

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES
ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire

de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master
En sciences agronomiques
Spécialité
Eau et Environnement

Thème

**Essais de germination des graines de
caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) par
l'utilisation des effluents secondaires de
la STEP Est de Tizi-Ouzou.**

Présenté par :

M^{elle} SAHNOUN Sabrina

&

M^{elle} GUERRAH Ferial

Soutenu publiquement, devant le jury d'examen composé de :

Président :	Mr SMAIL A.	MCB	U.M.M.T.O.
Promoteur :	Mr METAHRI M.S.	MCA	U.M.M.T.O.
Co promotrice:	Melle BELMIHOUB N.	Doctorante	U.M.M.T.O.
Examinatrice 1 :	Mme BOUZID M.	Doctorante	U.M.M.T.O.
Examinatrice 2 :	Mme AISSAOUI D.	Doctorante	U.M.M.T.O.

Promotion : 2018/2019



Dédicaces

À mes très chers parents,

À mes adorables frères Yacine et Sid Ali et ma chère sœur Nesrine

*Aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimée
mon affection, ma reconnaissance, ma gratitude, mon respect le plus
profond et tout l'amour que je vous porte.*

Je vous souhaite tous le bonheur, et que Dieu vous garde,

À mes chers oncles et tantes en particulier tante Lila

À la mémoire de ma grand-mère et mes grands-pères

*À mes meilleures amies et sœurs Sabrina, Fatma et Fatima et mon
binôme Feriel - Lamia en souvenir de notre sincère profonde amitié et
les moments agréables que nous avons passé ensemble.*

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

*Je vous dédie ce travail 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.*

Merci d'être toujours là pour moi

Sabrina.





Dédicaces

À mes très chers parents,

*Aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimée
mon affection, ma reconnaissance, ma gratitude, mon respect le plus
profond et tout l'amour que je vous porte.*

*À mon cher et adorable frère Amar qui a toujours été pour moi un bon
exemple à suivre, à qui je souhaite une vie pleine de bonheur, de santé et
de réussite.*

*À mes chers grands-parents, oncles et tantes en particulier tante
Chafiaa*

*À mes très chers et adorables cousines et cousins et mon binôme Sabrina
- Imene en souvenir de notre sincère profonde amitié et les moments
agréables que nous avons passé ensemble.*

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

*Je vous dédie ce travail 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.*

Merci d'être toujours là pour moi

Feriel.



Remerciements

Nos premiers remerciements s'adressent à monsieur METAHRI Mohammed Said, notre promoteur pour avoir proposé ce thème, pour son aide précieux ses conseils avisés, ses encouragements,

On tient à exprimer nos plus vifs remerciements à notre Co-promotrice mademoiselle BELMIHOUB pour tous ses efforts, son savoir, ses idées, sa confiance et son encouragement. Cela a été un privilège pour nous, de travailler sous sa direction

Nous tenons aussi à adresser nos Remerciements aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger ce travail :

Monsieur SMAIL, madame BOUZID et madame AISSAOUI

Nous remercions également toute l'équipe de la station d'épuration de Tizi-Ouzou de nous avoir ouvert leurs portes.

En fin un grand merci à l'ensemble de nos enseignants, tout le personnel de laboratoire, de la bibliothèque, de l'administration et à tous ce qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Liste des abréviations

AEP	Alimentation en eau potable.
AFD	Agence Française de Développement.
CE	Conductivité électrique.
COT	Carbone organique total.
DBO5	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.
DCO	Demande chimique en oxygène.
EH	Equivalent habitant.
Eq/Hab	En nombre d'équivalents habitant
EUT	Eau usée traitée.
FAO	Food and Agriculture Organization (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).
FTU	Formazine Turbidity Unit.
FSBSA	Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques.
JORAD	Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.
MES	Matières en suspension.
MMS	Matières minérales en suspension.
MO	Matière organique.
MS	Matière Sèche.
MVS	Matières volatiles sèches
NTK	Azote total.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
ONA	Office National d'Assainissement.
pH	Potentiel hydrogène.
REUT	Réutilisation des eaux usée traitée.
STEP	Station d'épuration.
UV	Ultraviolet.
µS	Micro siemens.
T°	Température.
%G T_P	Taux de germination cas de sol irrigué avec l'eau potable.
%G B_E	Taux de germination cas de boue irriguée avec l'eau épurée.
%G T_E	Taux de germination cas de sol irrigué avec l'eau épurée.
%G. P	Taux de germination dans les boîtes de pétris cas de l'eau potable.
%G. E	Pourcentage de germination dans les boîtes de pétris cas de l'eau épurée.
°C	Degré Celsius.

Liste des figures

Figure 01 : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde	21
Figure 02 : Carte géographique de la distribution du caroubier en Algérie.....	22
Figure 03 : L'arbre du caroubier	23
Figure 04 : feuillage, inflorescences et fructification du caroubier.	24
Figure 05 : Les graines du caroubier.....	24
Figure 06 : Image satellitaire représentant la localisation géographique de la station.....	29
Figure 07 : Dégrilleur grossier.	30
Figure 08 : Dégrilleur fin.	30
Figure 09 : Vis sans fin.	31
Figure 10 : Ponts de raclage.	31
Figure 11 : Le bassin biologique.	32
Figure 12 : Le clarificateur.....	32
Figure 13 : Le stabilisateur.....	33
Figure 14 : l'épaississeur.....	34
Figure 15 : Lits de séchage.....	34
Figure 16 : Graines de caroubier sur la gauche trompées dans l'acide sulfurique, et dans l'eau tiède sur la droite.	37
Figure 17 : Le semis des boites pétri portants Graines de caroubier dans le sol.....	37
Figure 18 : Le semis dans la boue.	38
Figure 19 : Le semis des graines de caroubier dans les boites de pétri.....	38
Figure 20 : Variation de la température de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.	39

Liste des figures

Figure 21 : Variation du pH de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.	40
Figure 22 : Variation de la conductivité de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.	41
Figure 23 : Variation d'orthophosphate (PO_4^{3-}) de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.	41
Figure 24 : Variation des Nitrates (NO_3^-) dans l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.	42
Figure 25 : Variation des Nitrites (NO_2^-) dans l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.	43
Figure 26 : Variation de l'Azote ammoniacal (NH_3^+) dans l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.	44
Figure 27 : Variation de la hauteur moyenne des plants du caroubier ensemencées dans le sol et dans la boue.	45
Figure 28 : la germination du caroubier.	46
Figure 29 : la formation de moisissure autour des graines de caroubier.	46
Figure 30 : Variation de la hauteur moyenne des plants du caroubier ensemencées dans le sol.	47
Figure 31 : la germination des plants de caroubier dans le sol.	48
Figure 32 : Variation de la hauteur moyenne des plantules de caroubier ensemencées dans des boîtes de pétris (20 jours).	49
Figure 33 : Illustration de la germination des graines dans les boîtes de pétri.	49

Liste des tableaux

Tableau I : Normes de rejets de l’OMS (manuel laboratoire ONA Tizi-Ouzou).	10
Tableau II : Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l’irrigation (FAO, 2000).	15
Tableau III : Composition chimique de la caroube (KICHER et LADJOUZI, 2016).	26
Tableau IV : Fiche technique de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou (ONA, 2019).	28

Introduction générale	01
------------------------------------	-----------

Synthèse bibliographiques

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées et paramètres de pollution

I. Introduction	03
II. Définition d'une eau usée.....	03
III. Origine des eaux usées	03
III.1. Eaux résiduaires urbaines	03
III.2. Les eaux usées industrielles.....	04
III.3. Les eaux agricoles.....	04
III.4. Les eaux pluviales.....	04
IV. Caractéristiques des eaux usées	04
IV.1. Paramètres physiques	05
IV.2. Paramètres chimiques.....	06
IV.3. Les éléments nutritifs ou substances eutrophisantes	08
IV.4. Paramètres de toxicité (Les microéléments).....	09
IV.5. Paramètres microbiologiques	10
V. Normes de rejet	10
VI. Notion de l'épuration de l'eau	11

Chapitre II : La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture

I. Introduction	12
II. Définition de la réutilisation des eaux usées épurées	12

Sommaire

III. Différents usages des eaux usées traitées	12
III.1. Usage agricole et forestier	12
III.2. Usage industriel	13
III.3. Usage domestique	13
III.4. Recharge des nappes	13
IV. Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation	14
IV.1. Critères physico-chimiques	14
IV.2. Critères microbiologiques	16
V. Choix du système d'irrigation	17
V.1. Irrigation de surface	17
V.2. Irrigation localisée	17
V.3. Irrigation par aspersion	17
VI. Avantages de la réutilisation des eaux usées traitées	18
VII. Inconvénients de la réutilisation des eaux usées traitées	18
VIII. Stratégie pour protéger la santé humaine et l'environnement	19
IX. Conclusion	20

Chapitre III : Généralité sur le caroubier

I. Répartition géographique	21
II. Description botanique du matériel végétal	22
III. Composition chimique	25
IV. Intérêt et utilisations du caroubier	26

Sommaire

IV.1. Arbre.....	26
IV.2. Le fruit	26
IV.3. Les autres parties de l'arbre.....	27

Partie expérimentale

Chapitre I : Présentation de la STEP Est de Tizi-Ouzou

I. Introduction.....	28
II. Objectif du travail	28
III. Présentation générale de la STEP Est de Tizi-Ouzou	28
III.1. Caractéristiques techniques de la STEP Est de Tizi-Ouzou	28
III.2. Localisation géographique.....	29
III.3. Fonctionnement de la station	29

Chapitre II : Méthodes d'analyse et suivie sur la culture

I. Prélèvement et échantillonnage	35
II. Analyses physique et chimiques des eaux épurées.....	35
III. Essai de germination du caroubier	36
III.1. Préparation des graines	36*
III.2. Méthode de culture	37

Chapitre III : Analyse et interprétation des résultats

I. Interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques.....	39
II. Interprétation des résultats d'essais de la germination des graines du caroubier	45

Sommaire

Conclusion générale 51

Références bibliographiques.

Annexes.

L'eau ressource naturelle, nécessaire pour toute forme de vie, l'eau n'est pas une ressource illimitée, bien qu'apparemment inépuisable, l'eau est très inégalement répartie sur la planète, tous les pays auront à court ou à long terme, à faire face au problème de sa raréfaction (METAHRI, 2012).

La pénurie de l'eau dans certaines régions du monde et l'un des problèmes les plus cruciaux du 21ème siècle. Aux changements climatiques qui sont déjà perceptibles à l'échelle humaine s'ajoute l'impact de la pollution sur les eaux superficielles et souterraines. Ces phénomènes, ont touché particulièrement les pays d'Afrique du Nord et d'Afrique Subsaharienne, avec un impact négatif sur la mobilisation de la ressource hydrique conventionnelle (HASSAINE et AMOUCAS, 2015).

L'Algérie est caractérisée par un climat semi-aride à aride. Elle présente un déficit important en matière de ressources hydriques conventionnelles, qui s'approchent de leurs limites qualitatives et quantitatives. La croissance démographique, les contraintes du climat l'industrialisation, ainsi que le développement des activités économiques, liées à l'augmentation du niveau de vie exercent une pression de plus en plus importante sur les ressources en eau. Suite à ces facteurs, les ressources conventionnelles s'épuisent plus rapidement, en augmentant le volume des eaux usées rejetée (eau non conventionnelles) chaque année. Le volume des effluents domestiques s'approche actuellement de 2000 hm³/an (METAHRI, 2016).

