ont démontré que le poivron irrigué avec les EUE augmentait l'épaisseur de la tige d'une manière similaire aux plantes irriguées avec de l'eau fertilisée. L'utilisation des EUE avec la fertilisation produit des tiges plus épaisses que l'utilisation des EC. Il est important de souligner que cela ne remplace pas l'utilisation d'engrais azotés, mais seulement une partie de la quantité nécessaire au développement de la culture (Fonseca et al, 2007, Damasceno et al. 2010).

Ces effets azotés améliorent la synthèse des protéines végétales, ce qui entraîne une augmentation des niveaux de glucides et, par conséquent, une augmentation des caractères de croissance des plantes (Shaheen et al, 2007).

3.2. Nombre de feuilles par plant

Le comptage du nombre de feuilles pendant la période de l'essai, a permit de constater que les feuilles des deux variétés apparaissent avec une cadence d'environ le double par mois. De plus, la plus grande longueur de feuille a été observée chez les plants de la variété Roma. Vf irrigués avec les EUE (avec un nombre égal 118 feuilles) que chez RG.EUE (109 feuilles), tandis que les plants irriguées avec les ES étaient plus courtes notamment chez la variété VF. Roma (avec 45 feuilles VR et 74 feuilles chez RG) (figure 22).

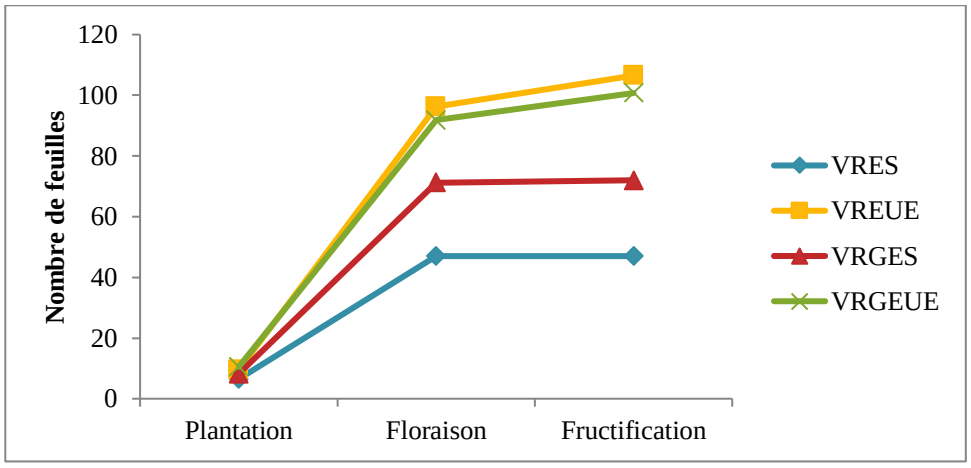


Figure 22. Evolution du nombre de feuille des deux par variétés et par traitements

Cette évolution était identique au début du cycle de croissance des plantes, puis on observe une différence à la fin du cycle végétatif en fonction de la qualité d'eau d'irrigation. Le nombre des feuilles des plantes irriguées avec des EUE est supérieur à celui des plantes irriguées avec des ES, ce qui montre que l'effet de la qualité d'eau a été important.

Des résultats similaires sur les espèces de gazon, de tomate, de poivron et de fourrage ont été rapportés par Castro et al. (2011), Cirelli et al. (2012), Dagianta et al. (2014) et Kim et al. (2014), qui ont observé que les cultures irriguées avec des eaux usées traitées produisaient le plus grand nombre de feuilles dans les deux cycles de croissance. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Oliveira et al. (2013), indiquant une augmentation du nombre de feuilles de Rosa hybrida irrigué avec EUE. Une augmentation du nombre de feuilles a également été rapportée pour Gossypium hirsutum après irrigation biologique par EUE (Alikhasi et al, 2012).

L'irrigation complémentaire par les EUE pour une culture céréalière montre que dans le cas de la culture de blé dur, la croissance et les rendements sous irrigation par les EUE sont statistiquement meilleurs que sous irrigation par les ES (Xanthoulis and Fonder, 2005).

Iqbal et al. (2015) ont montré que les plantes cultivées avec les eaux usées ont enregistré des valeurs plus élevées pour la longueur du fruit, le nombre de fruits, le nombre de graines et le rendement et fruits au moment de la récolte par rapport à celle obtenue par des eaux souterraines. Les eaux usées constituent une source riche en nutriments organiques essentiel à la croissance et au développement des plantes. Ainsi, la réutilisation des eaux usées à des fins d'irrigation sera bénéfique.