Le recours à la ressource non conventionnelle traitée constitue une opportunité importante, fiable et sans doute une solution attrayante et incontournable pour combler déficit hydrique. Cette ressource représenterait un appoint considérable en eau en nutriments et en oligo-éléments qui pourrait répondre à une bonne partie des besoins du secteur de l'agriculture irriguée et de l'industrie. L'épuration des eaux usées s'est donc imposée pour préserver la qualité des milieux naturels récepteurs, notamment les eaux de superficielles et souterraines d'une part et d'autre part préserver les eaux conventionnelles pour les objectifs nobles comme l'AEP et l'abreuvement du cheptel (METAHRI, 2009).

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée nécessaire afin de combler en partie le déficit d'eau mais aussi pour se conformer au règlement relatif aux rejets des eaux usées, en vue de la préservation des objectifs de qualité des milieux récepteurs, de l'environnement et de la santé publique. En outre, l'eau épurée peut être conforme à la réutilisation agricole.

Introduction générale

En effet, une mauvaise utilisation d'eau usée traitée peut conduire à des préjudices sanitaire et environnementaux. Cependant, le code de réutilisation d'eau usée traitée en agriculture précise que ces effluents ne doivent pas présenter des limites d'utilisation sur le plan bactériologique, parasitologique et chimique. Pour cette raison, il est important de fournir aux utilisateurs les informations adéquates pour les aider à améliorer la gestion de cette ressource.

C'est dans cette optique d'évaluer la qualité physico-chimique des effluents secondaires de la STEP Est de Tizi-Ouzou et de valoriser ces derniers que s'inscrit notre travail dont le principal objectif est de consolider la connaissance et l'expérience acquises sur leur réutilisation en agriculture. Pour le cas de notre étude nous avons opté pour des essais de germination des graines du caroubier par l'utilisation des effluents secondaires de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Notre choix pour le caroubier (*Ceratonia siliqua*) étant un arbre typiquement méditerranéen qui présenterait un intérêt économique important en raison de son introduction massive dans l'industrie agro-alimentaire et cosmétique.

I. Introduction

L'eau denrée la plus utilisée par l'homme, finie par être rejetée une fois utilisée dans l'activité anthropique à la suite d'un usage domestique, industriel, agricole, artisanal ou autre. On parle alors d'eau usée pouvant contenir toute sorte de pollution et doit être donc traitée avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs. La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physico-chimiques et biologiques (METAHRI, 2012).

Nous nous proposons d'aborder dans ce chapitre les différentes formes de pollution des eaux en précisant, brièvement les caractéristiques de ces eaux usées et les critères de pollution.

II. Définition d'une eau usée

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent, est l'eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme tout changement défavorable ou nocif des caractéristiques naturelles physico-chimiques ou biologiques, produit directement ou indirectement par les activités humaines domestiques, agricoles et industrielles en plus des eaux de pluies, les rendant impropres à l'utilisation normale établit.

III. Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes [Annexe...], on distingue quatre catégories d'eaux usées :

III.1. Eaux résiduaires urbaines

Il s'agit des eaux provenant des différents usages domestiques. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses appelées eaux grises et de toilette chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires (MELQUIOT, 2003).

III.2. Les eaux usées industrielles

Ces eaux proviennent des activités industrielles dont les caractéristiques varient d'une industrie à une autre. Elles restent très différentes des eaux domestiques. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées qu'elle contient, ces eaux peuvent également être chargées de produits toxiques ; des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ; des hydrocarbures (raffineries) ; des métaux (traitements de surface, métallurgie) ; des acides, bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries) ; eaux chaudes (circuit de refroidissement) (BERRAHMOUN, 2016).

III.3. Les eaux agricoles

L'agriculture est elle aussi une source de pollution des eaux non négligeable. Les effluents agricoles renferment en effet diverses substances issues des activités de production végétale mais aussi animale élevage. Elle se caractérise par :

- Fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, nitrates, potassium) provenant des engrais, des purins et lisiers (élevage).
- La présence des produits chimiques de traitement (pesticides, herbicides...) (BERRAHMOUN, 2016).

III.4. Les eaux pluviales

Ce sont les eaux issues des précipitations qui peuvent être une source de pollutions importantes. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air mais aussi de polluants atmosphériques, poussières, détritiques, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes lors de son ruissellement (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit « unitaire », les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques (METAHRI, 2012).

IV. Caractéristiques des eaux usées

Les normes de rejet des eaux usées [annexe...], fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique, on distingue les paramètres suivants :

IV.1. Paramètres physiques**a) La température**

La température exacte de l'eau est un facteur important dans la vie aquatique. Un changement de température affecte les diverses propriétés de l'eau. La température joue un rôle dans la solubilisation des sels minéraux et des gaz. Elle influe sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau et la cinétique des réactions biochimiques, par conséquent la température influe également sur le pouvoir auto-épuratoire de cour d'eau (DEGREMONT, 2005).

b) La couleur

La coloration d'une eau est due le plus souvent à la présence des matières organiques dissoutes ou colloïdales. Une eau d'égout d'origine domestique est d'une couleur grisâtre, la couleur noire indique une décomposition partielle ; les autres teintes indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle (BOUZIANI, 2000).

c) L'odeur

C'est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles, généralement c'est l'indice de fermentation microbienne (RODIER, 2009).

d) La turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence de l'eau, elle indique la présence des particules en suspension, notamment colloïdales associées au transport de l'eau. Au cours de ce parcours, l'eau se charge de quantités énormes de particules qui troublent l'eau. La turbidité des effluents résiduaires est en général très élevée (RODIER, 2009).

e) Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension désignent l'ensemble des matières solides insolubles présentes dans une eau (sables, argiles, matières organiques, débris en tout genre...). Des teneurs élevées en MES peuvent provoquer la détérioration des ouvrages d'assainissement (obstruction des réseaux par la décantation, abrasion, ...etc.). En cas de rejet au milieu naturel, elles peuvent troubler l'eau, diminuant ainsi le rayonnement lumineux indispensable pour une bonne croissance des végétaux au fond des cours d'eau (c'est la

turbidité), diminuer l'Oxygène dissous et ainsi limiter le développement de la vie aquatique (RODIER, 2009 ; SETER, 2014).

$$\text{MES} = 30\% \text{ MM} + 70\% \text{ MVS}$$

- **Les matières volatiles en suspension (MVS) :** Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne «la perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau (METAHRI, 2012).
- **Les matières minérales (MM) :** Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures et les phosphates (METAHRI, 2012).

IV.2. Paramètres chimiques

a) Le potentiel Hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une solution, il mesure la concentration en ions H^+ de l'eau, il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle logarithmique de 0 à 14 ; 7 étant le pH de neutralité. A l'aide d'un pH mètre ou d'un colorimètre se mesure le pH que la valeur de ce dernier dans l'eau doit être comprise entre 6.5 et 8.5 (European Scientific Journal August, 2014).

b) La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). Sa mesure permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau (REJSEK, 2002).

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre et les résultats obtenus sont exprimés en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Elle fournit une indication précise sur la concentration totale en sels dissous (Satin. M ; SELMI B, 2006).

c) L'alcalinité de l'eau

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des carbonates (CO_3), des hydroxydes (OH) et des Hydrogénocarbonates (HCO_3). Sa détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), et le titre alcalimétrique complet (TAC) (BOUBCHIR et NESSAH, 2004).

d) L'Oxygène dissous

Il caractérise le degré de pollution d'un cours d'eau. Sa concentration dans l'eau varie en fonction de la température. Sa détermination dans l'eau se fait à l'aide d'un Oxymètre. L'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l d'oxygène dissous (ALPHA SEDDIKI, 2005).

e) La demande chimique en Oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou minérale contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C . Elle est exprimée en $\text{mg O}_2/\text{l}$ (METAHRI, 2012).

f) La demande biologique en Oxygène (DBO)

Elle représente la pollution organique et carbonée biodégradable. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène consommée pour la destruction des matières organiques biodégradables présentes dans l'eau. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours d'incubation, c'est la DBO_5 . Ce paramètre est utilisé pour établir un classement qualitatif des eaux et déterminer indirectement la quantité de matières biodégradables essentiellement organiques contenues dans l'eau (GROSCLAUDE, 1999).

g) Notion de biodégradabilité (K)

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux (METAHRI, 2012).

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que, $K = DCO / DBO$:

- Si $k < 1,5$: l'effluent est biodégradable.
- Si $1,5 < K < 2,5$: l'effluent est moyennement biodégradable.
- Si $2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que : les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures (METAHRI, 2012).

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique (METAHRI, 2012).

h) Le carbone organique total (COT)

Le carbone organique total est défini comme la concentration en mg/l d'échantillon, c'est la méthode directe pour mesurer la charge organique totale d'une eau. Les composés sont d'une part : les protéines, les lipides, les glucides et les substances humiques, et d'autre part, les substances organiques carboniques élaborées ou utilisées par l'industrie chimique, pharmaceutique ou pétrolière (BOEGLIN ET ROUBATY, 2007).

IV.3. Les éléments nutritifs ou substances eutrophisantes

Il s'agit principalement de l'azote (N) et de phosphore (P)

a) L'azote

L'azote est un constituant essentiel des protéines consommées par l'homme ; son métabolisme produit des déchets rejetés dans l'urine et les matières fécales. Les matières azotées se sont des matières organiques et minérales contenant des atomes d'azote.

L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés. L'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), constitue la majeure partie de l'azote total (DEGREMONT, 2005).

Dans les eaux usées domestiques, la concentration globale en azote total (NTK) est de l'ordre de 15 à 20% de celle de la DBO₅.

Pour évaluer l'azote dans les eaux résiduaires et pour suivre son évolution dans les réseaux et lors de l'épuration, il est indispensable de doser ses différentes formes minérales ou organiques :

- Azote ammoniacal N-NH_4^+
- Azote nitreux N-NH_2^-
- Azote nitrique N-NH_3^-
- Azote organique N_{org}

L'azote globale est alors défini par :

$$\text{NGL} = \text{N}_{\text{total}} = \text{N}_{\text{Organique}} + \text{N}_{\text{Minéral}} = \text{N}_{\text{org}} + \text{N-NH}_4^+ + \text{N-NH}_2^- + \text{N-NH}_3$$

b) Le phosphore

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions orthophosphate (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) : isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensés entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques (REJSEK, 2002).

C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation (REJSEK. F, 2002).

L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2,5 à 3g par habitant (DEGREMONT, 2005).

IV.4. Paramètres de toxicité (Les microéléments)

Les éléments nocifs les plus importants sont les métaux lourds. Leur principale origine est industrielle. Le cuivre, le zinc, le cadmium, le chrome, le plomb, le mercure et le nickel sont les polluants les plus fréquemment rencontrés. On les trouve en éléments traces dans la nature et leurs concentrations sont généralement inférieures au mg/l (DEGREMONT, 2005).

IV.5. Paramètres microbiologiques

Les eaux résiduaires urbaines transportent de nombreux micro-organismes dont certains sont pathogènes qui sont par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils ont des effets divers sur la santé.

Les micro-organismes contenus dans les eaux peuvent donc altérer la qualité des milieux récepteurs, les rendant inaptes à certaines activités (baignade et irrigation par exemple) (HALIL et MOULOUDJ, 2018).