3.3. Nombre de fleurs

D'après la figure 23, on constate que le nombre de fleures dans les variétés irriguées avec des EUE est supérieur a ceux irriguées avec des ES. Cela montre que dans le nombre moyen des fleurs par plant est plus important dans les eaux épure par rapporte à l'eau de source, les eaux d'irrigations ont un effet significatif sur le nombre de fleure.

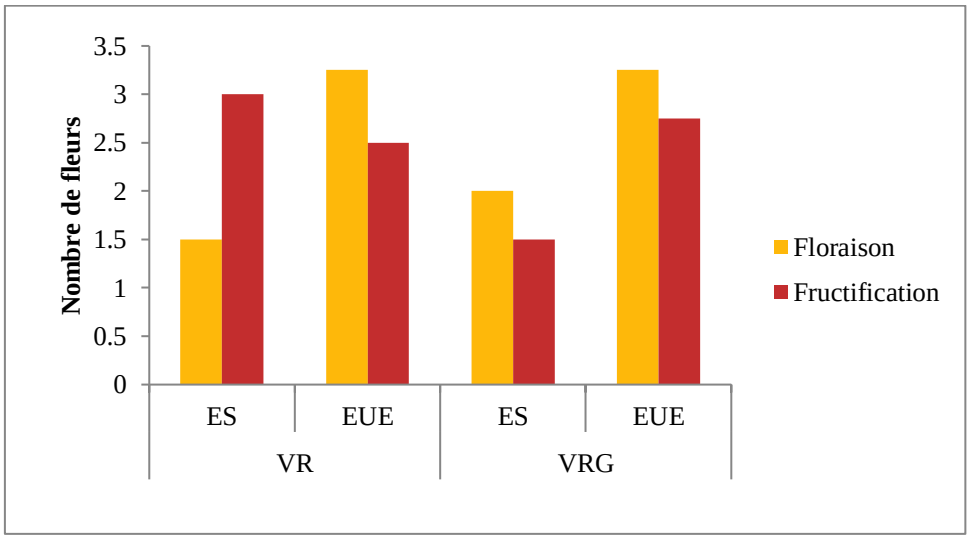


Figure 23. Dénombrement des fleurs avec les deux traitements d'eau

3.4. Nombre de fruits

Notre culture était conduite jusqu'au 4eme bouquet, Les résultats obtenus d'après la figure 24 montrent que le nombre de fruit par plant est de 2 à 4 fruit/plan pour le traitement avec les EUE pour les deux variétés RG et VR respectivement et de 2 à 3pour le traitement avec les ES. L'analyse statistique P=0.49471 traduit le fait que le meilleur traitement est celui effectué par les eaux épurées.

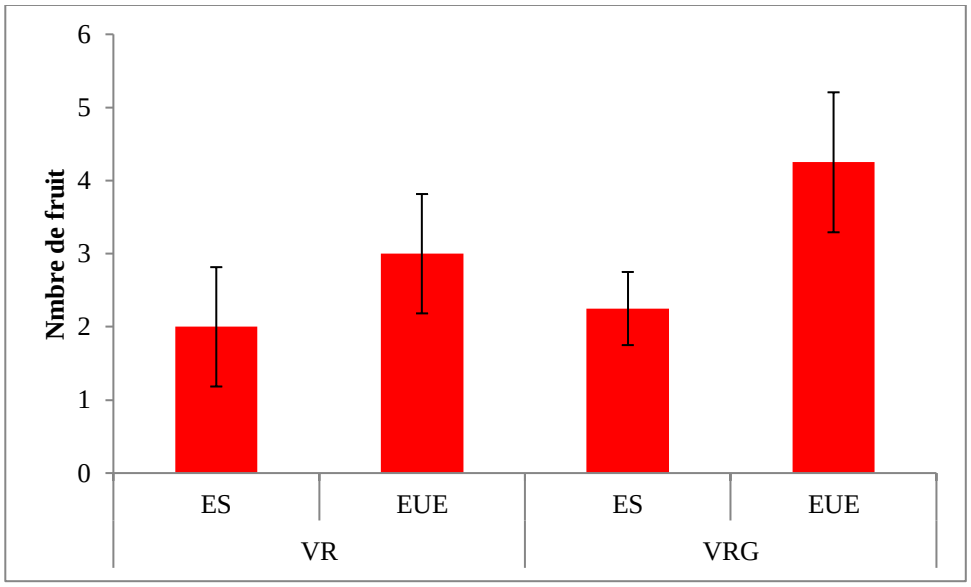


Figure 24. Dénombrement des fruits pour les deux traitements

D'après Christou et al., (2014), le nombre de fruits obtenus sur les plantes irriguées avec des eaux conventionnelles était plus élevé par rapport au nombre obtenu sur les plantes irriguées avec des eaux usées traitées, avec une différence de 123 fruits et une différence moyenne de 3 fruits/plantes. Les têtes d'artichaut obtenues avec les eaux usées secondaires et les eaux usées tertiaires étaient plus longues que celles obtenues avec les EC. Ainsi que, les diamètres des têtes d'artichaut étaient en moyenne plus élevés pour les eaux usées secondaires et les eaux usées tertiaires que pour les EC, comme observé pour les paramètres de production ; ces différences dans les paramètres morphométriques sont probablement dues à l'apport accru d'azote minéral dans les traitements des eaux usées (Gatta et al., 2016).