V. Normes de rejet

Les normes de rejets sont les quantités maximales de matières polluantes qui pourront être rejetées dans le milieu récepteur. Conformément aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS), les normes de rejets des eaux usées appliquées en Algérie sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau I : Normes de rejets de l'OMS (manuel laboratoire ONA Tizi-Ouzou)

Normes de l'OMS		
température	C°	30
pH		6.5-8.5
DBO ₅	mg/l	30
DCO	mg/l	90
MES	mg/l	30
Azote total	mg/l	50
NH ₄ ⁺	mg/l	5
NO ₂ ⁻	mg/l	10
NO ₃ ⁻	mg/l	10
PO ₄ ⁺	mg/l	2
Conductivité	μS/cm	2700
Turbidité	NTU	5

VI. Notion de l'épuration de l'eau

L'épuration des eaux usées est un ensemble de techniques qui consiste à décanter les éléments polluants particulières à extraire et les éléments dissous qui sont transformés en matières sédimentables suite à un traitement approprié, Pour atteindre la qualité conforme à la réglementation à partir d'une eau brute (HALIL et MOULOUDJ, 2018).

Ainsi, à la sortie de la station il en résulte d'une part une eau épurée destinée à la réutilisation dans différents domaines ou rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduelles (HALIL et MOULOUDJ, 2018).

I. Introduction

Les eaux usées domestiques et industrielles (appelées aussi eaux résiduares) étaient, jusqu'à une époque récente, uniquement considérées comme une matière inutile et nuisible et rejeter après des traitements destinés à minimiser son impact sur le milieu naturel.

Cependant la raréfaction des ressources en eau conventionnelles et l'accroissement de la demande en eau, la réutilisation des eaux usées épurées pourrait être une alternative intéressante à l'usage de l'eau propre et fraîche pour satisfaire les besoins de développement de certains secteurs, celui de l'agriculture en particulier (TIERCELIN, 2008).

La réutilisation des eaux usées épurées connaît un fort développement, accessoirement à côté du fait qu'elle constitue une ressource en eau, les eaux usées contiennent des matières fertilisantes et leurs matières organiques contribuent à l'enrichissement de la couche fertilisante du sol, ce qui permet des économies d'engrais (TIERCELIN, 2008).

II. Définition de la réutilisation des eaux usées épurées

C'est une technique de récupération des eaux usées après différents traitements destinés à les débarrasser de leurs impuretés afin de permettre à son utilisation à nouveau, c'est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités supplémentaires en eau pour différents usages pour combler les déficits hydriques (BENZARIA, 2008).

La réutilisation des eaux usées traitées est une solution partielle à forte demande en eau notamment agricole, particulièrement pour l'irrigation des cultures et des espaces verts (BENZARIA, 2008).

III. Différents usages des eaux usées traitées

La réutilisation de l'eau est essentiellement utilisée pour l'irrigation, mais aussi pour les usages qui ne nécessitent pas de l'eau potable (usages industriels, usages domestiques et autres...)

III.1. Usage agricole et forestier

L'intérêt principal de la REUT en culture est plus souvent l'apport de l'eau indispensable aux plantations (zones arides) mais aussi l'apport d'éléments nutritifs (ABIBSI, 2011).

La réutilisation des eaux améliore les rendements des cultures et apporte des bénéfices financiers. L'irrigation de cultures ou d'espaces verts est la voie la plus répandue de réutilisation des eaux usées urbaines. Au niveau mondial, c'est également la solution qui a le plus d'avenir à court et à moyen terme (ABIBSI, 2011).

III.2. Usage industriel

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique pour certains pays. L'EUT peut être adaptée aux besoins industriels en particulier dans le secteur chimique et para chimique ; Le secteur agro-alimentaire ; celui du cuir et du textile ; le secteur des industries mécaniques ; métallurgiques et électroniques. Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries (ABIBSI, 2011).

La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle, une élimination poussée de la pollution organique est nécessaire et le traitement biologique est suivi d'un traitement de finition (DEGREMONT, 1989).

III.3. Usage domestique

Dans cet usage figurent :

- Le recyclage partiel à l'intérieur des immeubles qui consiste le plus souvent à alimenter les chasses de toilette,
- L'irrigation des espaces verts dont la gestion incombe le plus souvent à la collectivité,
- L'alimentation de plans d'eau récréatifs : cette valorisation s'apparente également à la catégorie du cycle long car souvent les eaux usées traitées viennent s'ajouter à l'eau de plans d'eau existants,
- L'alimentation des réseaux municipaux de lavage (rues, marchés, ...),
- L'arrosage des terrains de golfs.

III.4. Recharge des nappes

Le dispositif de la recharge de nappe consiste à faire infiltrer ou percoler les EUT dans le sous-sol, On poursuit de la sorte plusieurs objectifs :

-) La restauration d'une nappe surexploitée par excès de pompage et dont le rabattement est préjudiciable,
-) La protection des aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée,
-) Le stockage des eaux pour une utilisation différée,
-) L'amélioration du niveau de traitement de l'eau, utilisant de la sorte le pouvoir autoépuration du sol,
-) La protection de l'environnement en évitant de rejeter les effluents dans un cours d'eau ou en mer (AFD, 2011).

IV. Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation

IV.1. Critères physico-chimiques

Les caractéristiques physiques et chimiques sont identiques pour toutes les eaux d'irrigation.

a) Salinité

Généralement, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est l'eau ayant la meilleure qualité disponible avec habituellement un faible taux de salinité. En cas de pénurie d'eau, la salinité peut être un problème. En agriculture, cependant, la disponibilité d'une eau de meilleure qualité se fait de plus en plus rare du fait de la forte demande en eau propre. Le recourt à une eau de moindre qualité s'impose de facto dans ce secteur. La quantité et le type de sels présents sont importants pour évaluer si l'eau traitée convient pour l'irrigation, les problèmes potentiels de la salinité des eaux sont souvent liés à la teneur en sels totaux, au type de sels ou à la concentration excessive d'un ou de plusieurs éléments (BERRAHMOUN, 2016).

b) Alcalinité

L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée en cas de concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu.

Ce phénomène est lié à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport

d'Adsorption du Sodium (SAR – Sodium Adsorption Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité (METAHRI, 2012).

La connaissance du RAS de l'effluent (rapport d'absorption de sodium) est alors importante. Si le RAS approche de 10, il y a danger et cela n'arrive en générale que sur certains effluents concentrés (distilleries, sucreries, fromageries) (BERRAHMOUN, 2016).

$$RAS = \frac{(N^{+})}{\sqrt{\frac{(C^{2+})+(M^{2+})}{2}}}$$

c) Les éléments traces métalliques

Les métaux lourds et certains élément traces présents dans les eaux usées essentiellement D'origine industrielle, interviennent pour certains, en qualité d'oligo-éléments dans la croissance des plantes. Cependant ils deviennent toxiques, aussi bien pour la croissance végétale que pour la faune et la flore du sol, lorsque leur teneur dépasse un certain seuil, aussi peuvent constituer un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux.

Tableau II : Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2000).

Constituants	Utilisation à long terme (mg/l)	Utilisation à court terme (mg/l)
aluminium	5.0	20.0
arsenic	0.10	2.0
Béryllium	0.10	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5

Manganèse	0.2	10.0
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

d) Concentration en éléments fertilisants

Les principaux éléments minéraux, à savoir l'azote, le phosphore et le potassium, contenus dans les effluents se présentent généralement à des concentrations qui dépassent souvent les besoins de cultures. Ces excès peuvent entraîner des anomalies telles que la croissance végétative excessive et l'altération de la qualité des produits. Le contrôle périodique des éléments présents dans les effluents est donc nécessaire pour limiter les quantités d'éléments fertilisants apportés et éviter ces anomalies (TIERCELIN et VIDAL, 2006).

e) Matières en suspension (MES)

Les MES sont en majeure partie de nature biodégradable. Le maintien d'une concentration importante en matière organique dans les eaux usées gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes. (FABY et BRISSAUD, 1997). Si les MES sont présentes en grande quantité dans les eaux épurées destinées à l'irrigation, elles peuvent entraîner le bouchage des canalisations des systèmes d'irrigation.

IV.2. Critères microbiologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales, cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. Les microorganismes comprennent, par ordre croissant de taille : les Virus, les Bactéries, les Protozoaires et les Helminthes (METAHRI, 2012).

Le pouvoir pathogène ces micro-organismes dépend de plusieurs facteurs qui sont les facteurs concernant la physiologie du micro-organisme et ceux concernant la physiologie de l'hôte infecté (METAHRI, 2012).

V. Choix du système d'irrigation

Le choix du système d'irrigation approprié dépend de la qualité de l'eau usée épurée, de la culture, de la capacité des agriculteurs à gérer les différentes méthodes et du risque potentiel sur l'environnement et sur la santé des agriculteurs et du public. Les risques majeurs pouvant être engendrés par l'irrigation à partir des eaux usées épurées sont le colmatage des systèmes d'irrigation ainsi que le risque sanitaire. Ces risques sont plus ou moins différents selon la technique d'irrigation utilisée (TIERCELIN et VIDAL, 2006).

V.1. Irrigation de surface

L'irrigation de surface est un système par lequel l'eau est distribuée à la surface du sol par gravité, ce système comporte un danger de pollution du sol et des nappes phréatiques supérieur à celui des autres systèmes à cause des pertes par percolation. Il ne présente pas de risque sanitaire majeur sur les fruits récoltés sur les parties aériennes du couvert végétal.

V.2. Irrigation localisée

Irrigation localisée ou micro-irrigation est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par : La mise en place sur la parcelle d'un réseau dense de canalisation (rampes) couvrant totalement la surface à irriguer et, l'apport de l'eau au voisinage de la plante.

C'est la technique la mieux adaptée à l'apport d'eaux usées, dans la mesure où elle engendre le moins de risques sanitaires et la contamination des produits récoltés. En revanche, il pourrait être difficilement utilisable si l'eau usée épurée contient de fortes concentrations de matières en suspension, ce qui requièrent une filtration efficace et demandent un entretien constant à cause de leur sensibilité au colmatage (FAO, 2003).

V.3. Irrigation par aspersion

L'eau parvient aux cultures de façon semblable à celle apportée naturellement par la pluie grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimenté sous pression, choisis et disposés de façon à obtenir la répartition de l'eau la plus uniforme possible.

Si cette méthode engendre moins de risques de colmatage du réseau d'irrigation que dans le cas de l'irrigation localisée elle augmente, en revanche, le risque lié à la contamination des cultures par contact directe du fruit produit avec l'eau apportée. (FAO, 2003).

VI. Avantages de la réutilisation des eaux usées traitées

La réutilisation présente l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative permettant de faire face aux pénuries d'eau ou aux périodes de sécheresses et de limiter les prélèvements d'eau conventionnelle. L'utilisation des EUT présente plusieurs avantages dont :

- L'économie des ressources en eau conventionnelle et son utilisation dans d'autres secteurs plus exigeants en termes de qualité,
- La protection des milieux récepteurs en particulier le littoral, le milieu naturel et les ouvrages hydrauliques (barrages) contre une eau riche en nutriments,
- La préservation et restauration de certaines zones humides en manque d'eau,
- La stabilité de la ressource par rapport à celle liée à la pluviométrie,
- La réduction des quantités d'engrais utilisés en agriculture si les agriculteurs prennent en compte cet aspect...
- La diminution des rejets de nutriments et des polluants dans le milieu récepteur et améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse
- Assurer une ressource alternative à faible coût pour les régions arides, la protection des milieux sensible,
- Elle procure à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libère un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires,
- Ces eaux confèrent des quantités appréciables de fertilisants indispensable à la vie des végétaux (azote, potassium, et le phosphore).

VII. Inconvénients de la réutilisation des eaux usées traitées

Vu que les eaux usées ont plusieurs origines, leur charge polluante est diversifiée, et elles représentent ainsi un important véhicule d'agents biologiques et chimiques résultant de plusieurs activités (humaines et industrielles). Si ces eaux sont réutilisées en agriculture, les cultures irriguées concentrent de nombreux agents infectieux et toxiques, les principaux inconvénients peuvent être résumés en quelques points cités ci-dessous :

- Risque sanitaire : problèmes de santé publique liés aux pathogènes,
- Les contaminants traces organiques : Présence dans les EUT de composés organiques pouvant se comporter comme : Composés oestrogéniques, Des dioxines...,

- Présence de composés pharmaceutiques (Carbamazépine) dans les EUT, dans les sols irrigués et dans les eaux de la nappe (artificiellement rechargée par les EUT) (Contaminations microbienne),
- Persistance des microorganismes apportés par les EUT au niveau de la surface du sol et à différentes profondeurs,
- Effet des irrigations aux EUT sur la qualité biologique et alimentaire des produits
- La salinité des EUT associée aux conditions climatiques et pédologiques pose un facteur limitant pour le développement de la salinité et affecte la croissance des végétaux.
- L'apport en quantité importante des doses d'azote et de phosphore peut nuire à la production agricole et contribue à la pollution des nappes lorsque les doses appliquées ne sont pas bien estimées ;
- Les rejets urbains ont des débits continus et presque constants durant l'année, alors que L'utilisation agricole est saisonnière et la demande est différente selon les saisons et les périodes de productions. Ce qui nécessite une infrastructure considérable en matière de stockage de ces eaux durant la période hivernale.

VIII. Stratégie pour protéger la santé humaine et l'environnement

La santé humaine et l'environnement pourraient être protégés au travers de quatre groupes de mesures :

- Le niveau de traitement des eaux résiduaires ;
- La restriction des cultures pratiquées
- La méthode d'irrigation ;
- Le contrôle de l'exposition humaine aux eaux usées épurées et l'hygiène.

Le traitement complet des eaux usées empêche les microorganismes pathogènes excrétés d'atteindre le champ. Cependant, les agriculteurs, dans la plupart des cas, doivent faire face à l'eau usée d'une certaine qualité. A cause de cela, la restriction des cultures, le choix du système d'irrigation et le contrôle de l'exposition humaine sont très importants.

Une combinaison de mesures agro-techniques à sélectionner, selon les conditions socioculturelles, institutionnelles et économiques locales peut assurer la protection sanitaire.

IX. Conclusion

La réutilisation des eaux usées est une technique en pleine expansion, principalement associée à l'agriculture. Dans les pays où les réserves actuelles d'eau douce sont, le recyclage des eaux usées est 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. Dans ce contexte ce chapitre a eu pour objectif de donner un aperçu sur les différents usages des EUT, ainsi que les critères de qualité de ces eaux pour l'irrigation.

I. Répartition géographique

Le caroubier est étendu en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Israël, Sud de Jordanie, Egypte, Tunisie et Libye avant d'atteindre l'Ouest de la méditerranéen. Le caroubier a d'abord été propagé par les grecques, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et au Portugal, ensuite il a été introduit en Amérique du Sud, du Nord et en Australie par les Espagnols. Actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines, en Iran, en Afrique du sud et en Inde (GAOUAR, 2011).

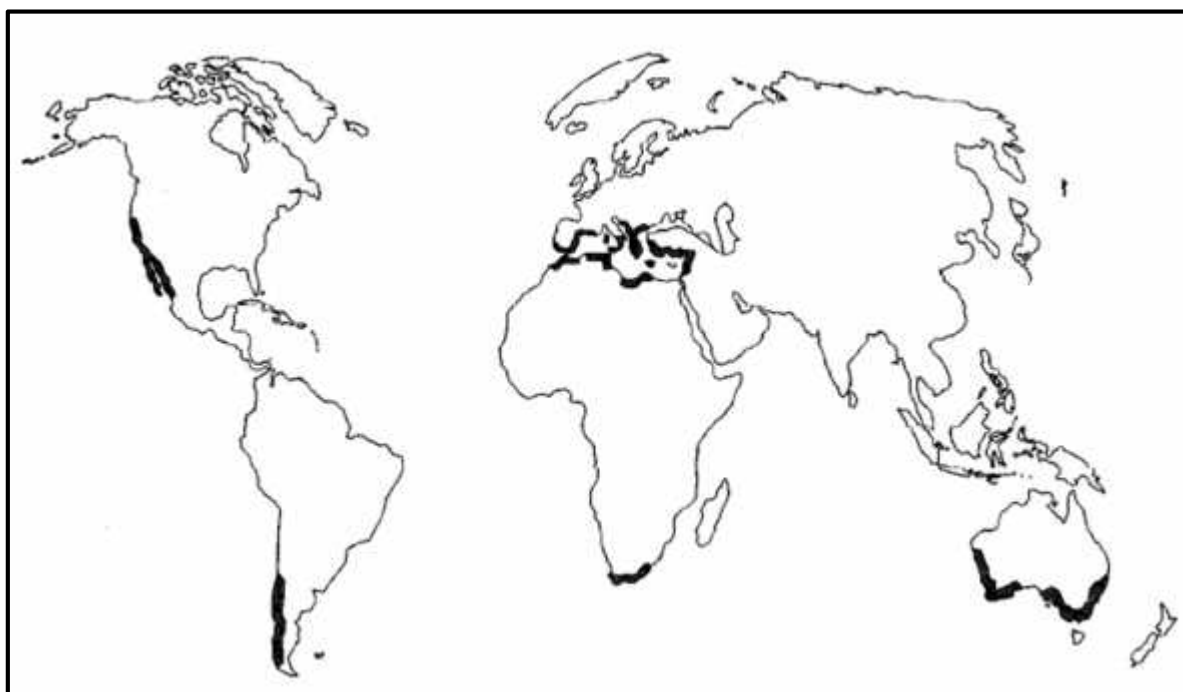


Figure 01 : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde
(BOUBLENZ, 2012)

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell, on le trouve à l'état naturel en association avec l'amandier, dans les régions semi-aride chaude, subhumide, avec une altitude allant de 100m à 1300m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5°C jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80 mm à 600 mm/an (GAOUAR, 2011).

Suivant ces critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie (figure 02). Ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittorales : Sahel algérois, Dahra, Grande Kabylie et Petite- Kabylie, vallée de la Sommam (1074 ha) et de l'Oued-Isser, collines d'Oran et des coteaux Mostaganem à étage semi-aride chaud, plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha). Il descend

jusqu'à Boussaâda, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276 ha) (GAOUAR, 2011).

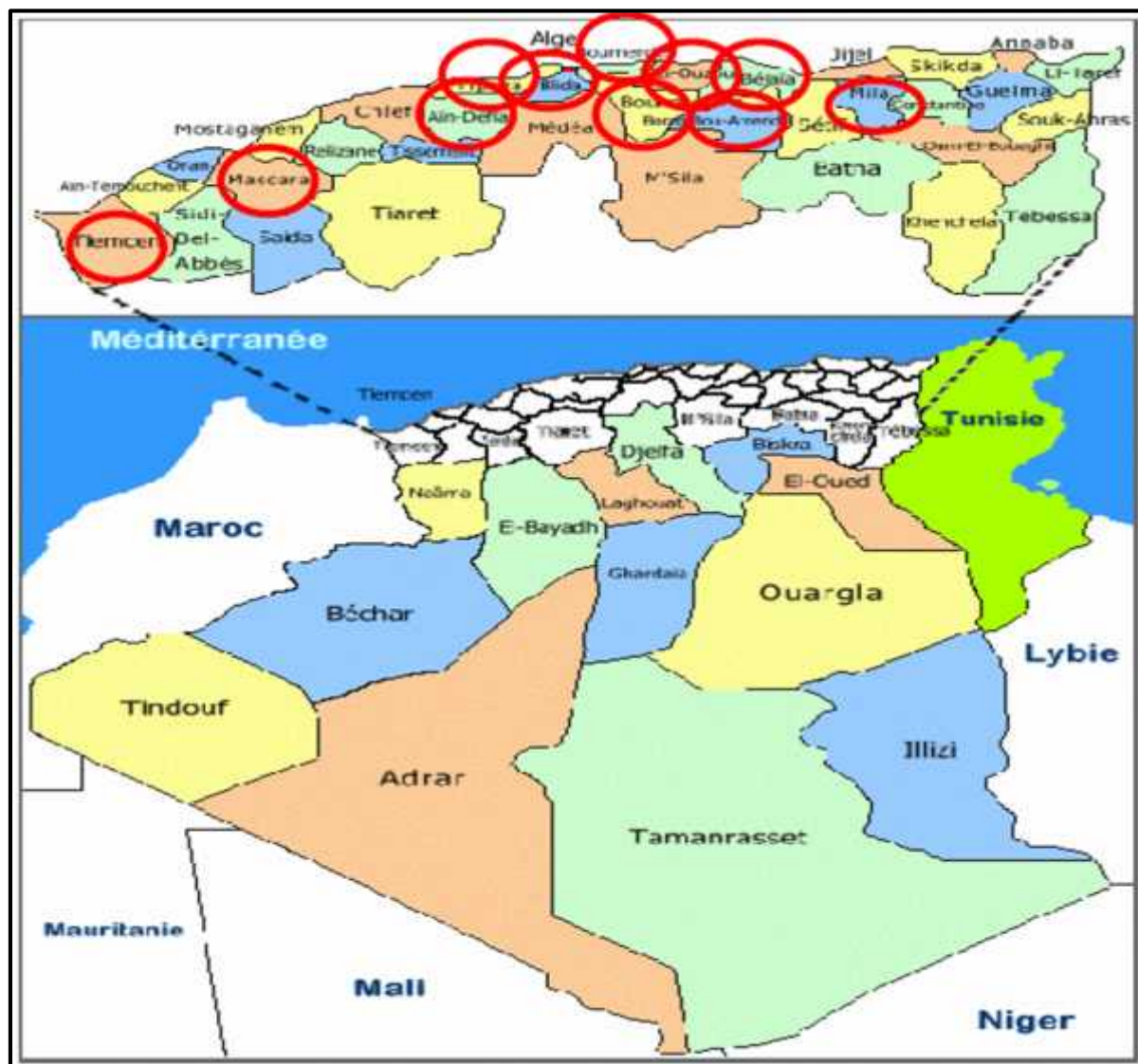


Figure 02 : Carte géographique de la distribution du caroubier en Algérie (KICHER et LADJOUZI, 2016).

II. Description botanique du matériel végétal

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L) est un arbre ou arbuste dioïque à feuilles persistantes. On le retrouve dans les régions méditerranéennes, il présente une bonne résistance à la sécheresse mais est sensible au froid, il peut atteindre une taille allant de 7 à 15m et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3m (figure1) Sa longévité peut atteindre 500 ans. Le caroubier a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte, son bois de couleur rougeâtre est très dur (MATHILDE, 2010).