3.5. Effet sur la couleur des plants

La figure (25) montre une différence de couleur dans les plants des deux variétés de la tomate, et avec les deux traitements d'eaux. Une différence significative est révéler entre les teneurs moyennes des plants en chlorophylle en fonction de la qualité de l'eau d'irrigation, on remarque que chez les variétés irrigués avec les eaux usées épurées la couleur des plants est plus foncé comparativement à aux variétés irrigués avec les eaux de sources, qui appariaient plus claire et ça est peut être du a une disponibilité suffisante de l'azote dans le sol irriguée avec les EUE.

Figure 23. Effet des eaux d'irrigation sur la couleur des plants

La couleur claire qui caractérise les feuilles des plants irrigués par l'eau de source est peut être due au fait que la réserve du sol en éléments nutritifs, essentiels pour le développement du végétal ne suffit pas pour accomplir l'activité photosynthétique de ce dernier et par conséquent, une production réduite de la chlorophylle.

Elfanssi et al., (2018) ont montré que les eaux usées brutes entraînaient une réduction significative de la chlorophylle totale des plantes de la luzerne, tandis que la luzerne irriguée par les eaux usées traitées présentait une teneur en chlorophylle totale presque similaire à celle de la luzerne irriguée par EC.

3. Effet des eaux usées épurées sur la fertilité du sol

- **Azote (meq/100g de terre)**

Dans la figure (22), on remarque une légère réduction de la teneur en azote du sol par rapport au taux initial, selon les variétés et en fonction des eaux d'irrigation et pour les deux stades. La baisse

de la teneur en (N) dans les sols est de 0,2% (0,5 à 0,3%) dans le stade floraison dans les EUE et 0,2% dans les ES. Cette réduction est marqué dans les sols sous la variété Rio grand irrigué par les EUE, elle est l'indice que les plants de tomate de la variété Rio grande absorbent plus d'azote que les plants de la variété VF. Roma. Suivie d'une légère augmentation dans le stade de fructification avec un taux de 0,3 pour les EUE et 0,4 pour les ES.

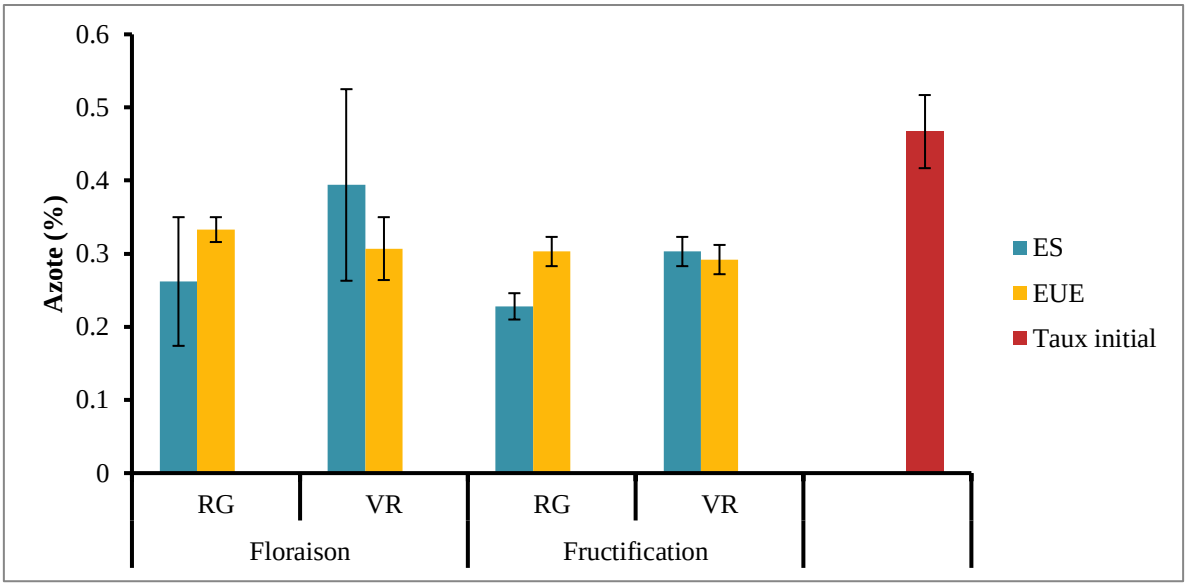


Figure 24. Évolution de l'azote dans le sol en fonction de la qualité d'eau

L'analyse statistique n'a pas révélé un résultat significatif P =0.00153 ce qui est en contradiction avec la littérature. L'irrigation à l'aide des EUE améliore les niveaux d'azote, de potassium, de phosphore et oligo-élément, fournissant ainsi une source d'éléments nutritifs dans la zone racinaire (Almukhtar et Scholz, 2016 ; Gaujegunta et al, 2017). Uzma et al., (2016) ont démontré que les effets stimulants des eaux usées traitées pouvaient être attribués à la présence de nombreux nutriments essentiels tels que N, P, K, Ca et Mg.

L'état de disponibilité de (N) dans le sol s'améliore en fonction de sa disponibilité dans l'eau d'irrigation. (Vilain, 1989) a conclue que l'azote des eaux épurées se trouve sous formes organique et ionique, dont les formes inorganiques sont immédiatement disponibles pour la plante comme dans notre cas, constitue un facteur de précocité et joue un rôle de régulateur et favorise tous les phénomènes concernant la fécondité, la mise à fruit et la maturité des organes végétatifs.
Par contre l'analyse statistique à révéler une différence significative pour l'interaction (variété/eau), la teneur en (N) varie de 0,25% pour les sols sous variété RG irriguée avec les ES à 0,35% dans les sols sous variété VR irrigué avec les ES.

Les effets de l'irrigation par les EUE sur le complexe sol-plante, démontrent dans le cas d'une culture de pomme de terre, que quelque soit la technique d'irrigation utilisée, sous un même programme de fertigation, les EUE apportent des rendements toujours supérieurs à ceux obtenus par irrigation à l'eau de nappe (Xanthoulis and Fonder, 2005).

- **Phosphore**

La figure 25 montre la variation de la teneur de P_2O_5 dans le sol en fonction des eaux d'irrigation et les stades de développement des deux variétés étudiés. Comparativement au taux initial du phosphore avant irrigation, on constate une augmentation de sa teneur dans le sol irrigué avec ES sous la variété RG pendant le stade de floraison (de 0,1 à 0,23ppm), ce qui explique que le sol a été d'abord alimenté en premier lieu, puis utilisé par la plante. Ainsi une baisse de la teneur du phosphore (de 0,1 à 0,5ppm) dans le sol irrigué avec les EUE a été remarqué pendant le stade de fructification, néanmoins dans le sol sous la variété RG que VR, ce qui est due probablement à une absorption différente du phosphore présent dans le sol par les deux variétés.

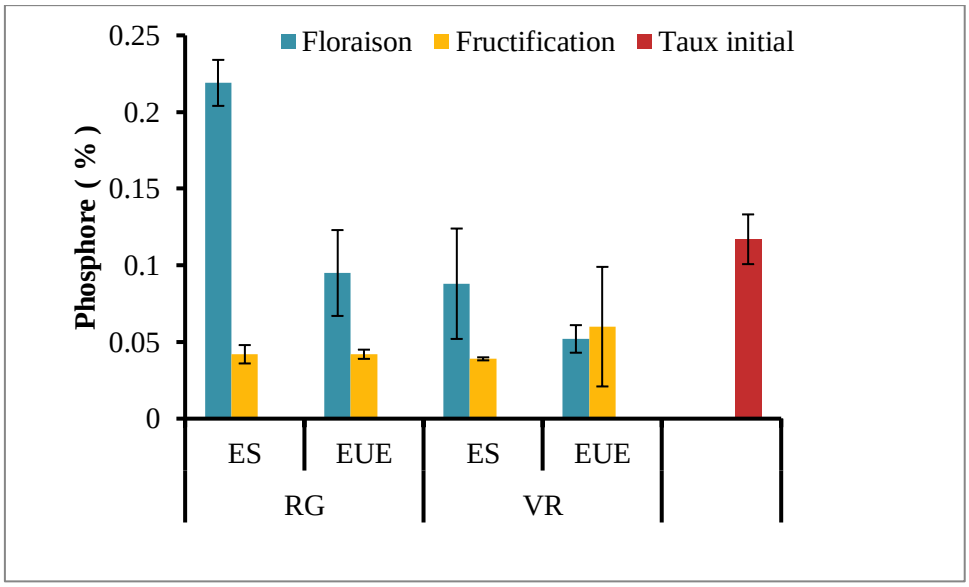


Figure 25. Évolution du phosphore assimilable dans le sol en fonction de la qualité d'eau d'irrigation