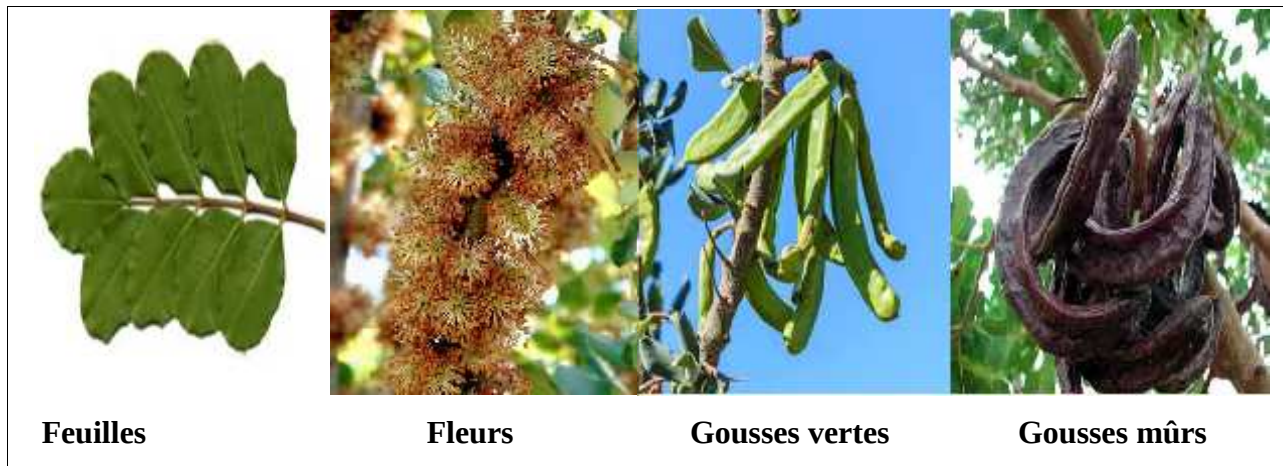
Figure 03 : L'arbre du caroubier (GAOUAR, 2011)

Ses feuilles ont de 10 à 20 cm de longueur, persistantes, coriaces, alternes et caractérisées par un pétiole sillonné. Elles sont composées de 4 à 10 folioles, de couleur vert luisant sur la face dorsale et vert pâle sur la face ventrale. Il perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet (KICHER et LADJOUZI, 2016).

Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18m de profondeur. (KICHER et LADJOUZI, 2016).

Les fleurs sont verdâtres, de petite taille 6 à 16 mm de longueur, spiralées et réunies en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires.

Le fruit appelé caroube ou carouge est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur et 1,5 à 3 cm de largeur. La gousse est composée de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines, sa couleur est d'abord verte, puis elle devient brune foncée à maturité (KICHER et LADJOUZI, 2016).

**Feuilles****Fleurs****Gousses vertes****Gousses mûrs****Figure 04 : feuillage, inflorescences et fructification du caroubier**

Les graines sont ovoïdes, rigides, d'une couleur qui dépend la variété, elle peut être marron, rougeâtre, ou noir dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm de 7 à 8 mm (BOUBLENZA, 2012).

**Figure 05 : Les graines du caroubier**

❖ Taxonomie de caroubier :

Caroubier	
Classification classique	
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Genre	
Ceratonia L.	
Nom binominal	
Ceratonia siliqua L., 1753	
Classification phylogénétique	
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae

III. Composition chimique

La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend en général, du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (GAOUAR, 2011).

La gousse de caroube est riche en hydrates de carbone et en fibres, elle contient une faible quantité de protéines et des teneurs négligeables en lipides ; quant à la teneur de la caroube en minéraux elle est appréciable. La graine de caroube est pauvre en minéraux en fibres et en protéines, par contre elle contient une quantité appréciable de lipides (GAOUAR, 2011).

Le caroubier contient également des composées phénoliques (2 à 20% de M.S) qui lui confèrent différents rôles : antioxydant, facilité de la digestion, baisse du taux cholestérol..., différentes études ont montré que ces polyphénols sont essentiellement des tanins condensés, des proanthocyanidines, des flavonoïdes, des ellagitannins... La gousse du caroubier contient d'autres composées comme les éléments minéraux, les vitamines. (BOUBLENZA, 2012).

Tableau III : Composition chimique de la caroube (KICHER et LADJOUZI, 2016).

La pulpe 90%	La graine 10%
Glucides 48 à 72 %	L'enveloppe tégumentaire (cuticule) 30-33%
Protéines 1-2%	
Matières grasses 0.5-0.7%	
Cellulose et hémicellulose 18 %	L'endosperme (albumen) 42-46 %
Minéraux (Ca, Mg, K, P)	
Pectines et fibres 4.2 à 9.6%	L'embryon (germe) 23-25%
Cendres 1.5-2.4%	
Polyphénols 16 – 20 %	

IV. Intérêt et utilisations du caroubier

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, socio-économique, industrielle et ornementale indiscutable. En terme de produits, l'arbre et toutes ses composantes (feuilles, fleurs, fruits, graines, bois, écorce et racines) sont utiles et particulièrement le fruit (BOUBLENZA, 2012).

IV.1. Arbre

Il est utilisé pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification. Il est également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins (GAOUAR, 2011).

Actuellement, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants puisque toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorces et racines) sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines (GAOUAR, 2011).

IV.2. Le fruit

Dans les pays producteurs, les gousses de caroube ont été, traditionnellement, utilisées non seulement en alimentation des animaux ruminants ou non ruminants mais aussi en alimentation humaine. Après l'écrasement des gousses graines, les produits dérivés de ces deux éléments sont principalement utilisés dans plusieurs domaines (BOUBLENZA, 2012).

Le fruit du caroubier ou la caroube, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières. En effet la pulpe sucrée de la caroube est employée depuis longtemps, comme nourriture de bétail à côté d'autres aliment comme la farine d'orge. Elle est utilisée dans l'industrie alimentaire humaine, grâce à sa teneur élevée en sucres et en composés phénoliques. Elle est également employée pour la production d'alcool (éthanol), d'acide citrique et comme substituant du cacao pour la fabrication de chocolat, car elle ne contient ni caféine ni théobromine (alcaloïdes). La farine de la pulpe entre dans la composition de plusieurs aliments comme, les biscuits, les farines lactées (BOUBLENZA, 2012).

En pharmacopée traditionnelle, la pulpe est utilisée contre la diarrhée et pour le traitement de certaines maladies comme la gastrite, l'entérite, les angines, les rhumes, le Cancer (BOUBLENZA, 2012).

Tous les constituants de la graine du caroubier (tégument, endosperme et cotylédon), jouent un rôle industriel et médical important, mais la gomme (endosperme) reste la plus importante, puisqu'elle est utilisée, comme agent stabilisateur, gélifiant, fixateur dans différents domaines comme l'agroalimentaire (fromage, mayonnaise, salades...), la cosmétique (crèmes, dentifrices...), l'industrie pharmaceutique (médicaments, sirops...), la tannerie, le textile (BOUBLENZA, 2012).

IV.3. Les autres parties de l'arbre

Les autres parties de l'arbre sont aussi exploitées, en effet, la fleur est utilisée par les apiculteurs pour la production du miel de caroube ou miel d'automne, alors que les feuilles sont utiles pour l'alimentation des animaux. L'écorce et les racines sont utilisées en tannerie grâce à leur teneur en tanins. Le bois du caroubier, dur de couleur rouge, est estimé dans la charbonnerie et la menuiserie (GAOUAR, 2011).

Dans les domaines forestiers, les pieds mâles sont souvent taillés pour le fourrage. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées avec le polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles, ces derniers ont été utilisés en Turquie, dans la médecine 'traditionnelle' pour traiter la diarrhée et dans l'alimentation diététique ; ils ont été également désignés comme étant porteurs d'activités cytotoxiques et antimicrobiennes (GAOUAR, 2011).

I. Introduction

De manière générale, les normes de qualité des effluents secondaires deviennent de plus en plus rigoureuses, pour cela plusieurs stations d'épuration ont vu le jour, dont la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou qui fait l'objet de notre étude.

II. Objectif du travail

Dans cette partie, nous allons présenter le fonctionnement de ladite station, ainsi que les différents paramètres physicochimiques retenus pour l'analyse et la caractérisation de l'effluent traité. Puis, nous procéderons à une évaluation de la qualité physico-chimique et biologique afin de prescrire ou de proscrire l'effluent pour une réutilisation agricole. Enfin, si les normes de qualité requise pour l'agriculture sont favorables, nous allons effectuer des essais de germination des graines du caroubier.

Notre partie expérimentale est réalisée dans le laboratoire de traitement des eaux de notre Faculté en collaboration avec le laboratoire de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Afin d'effectuer les essais de germination, nous avons mis en place un protocole expérimental pour constater les différents stades de germination.

III. Présentation générale de la STEP Est de Tizi-Ouzou**III.1. Caractéristiques techniques de la STEP Est de Tizi-Ouzou**

Tableau IV : Fiche technique de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou (ONA, 2019).

Désignations	Valeurs
Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Domestiques
Population raccordée	120 000 EH
Charge hydraulique	
Débit journalier en temps sec	18 000 m ³ /j
Débit moyen journalier	750 m ³ /h
Débit de pointe en temps sec	1 260 m ³ /h
Débit de pointe en temps de pluie	2 250 m ³ /h

III.2. Localisation géographique

La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou est un établissement classé certifié ISO 14001, située sur la rive gauche de l'Oued Sébaou à 200 m en amont du pont de bougie sur le chemin de wilaya N° 129 reliant Tizi-Ouzou à Bejaia, la STEP est donc implantée à la sortie Est de la ville de Tizi-Ouzou, d'une superficie de 35 591 m².



Figure 06 : Image satellitaire représentant la localisation géographique de la station (Google Earth, 2018)

III.3. Fonctionnement de la station

La STEP Est de Tizi-Ouzou fonctionne selon le procédé d'épuration à boues activées à culture libre et à moyenne charge. Une série de procédés de traitement regroupés en trois grandes catégories qui sont dans l'ordre suivant :

III.3.1. Le prétraitement

Ce dispositif a pour but d'éliminer les éléments solides ou particuliers les plus grossiers.

a) Le dégrillage grossier

Dès l'arrivée de l'effluent brute dans cet ouvrage, il passe par une filtration physique mécanique à travers des grilles d'un espacement de 5 cm, conçues pour retenir tous les éléments grossiers afin d'y être évacués.



Figure 07 : Dégrilleur grossier

b) Le dégrillage fin

Ensuite, un dégrillage automatique fin est installé, dont l'espacement entre deux barreaux de la grille est de 25mm afin d'éliminer les particules les plus fines.



Figure 08 : Dégrilleur fin

c) Dessablage

Le sable est décanté par gravité, après sédimentation ces particules sont aspirées pour être éliminées à l'aide d'une vis sans fin, qui finit dans une benne à sable. Il sera par la suite réutilisé localement ou dans l'aire de stockage des boues.



Figure 09 : Vis sans fin

d) Déshuilage et dégraissage

Deux ponts de raclage permettent de séparer les huiles et les graisses de l'eau. L'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses (densité inférieure à celle de l'eau), qui seront ensuite éliminées par raclage vers un couloir à graisse pour y être enfin récupérées manuellement.