La baisse du taux de phosphore dans le sol est probablement due au prélèvement du phosphore par les racines des plantes De plus le phosphore peut être immobilisé par l'activité biologique des sols. Les éléments fertilisants, l'azote, le phosphore, ou certains oligo-éléments, sont indispensables au bon déroulement et développement de toute culture. Ils représentent cependant une charge

financière importante pour l'exploitation, qu'il convient de gérer au plus juste (Agri-Mieux, 2015)

L'apport en EUE fourni une quantité importante de matière organique, d'éléments fertilisants majeurs (N, P et K), d'éléments fertilisants secondaires (Ca, Na, Mg… etc.) et d'oligo-éléments (Fe, Cu, Ni, Zn), permettant ainsi d'améliorer les paramètres agronomiques des plantes cultivées Hbaiz et al, 2014 ; Karef et al, 2014 ; Nakib et al, 2016).

L'analyse statistique à révélé une différence significative de taux de phosphore dans les sols, varie du 0,04ppm sous VREPT2 à 0,21 sous RGEPT1. Le test de NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5% a révélé six (6) groupes homogènes (tableau 11)

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons évalué l'influence de l'irrigation avec des eaux usées épurées, en comparaison avec les eaux de sources, sur l'évolution des paramètres morphologiques et agronomiques tout au long du cycle d'une culture de tomate industriel, ainsi son effet fertilisant sur les sols.

Les résultats des paramètres physicochimiques de l'eau usée épurée montrent que cette dernière peut être utilisée en irrigation et ne présente aucun risque selon la réglementation nationale et selon les directives de DJURA (2012, 2013) et OMS (2006). Toutefois, en se basant sur les besoins nutritifs des cultures,

Les mesures destructives des tomates ont montré un effet significatif des EUE sur la croissance des tomates au cours de leurs cycles par rapport à ceux irrigués avec des ES. Les résultats obtenus, montrent que la croissance des plantes en hauteur et en diamètre à été meilleure pour les plants irrigués avec les eaux usées épurées par rapport à ceux irrigués par les eaux de source. Aussi le nombre des feuilles et de fruits à été beaucoup plus marqué avec les EUE que les ES, un effet des EUE est montré dans la partie aérienne du végétale, une différence de couleur à été marqué par les eaux d'irrigation, une couleur de vert épinard à été observer dans les plants irrigués avec les EUE, tandis qu'une couleur de vert prairie est observer dans les plants irrigués avec les ES. L'évaluation des éléments nutritifs du sol, montrent que l'irrigation par les eaux usées épurées a un effet significatif sur l'évolution de leur teneur dans le sol comparant à celles obtenues par l'irrigation par l'eau de source. La culture à consommer depuis le repiquage jusqu'à la phase stationnaire un débit de 92L, répartie par 2L chaque 1/2jour pendant le stade floraison et 4L chaque ½ pendant le stade fructification.

La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des cultures pourrait contribuer à atténuer voire réduire le déficit en eau, soutenir le secteur agricole et protéger les ressources en eau souterraines. Mais il est nécessaire de mentionner qu'une gestion appropriée et une surveillance périodique des paramètres de la qualité de l'eau, du sol et des produits agricoles sont nécessaires à cours et à long terme.

En effet, la réutilisation des eaux usées en agriculture est devenue une pratique courante dans les régions où les déficits en eau les plus prononcés, son utilisation pour l'irrigation agricole est en croissance continue. Elle fournit en agriculture de l'eau, de l'azote, du phosphore, et de la matière organique (MO) et des polluants toxiques aux sols, qui créent des opportunités et des problèmes pour la production agricole, respectivement.

De nombreuses solutions techniques permettent de répondre aux normes de réutilisation existantes, en particulier, aux directives de l'OMS pour une irrigation sans restrictions. Dans les pays où les réserves actuelles d'eau douce sont, ou seront prochainement, à la limite du niveau de survie, le recyclage des eaux usées semble être la technique alternative la plus abordable, tant au niveau financier (les traitements extensifs sont les plus adaptés) qu'au niveau technique pour les réutilisations agricoles, industrielles et urbaines ne nécessitant pas une eau de qualité potable.

Les avantages de la réutilisation et du recyclage des eaux usées sont reconnus par de nombreux pays. Ils sont inscrits dans leurs schémas directeurs de l'eau et dans leur politique nationale.

Références bibliographiques

Abdenebi N. et Boulelouah N., 2016. Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement et ses composantes du blé dur en région semi-aride. Cas de Sétif. Séminaire National problématique et enjeux de l'agriculture en Algérie du 11 Avril 2016 Tlemcen (Algérie).

Alexandre O., Boutin C., Duchêne Ph.,Lagrange C.,Lakel A.,Liénard A., Orditz D. 1998. Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. Document technique FNDAE n°22, Ed Ministère de l'agriculture et de la pêche.96 p

Agri-Mieux, 2015. Fertilisation des grandes cultures. Chambre d'agriculture de région Alsace (France) : 36 p.

Alikhasi M., Kouchakzadeh M., Baniani E., 2012. The effect of treated municipal wastewater irrigation in non-agricultural soil on cotton plant, J. Agric. Sci. Tech., 14 1357–1364.

Almuktar S.A.A.A.N. and M. Scholz, 2016. Mineral and biological contamination of soiland capsicum annuum irrigated with recycled domestic wastewater, Agric.Wat. Manage., 167 95–109.

Alvarez-Bernal, D., Contreras-Ramos, S.M., Trujillo-Tapia, N., Olalde-Portugal, V., Frias-Hernandez, J.T., et Dendooven, L. 2006. Effects of tanneries wastewater on chemical and biological soil characteristics; Applied Soil Ecology 33: pp 269–277.

ABDDLES, 2016. Fiche technique du blé dur, bases de la culture. ARVALIS – Institut du Végétal Nîmes (France): 3 p. http://www.herault.chambagri.fr/.

AL-SAYED A.A. et THMASON L.J., 1988. Meloidogyne incognita and tomato response to thiamine, ascorbic acide, L-arginine, and L-glutamic acide. J.Nematology. 20 (3): 451-456.

ARGOUARCH J., LECOMITE V. et MORIN JM., 2008. Maraichage biologique. Ed. Educagri. 267p.

BILTON R. F., 1999. Carotenoid composition and antioxidant potential subfractions of human low-density lipoprotein AF annals clinical, (1999), n°5 – 36.

BLANC D., 1986. The influence of cultural practices on the quality of production in protected cultivation with special references EO tomato production. Acta Horticulturae. 191:85-98.

Ben Said I., Mezghani I., Donyez F., Chaieb M., Muscolo A., 2017. Reclaimed municipal wastewater for forage production, Wat. Sci. Techn., 75 (8) 1784–1793

BERNSTIEN L., 1964. Salt tolerance of plants. USDA Agricultural Information Bulletin 283, pp : 23.

BOUTIN C. et al. (2019). Les zones de rejet végétalisé : analyse du fonctionnement et aide à la conception et à l'exploitation. n°22, Ed Ministère de l'agriculture et de la pêche.96 p

Castro E., Mañas P., Heras J.D.L., 2013. Effects of wastewater irrigation in soil properties and horticultural crop (lactuca sativa l.). J. Plant Nutr. 36 (1), 1659–1677

CATHRERINE RENARD et COLL., INRA, 2019. French National Institute For Agriculture, Food, And Environment (Inrae) | Inrae · Department Of Science And Process Engineering Of Agricultural Products

Cirelli G. L., Consoli S., Licciardello F., Aiello R., Giuffrida F., Leonardi C., 2012. Treated unicipal wastewater reuse in vegetable production, Agri. Wat. Manage., 104 163–170.
Conseil de l'Europe (1976). Charte européenne des sols. Revue juridique de l'Environnement, n°3-4, pp. 421-424.

Dagianta E., Goumas D., Manios Th., Tzortzakis N., 2014. The use of treated wastewater and fertigation in greenhouse pepper crop as affecting growth and fruit quality, J. Wat. Reuse Disal., 4 (2) 92–99.

Damay N. et Julien J.L., 1995. Les indicateurs du statut acido basique des sols. Station agronomique de l'Asine.

De Bon Ht. 2016. Agronomie et défense des cultures de la tomate et de l'oignon en Afrique de l'Ouest. In : Symposium International sur la Science et la Technologie. CNRST, PPAAO/WAAPP. Ouagadougou : sn. Résumé, 1 p. Symposium International sur la Science et la Technologie, Ouagadougou, Burkina Faso**.**

Elfanssi S., Ouazzani N., Mandi L., 2018. Soil properties and agro-physiological responses of alfalfa (Medicago sativa L.) irrigated by treated domestic wastewater. Agric. Water Manag. 202, 231-240.

El Yousfi L., 2013. Durabilité d'un système de cultures non conventionnel irrigué par les eaux usées traitées dans la région d'Agadir. Thèse doctorat, Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir (Maroc) : 181 p.

F.A.O., 2003. L'irrigation avec des eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage Paper, 65p.

F.A.O., 2003. L'irrigation avec les eaux usées épurées. Office International de l'Eau, 76p.

F.A.O., 2003. L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, 73 p.