Figure 10 : Ponts de raclage

III.3.2. Le traitement secondaire

Cette étape a pour but de séparer l'eau et la boue, la boue engendrée va être traitée par d'autres procédés qu'on détaillera dans ce qui suit.

a) L'aération

L'eau prétraitée sera acheminée vers les bassins de traitement biologique, la station comporte deux lignes, deux grands bassins biologiques aérés et alimentés en eau à épurer avec des cultures bactériennes libres développées à l'intérieur. Le brassage permet d'homogénéiser le mélange des floccs bactériens avec l'eau usée et d'éviter leur dépôt. L'aération a pour but de dissoudre l'oxygène dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des microorganismes.



Figure 11 : Le bassin biologique

b) Clarification

Après un temps de séjour dans le bassin d'aération, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé décanteur secondaire afin de séparer l'eau des boues.



Figure 12 : Le clarificateur

Une fois l'eau est clarifiée elle est dirigée vers la sortir et rejetée dans l'Oued (l'Oued Sébaou) après avoir subi des analyses et des contrôles.

III.3.3. Traitement des boues

Les boues sont recyclées et stockées dans les puits à boue appelés (Boues de recirculation ou boue de retour) utilisé pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices dans les bassins d'aération, l'excédent est évacuée vers la stabilisation.

a) La stabilisation aérobie

Elle se déroule au niveau de deux bassins de stabilisation. Elle consiste à diminuer le pouvoir de fermentation des boues donc limiter les nuisances olfactives et à poursuivre le développement des micro-organismes aérobies, jusqu'à dépasser la période de synthèse et réaliser leurs propres cellules et leur propre auto-oxydation. Ensuite sont transférées vers l'épaississeur par des groupes de pompes.



Figure 13 : Le stabilisateur

b) Epaississeur

Les boues en excès sont dirigées vers l'épaississeur. C'est le principal stade de traitement des boues. Son principe consiste à enlever une partie plus ou moins importante de l'eau contenue dans les boues afin de diminuer leurs volumes et réduire le cout d'évacuation par épaississement.



Figure 14 : L'épaississeur

c) Lits de séchage

Les boues épaissies sont évacuées par voie gravitaire dans une conduite vers les lits de séchage où elle séjourne entre 20 à 24 jours, cette étape s'effectue naturellement sur 20 lits de séchage.



Figure 15 : Lits de séchage

La boue séchée est évacuée manuellement vers les aires de stockage des boues pour y être valorisées en agriculture comme engrais (après une analyse).

Ce chapitre est consacré à la caractérisation des paramètres de qualité de l'effluent secondaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou ainsi qu'à la mise au point du protocole expérimental concernant les essais de germination des graines du caroubier.

À cet effet, afin de caractériser ledit effluent secondaire, nous avons procédé à

- **L'analyse quotidienne** : mesure de la température (T°), potentiel hydrogène (Ph) et la conductivité électrique (CE).
- **L'analyse complète** : mesure de la teneur en orthophosphate (PO_4^{-3}), nitrates (NO_3^{-}), nitrites (NO_2^{-}) et en azote ammoniacale (NH_4^{+}).

I. Prélèvement et échantillonnage

Afin de caractériser les eaux usées traitées par la STEP Est de Tizi-Ouzou et d'en apprécier leurs aptitudes à être recyclées en agriculture, nous avons réalisé une série de mesures durant la période allant du 17 au 29 mars correspondant à la durée de notre stage pratique au niveau de ladite STEP.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.)

Dans la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou, la méthode appliquée est celle de l'échantillon composite, elle consiste à prélever deux à trois fois par jour un volume déterminé au minimum 200 ml à la sortie de la STEP.

Cet échantillon sera conservé au réfrigérateur puis mélanger l'ensemble des échantillons pour constituer un échantillon homogène à analyser.

II. Analyses physique et chimiques des eaux épurées

Cette investigation est une étape importante et décisive dans les projets de valorisation des eaux usées traitées en agriculture. En effet, la présence en excès de certains paramètres tel que les métaux lourds, les bactéries pathogènes et les nématodes limite sévèrement cette valorisation.

➤ **Analyse quotidienne**

Pour ces analyses de routine, les principaux paramètres sont la température, le pH et la conductivité. Ces paramètres sont mesurés chaque jour pour l'eau épurée à la sortie de la STEP, les méthodes d'analyse et le mode opératoire sont consignés dans l'annexes 2.

➤ **Analyse complète**

Ces analyses sont faites à raison d'une fois par semaine pour la mesure de : PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- et NH_4^+ .

La méthode d'analyse et le mode opératoire de ces mesures sont exprimés en **annexes 2**.

III. Essai de germination du caroubier

La seconde partie de ce travail a été pratiquée au laboratoire eau et environnement du département des sciences agronomiques et a portée sur la conduite de caroubier avec les effluents secondaires de la STEP Est de Tizi-Ouzou (solide et liquide). Un premier essai avec du sol dont une partie irriguée avec une eau potable et une autre irriguée avec l'eau épurée de STEP Est de Tizi-Ouzou. Le deuxième essai, des gobelets remplis en boue de STEP irriguée avec l'eau de la même STEP ; pour une éventuelle comparaison entre eux.

La dernière section a été réalisée sur des boites de pétris et les graines sont imbibées avec une eau potable pour le premier essai et une eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou pour le second essai.

III.1. Préparation des graines

Les graines fraîches germent normalement sans traitement préalable mais une fois qu'elles ont séchées elles deviennent très dure et n'absorbent plus l'eau empêchant ainsi la graine de germiner, Pour cela on a trempé les graines dans l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré à 95-97% pendant 1 heure (le traitement à l'acide sulfurique remplace la relation entre la plante et l'animal qui habituellement mange la graine, la laisse mariné dans son tube digestif et ses sucs gastrique quelque heures puis la rejette), puis les rincer bien avec de l'eau, ensuite les trempe à nouveau dans l'eau tiède pendant 24 heures. Enfin le semi (DARDOUR, DAROUI, BOUKROUTE, KOUDDANE et BERRICHI, 2014).



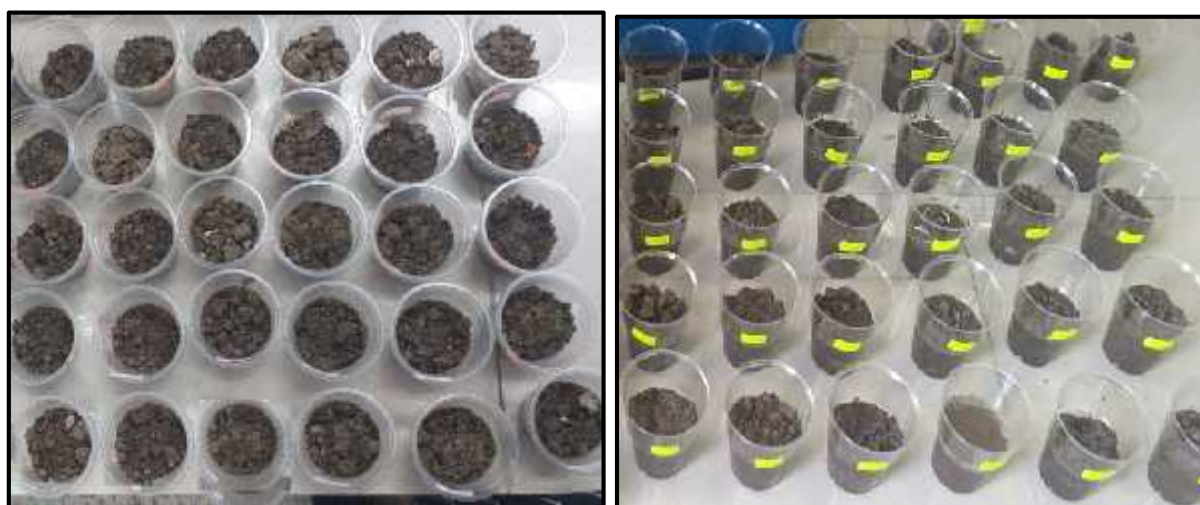
Figure 16 : Graines de caroubier sur la gauche trempées dans l'acide sulfurique, et dans l'eau tiède sur la droite

III.2. Méthode de culture

a) Préparation du sol

Le sol utilisé est de type argilo-limoneux, Il provient d'une exploitation de la faculté des sciences agronomique de l'université de mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Prélevé sur une profondeur allant de 0 à 25 cm, ce sol est séché puis mélangé pour obtenir un sol homogène.

Le semis de caroube est réalisé le 12/06/2019 directement sur des gobelets (60 gobelets) en plastique perforés au fond afin de permettre le drainage des eaux d'irrigation excédentaires, avec un diamètre de 5 cm et une profondeur de 8.5cm, sont remplis en sol dont une graine est plantée au centre à une profondeur allant de 1 à 2cm.



A/ Eau STEP

B/ Eau de robinet

Figure 17 : Le semis des graines de caroubier dans le sol

b) Préparation du boue

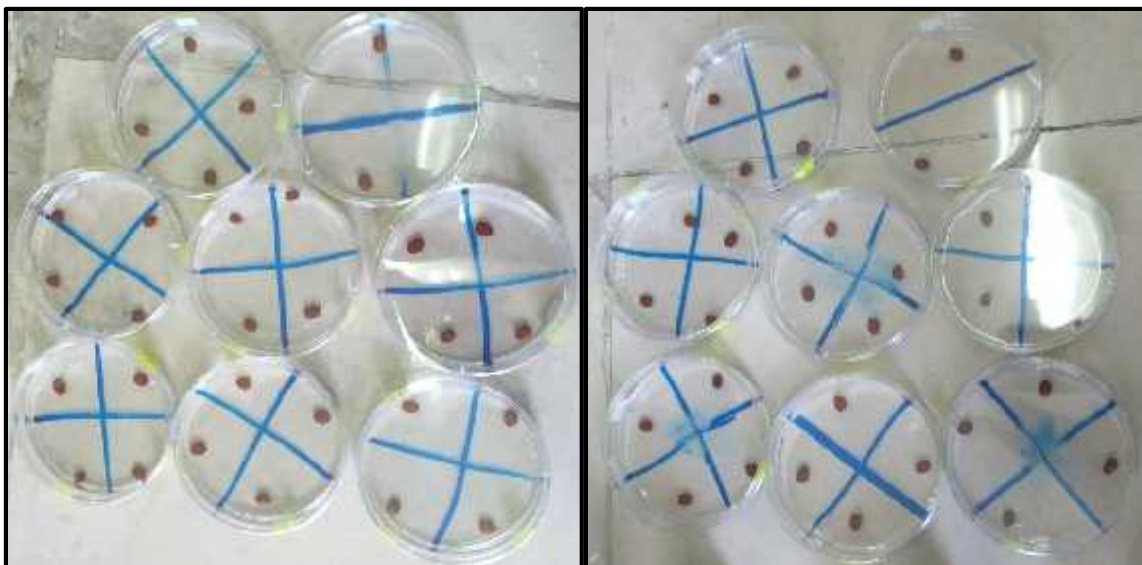
La boue utilisée provient de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, elle est séchée puis mélangée pour obtenir une boue homogène. On a suivi le même protocole, le semis est réalisé sur 30 gobelets en plastique mais cette fois ci remplis de boue.



Figure 18 : Le semis dans la boue

c) Préparation des boîtes de pétri

16 boîtes de pétri ont été utilisées : 8 boîtes contenant du coutant et 4 graines traitées avec l'eau potable pour chacune et 8 boîtes traitées avec l'eau usée traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou puis maintenues dans une ETUVE à 22-25 °C.



A/ Eau STEP

B/ Eau de robinet

Figure 19 : le semis des graines de caroubier dans les boîtes de pétri

Les résultats d'analyses physico-chimiques obtenus sont présentés sous forme d'histogrammes avec Microsoft office Excel 2007, de telle façon qu'ils soient facilement exploitables pour déterminer la nature des effluents secondaires de STEP Est de Tizi-Ouzou.

I. Interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques

Durant notre stage nous avons procédé à :

- **L'analyse quotidienne** : Température, pH et conductivité.
- **L'analyse complète** : PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- et NH_4^+ .

a) Température

D'après les résultats obtenus (figure20), la température moyenne de l'eau épurée est de 15,3 °C.

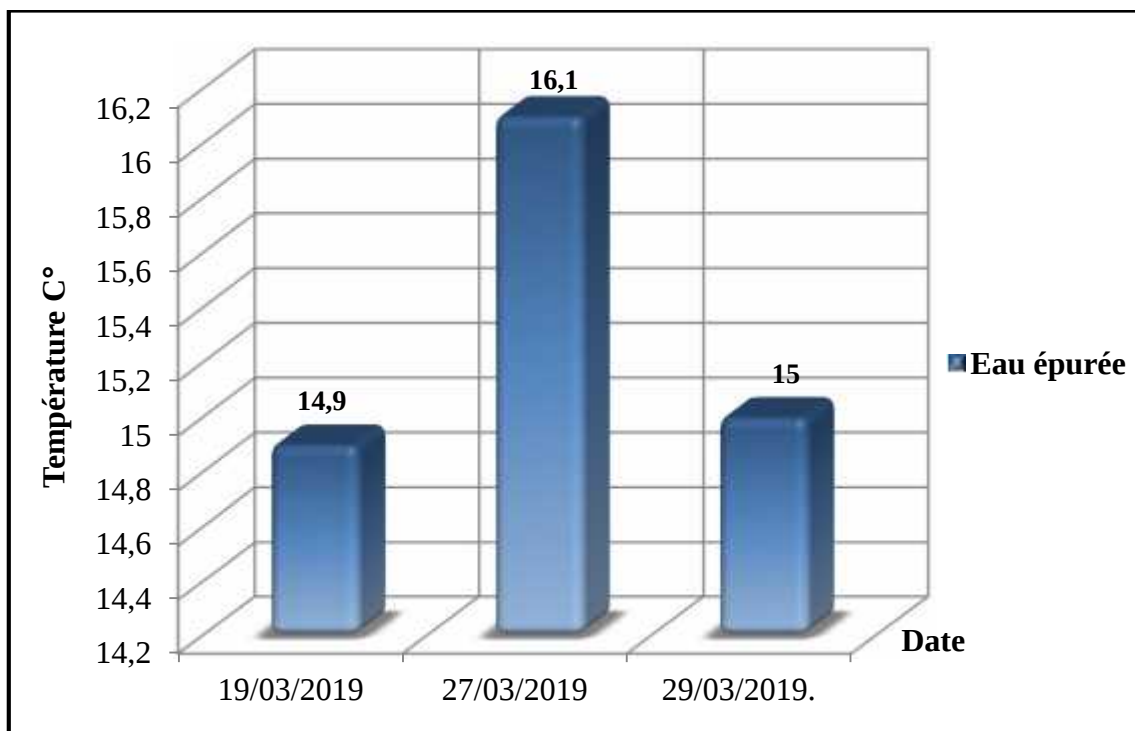


Figure 20 : Variation de la température de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.

La température de l'effluent traité est inférieure à la valeur de référence exigée par l'OMS fixée 30°C. Et ne présente aucune contre-indication par rapport aux normes algériennes exigées pour une utilisation agricole de ces eaux en irrigation.

b) Potentiel hydrogène (pH)

La figure 21 indique que le pH de l'eau épurée varie de 6,55 et 7,12 et alors une moyenne de 6,83.

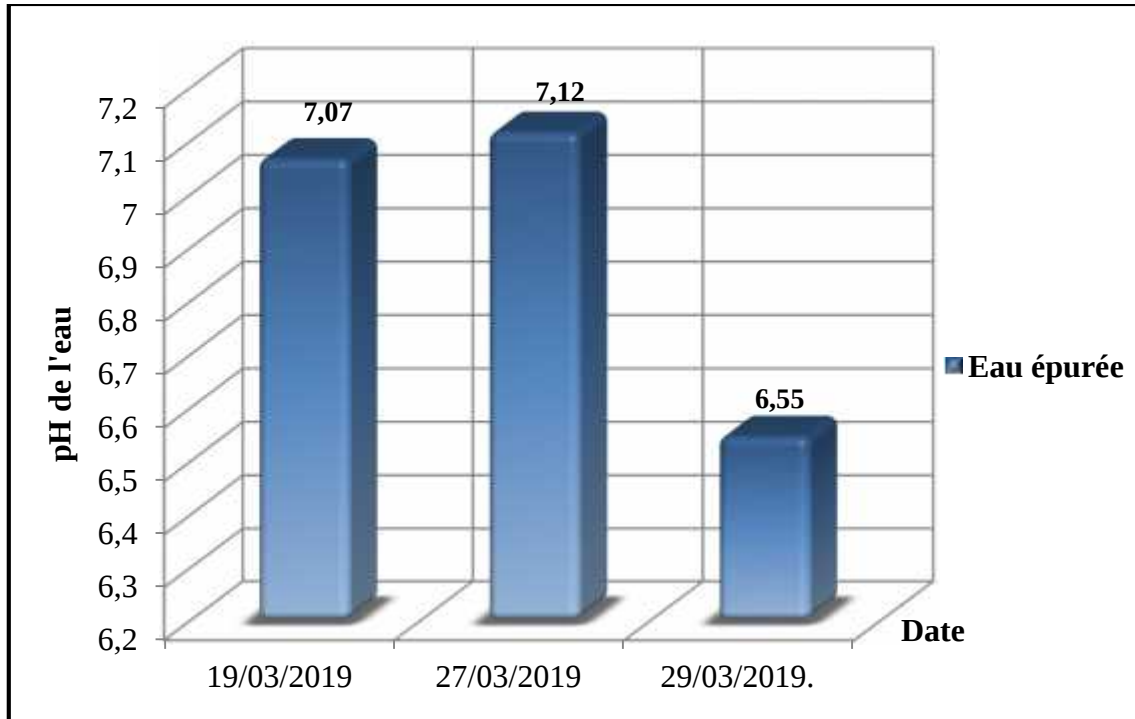


Figure 21 : Variation du pH de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.

Ces valeurs sont conformes à la norme de pH exigée par l'OMS (6,5-8,5), mais aussi aux normes algériennes sur la qualité des eaux destinées à la réutilisation agricole.

c) Conductivité électrique CE

Les valeurs de la conductivité indiquées sur figure 22 varient entre 764 et 936 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau usée traitée avec une moyenne 835 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductivité de l'effluent brute est supérieure à celle de l'effluent traité, cette diminution est due à la réduction de la conductance des particules minérales qui sont éliminées après différentes étapes d'épuration.

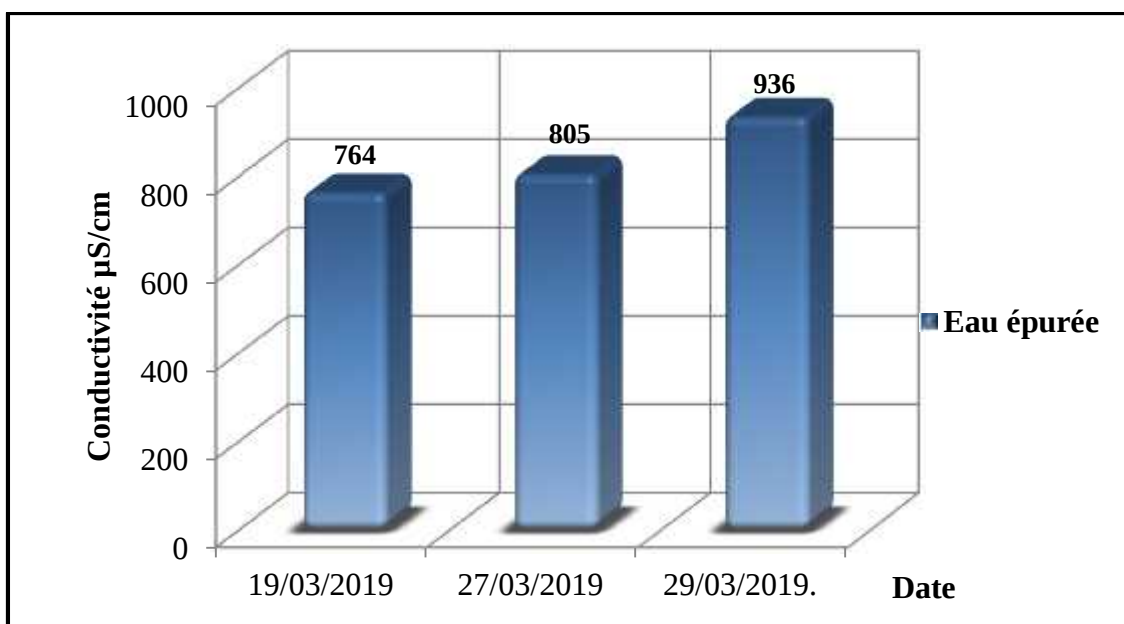


Figure 22 : Variation de la conductivité de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.

Ces valeurs répondent aux exigences de qualité des eaux rejetées fixées par l'OMS et celles utilisées en irrigation qui ne doit pas dépasser 3000 µS/Cm.

d) Orthophosphate (PO_4^{3-})

La teneur moyenne en Orthophosphate (PO_4^{3-}) dans l'eau traitée est de 0,22 mg/l.

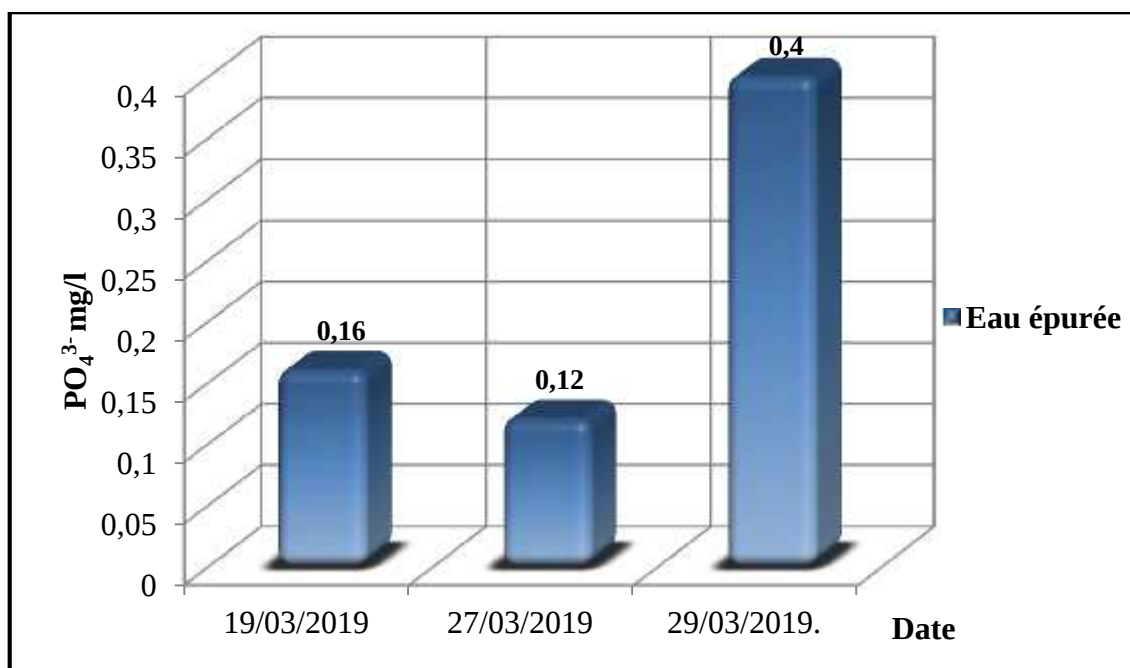


Figure 23 : Variation d'orthophosphate (PO_4^{3-}) de l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.