F.A.O., 2007. Agriculture et rareté de l'eau approche programmatique peur l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole CoAg /2007/7, Rome, 15 p.

Featonby-Smith, B. C., et Van Staden, J. (1983). The effect of seaweed concentrates on the growth of tomato plants in nematode-infested soil. Scientia Horticulturea. 20 (2): 137-146.

Gallais A. Et Bannerot. H., (1992). Amélioration des espèces végétales cultivés objectif et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. 765p.

Ganjegunte G., Ulery A., Niu G., Wu Y., 2017. Effects of treated municipal wastewater irrigation on soil properties, switchgrass biomass production and quality under arid climate. Industrial Crops and Products, 99, 60–69.

Gatta G., Gagliardi A., Disciglio G., Lonigro A., Francavilla M., Tarantino E., Giuliani M. M., 2018. Irrigation with Treated Municipal Wastewater on Artichoke Crop: Assessment of Soil and Yield Heavy Metal Content and Human Risk. Water, 10, 255. doi:10.3390/w10030255

Gatta G., Libutti A., Beneduce L., Gagliardi A., Disciglio G., Lonigro A., Tarantino E., 2016. Reuse of treated municipal wastewater for globe artichoke irrigation: Assessment of effects on Morpho-quantitative parameters and microbial safety of yield, Scientia Horticulturae, 213 55–65.

GARABEDIAN, S., ET VAN GUNDY, S.D. 1983. Nematode control with avermectins. Journal of Nematology. 15: 503-510.

HAQ S., SIDDQUI SAXENA, S.K., ET KHAN, M.W. (1986). Affect of groundnut oil-cake and certain nematicides on the population of nematodes and fungi in the presence of tomato. Indiana journal of nematologiy. 16 (1): 109-110.

Hbaiz E.M., Ouihman E.M., Lebkiri M., Ezzarhouny D., Lebkiri A., Rifi E.H., 2014. Effet des eaux usées d´une station d'épuration sur la croissance du poivron (Capsicum annuum.L) cultivé sur deux sols différents, J. Mater. Envirn. Sci., 5 (5) 1376–1381

Iqbal Saba, Tak Hamid Iqbal, Inam Arif, Inam Akhtar, Sahay Seema Et Chalkoo Shaista, 2015. Comparative Effect of Wastewater and Groundwater Irrigation Along with Nitrogenous Fertilizer on Growth, Photosynthesis and Productivity of Chilli (Capsicum annuum L.), Journal of Plant Nutrition, 38:7, 1006-1021, DOI: 10.1080/01904167.2014.991032

Iqbal Za., Abbas F., Ibrahim M., Ayyaz M. M., Ali Sh., Mahmood A., 2019. Surveillance of heavy metals in maize grown with wastewater and their impacts on animal health in periurban

areas of multan, pakistan. Pak. J. Agri. Sci., Vol. 56 (2), 321-328.

ITGC. 2015. Céréaliculture. Revue technique et scientifique de l'institut technique des grandes cultures. Numéro 64. 1er semester.

Jones J. J., Zitter T. A., Momol T. M. & Miller S. A., 2014. *Pepino mosaic virus*. Dans *Compendium of Tomato Diseases and Pests*. 2e éd. APS Press. The American Phytopathological Society Press, St-Paul, Minnesota.

JORA., 2006. Journal Officiel de la République Algérienne.
JORA., 2012. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (41), Dimanche 25 Chaâbane 1433, Correspondant au 15 juillet 2012. Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Luca R, 2004. Modél **JORA. (2013)**. Journal Officiel de la République Algérienne.

Kim M., Lee H., Kim M., Kang D., Kim D., Kim Y., Lee S., 2014. Wastewater retreatment and reuse system for agricultural irrigation in rural villages, Wat. Sci. Tech., 70 (12) 1961–1968.

LATTIGUI A., 1984. Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée hiver sous serre non chauffée. Thèse Magister. INARL-Harrach.

LAUMONIER R., 1979. Culture légumineuse et maraichère. Tome III. Ed. Bailliére, Paris.279p. Le comportement de trois variétés de tomates industrielles. Thèse de magistère. INA d'Alger.135p.

Larhyss/Journal n° 19, Septembre 2014 GESTION ET VALORISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE HANNACHI A. 1, GHARZOULI R. 2, DJELLOULI TABET Y.3

Messaoudene M., Rabhi A., Aegdoud M. Et Sarmoum M., 2013. Etat des lieux et perspectives des cédraies algériennes .For.Médit, 34,341-346.

Morvannou A., Forquet N., 2019. Projet roseev : rôle du sol dans les zones de rejet végétalisées : devenir du phosphore et colmatage. Rapport final programmed Irstea-Onema 2016 2018.

NAIKA S., JEUDE J. V., GOFFAU M., HILMI M. et DAM V B., 2005. La culture de la tomate AD17F. Ed. Fondation Agromisa et CTA.

Nakib M., Kettab A., Berreksi A., Tebbal S., Bouanani H., 2015. Study of the fertilizing potential of the treated wastewater of the Kolea wastewater treatment plant (Algeria), Desal. Wat. Treat., 1–5.

Nassim ait-mouheb, **pierre-louis mayaux, javier mateo-sagasta, tarik hartani and bruno** Mole, book chapter: Water Reuse: a resource for Mediterranean Agriculture, in Water Resources in the Mediterranean Region book, **elsevier, 107-136 (2020).**

Oliveira-Marinho L. E., Tonetti A. L., Stefanutti R., Filho B. C., 2013. Application of reclaimed wastewater in the irrigation of rosebushes, Wat. Air Soil Poll., 224 1669–1676.

OMS, 2006. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater : Volume II Wastewater Use in Agriculture. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

OUMERZOUK A. et BOUHARAS M., 1993. Contribution à l'étude des sols et de l'assainissement agricole dans le Sud-est de la grande plaine oriental d'Annaba (secteur de Besbese, Zerirer et Ben M' Hidi). Mem. Ing. Amen. I.S.T. Uni Annaba.

PARACER S., TARJAN, A. C., ET HODGSON, L. M. (1987). Effective use of marine algal products in the management of plant-parasitic nematodes. Journal of Nematology. 19:194-200.

PARAN L. ET KNAAP E., 2007. Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits. Tomato and pepper. J. Exp. Boot, n°58, 3841-3852.

POLESE J. M., 2007. La culture des tomates - un catalogue de 72 variétés de la tomate. Ed. Artémis. 95p.

RAEMAEKERS R., 2001. Agriculture en Afrique tropicale. Direction Générale de la coopération internationale (D-2001/02/0218/1).

SINGH S. P., PANT V., KHAN A. M., ET SAXENA, S. K. (1986). Effect of sawdust with different nitrogen sources on the growth of tomato and on rhizosphere population of nematodes and fungi. Indian phytopathology. 36 (3): 417-421.

SINGH S. P., KHAN A. M., ET SAXENA S. K., 1980. Effect of watering and mode of application of oilcakes and nematicides in controlling plant nematodes. Geobios.7 (4): 145-148.

Urbano V.R., Mendonça T.G., Bastos R.G., Souza C.F., 2017. Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. Agric. Water Manag., 181, 108-115.

Urbano V.R., Mendonça T.G., Bastos R.G., Souza, C. F., 2015. Physical-chemicaleffects of irrigation with treated wastewater on Dusky Red Latosol soil. Rev.Ambient. Água., 10, 737–

Résumé

Le présent travail vise l'évaluation de l'impact de la réutilisation des Eaux Usées Epurées (EUE) de la station d'épuration de la ville de Boghni (wilaya de Tizi-Ouzou), en irrigation sur les caractéristiques physicochimiques et la réserve en NPK du sol et les caractéristiques biométriques et morphologiques de deux variétés de tomate industrielle, soumises à un régime hydrique à l'ETM. Pour cela, nous avons procédé à une série d'analyses physiques et chimiques des eaux utilisées en irrigation (EUE et ES), ainsi que le sol irrigué par ces eaux, avant, pendant et après irrigation. Les résultats obtenus, montrent que la croissance à été meilleure pour les plants irrigués avec les eaux usées épurées par rapport à ceux irrigués par les eaux de source. L'évaluation des éléments nutritifs du sol, montrent que l'irrigation par les eaux usées épurées a un effet significatif sur l'évolution de leur teneur dans le sol comparant à celles obtenues par l'irrigation à l'eau de source.

Mots clés : eau usée épurée, traitement des eaux, tomate, traitement à l'ETM, STEP de Boghni

Abstrat

The present work aims at evaluating the impact of the reuse of purified wastewater (DWW) from the wastewater treatment plant of Boghni city (wilaya of Tizi-Ouzou), in irrigation on the physicochemical characteristics of the soil, its NPK reserve and the biometric and morphological characteristics of two varieties of industrial tomato, subjected to a water regime with TME. For this purpose we carried out a series of physical and chemical analyses of the two qualities of water used in irrigation, as well as the soil irrigated by these waters, before, during and after irrigation. The results obtained show that the growth was better for the plants irrigated with purified wastewater compared to those irrigated with spring water. The evaluation of soil nutrients, show that the irrigation with purified wastewater has a significant effect on the evolution of their content in the soil compared to those obtained by irrigation with spring water.

Key words: purified wastewater, water treatment, tomato, ETM treatment, Boghni WWT