La réduction de la teneur en ortho-phosphates à la sortie de la STEP est due à l'activité des microorganismes au cours des processus d'épuration.

La teneur en ortho-phosphates enregistrée dans l'eau traitée reste en dessous de la limite fixée par l'OMS pour les rejets directs et pour l'irrigation (< 2 mg/l).

e) Nitrates (NO_3^-)

La représentation graphique (figure 24) indique que la teneur en nitrates est considérablement élevée après le processus d'épuration avec une moyenne de 2,38 mg/l.



Figure 24 : Variation des Nitrates (NO_3^-) dans l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.

Les valeurs enregistrées dans les eaux rejetées par la STEP ne dépassent pas les normes de l'OMS sur la qualité des eaux rejetées par les STEP (< 10mg/l).

Cependant et d'après les normes algériennes fixées pour l'irrigation (< 30mg/l), l'utilisation de ces eaux en irrigation ne pose pas de risques mais au contraire bénéfique pour les cultures en matière de nutriments.

f) Nitrites (NO_2^-)

D'après les résultats obtenus (figure 25) le taux moyen de l'azote nitreux enregistré pour l'eau épurée est de 0,74 mg/l.



Figure 25 : Variation des Nitrites (NO₂⁻) dans l'eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d'étude.

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque soit de la réduction des nitrates.

Les valeurs mesurées des nitrites dans ces eaux traitées sont supérieures à la limite imposée par les normes de l'OMS (< 0,2 mg/l) sur les rejets. Par ailleurs, un traitement tertiaire conviendrait afin de réduire et/ou éliminer cet ion pour une valorisation agricole.

g) Azote ammoniacal (NH₄⁺)

Le taux moyen en ammonium enregistré pour l'eau épurée diminue à 7,2 mg/l.

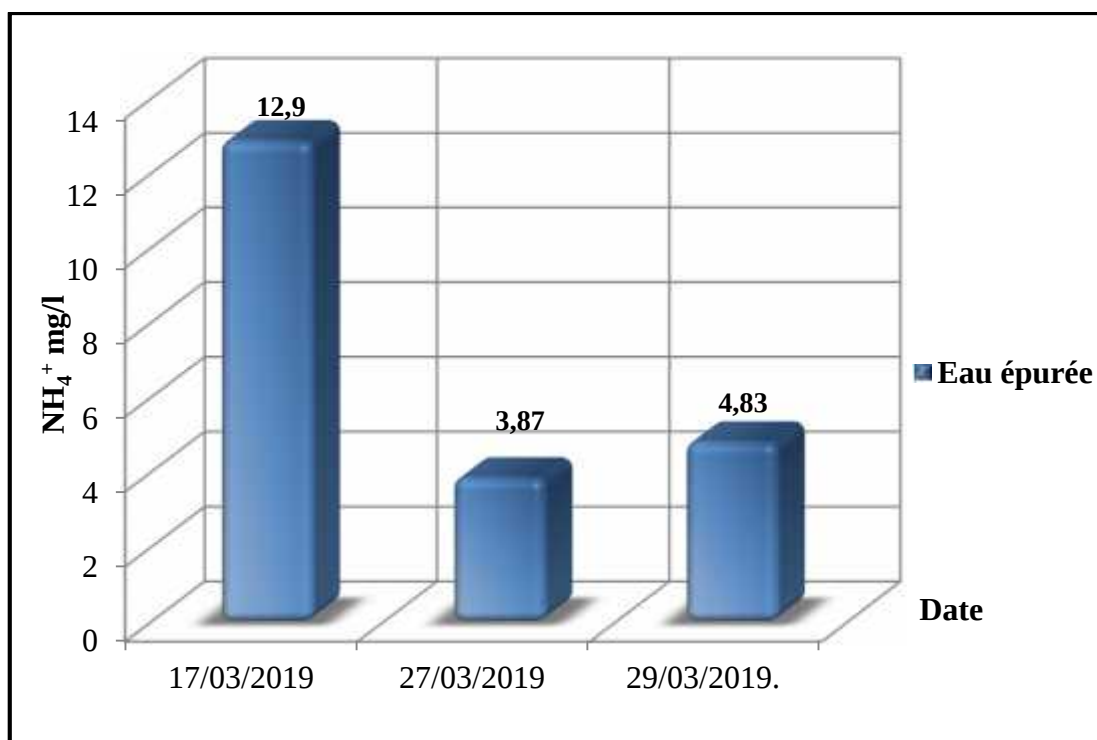


Figure 26 : Variation de l’Azote ammoniacal (NH_4^+) dans l’eau épurée de la STEP Est de Tizi-Ouzou durant la période d’étude.

Cependant la teneur en ammonium dans l’eau traitée reste en moyenne supérieure à la limite fixée par la norme de rejets de l’OMS qui ne doit pas dépasser 5 mg/l. Ces résultats restent intéressants pour une valorisation agricole du point de vue azote ammoniacal.

Ces valeurs représenteraient donc un risque de toxicité, l’ammonium grand consommateur d’oxygène et peut se transformer en gaz ammoniacal en suspension dans l’eau et qui serait toxique pour les poissons (si le bassin qui contient l’eau de réutilisation et aussi pratiqué pour l’aquaculture).

Cette baisse considérable est due au type du processus à boues activées qui permet l’élimination de la quasi-totalité de l’ammonium par le mécanisme de nitrification par les bactéries nitrifiantes.

II. Interprétation des résultats d'essais de la germination des graines du caroubier

Suite aux analyses bactériologiques et parasitologiques énumérés ci-dessus, les effluents solides et liquide de la STEP présentent des limites pour toute utilisation agricole à petite ou à grande échelle. En outre, et afin de confirmer certains effets sur le comportement des graines sous ces effluents, nous avons procédé à un essai pilote comparatif au laboratoire.

L'ensemble des résultats illustrés sur les figures ci-dessous ont été observés pendant les essais de germination du caroubier effectués au laboratoire de traitement des eaux du département d'Agronomie de l'université de Tizi-Ouzou, durant la période allant du 25/04/2019 au 12/07/2019.

a) Germination des graines du caroubier ensemencées dans le sol et dans la boue

Dans la représentation graphique ci-dessous, il s'agit de longueur moyennes par plant de caroubier et concernent les deux traitements réalisés : le sol irrigué avec l'eau de robinet pour le premier et la boue irriguée avec l'eau de STEP pour le second traitement.

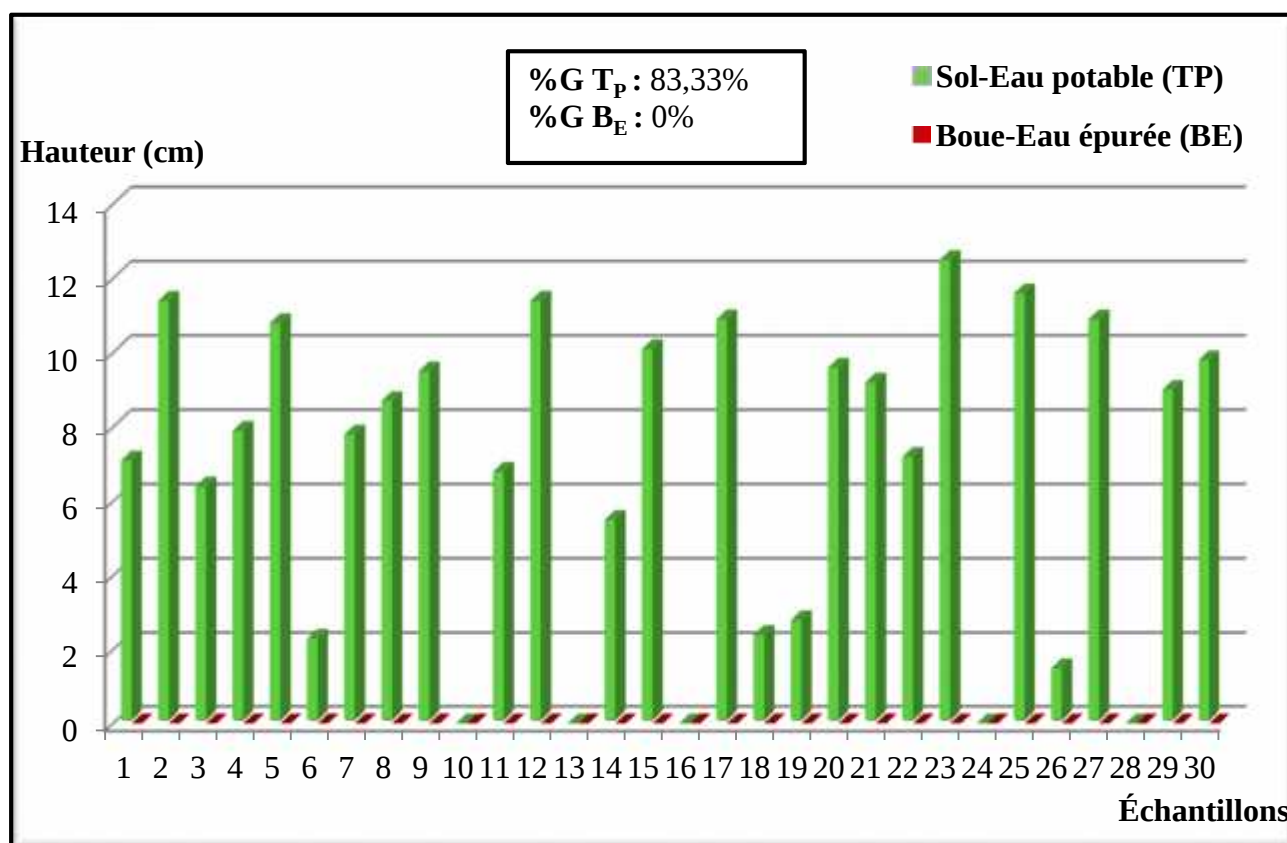


Figure 27 : Variation de la hauteur moyenne des plants de caroubier plantés dans le sol et dans la boue.

Les résultats de la figure 27 montrent un développement important des plants avec une hauteur moyenne de 7,4 cm pour les graines ensemencées dans un sol de type argileux limoneux et irrigués avec une eau de robinet, le taux de germination été de 83,33%.

Cependant, nous n'avons enregistré aucune germination concernant les graines ensemencées dans la boue résiduaire de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Cette inhibition serait due à la mauvaise qualité physique (texture et structure) chimique (minéralisation et détergents) et biologique (parasites et pathogènes) de ces effluents.

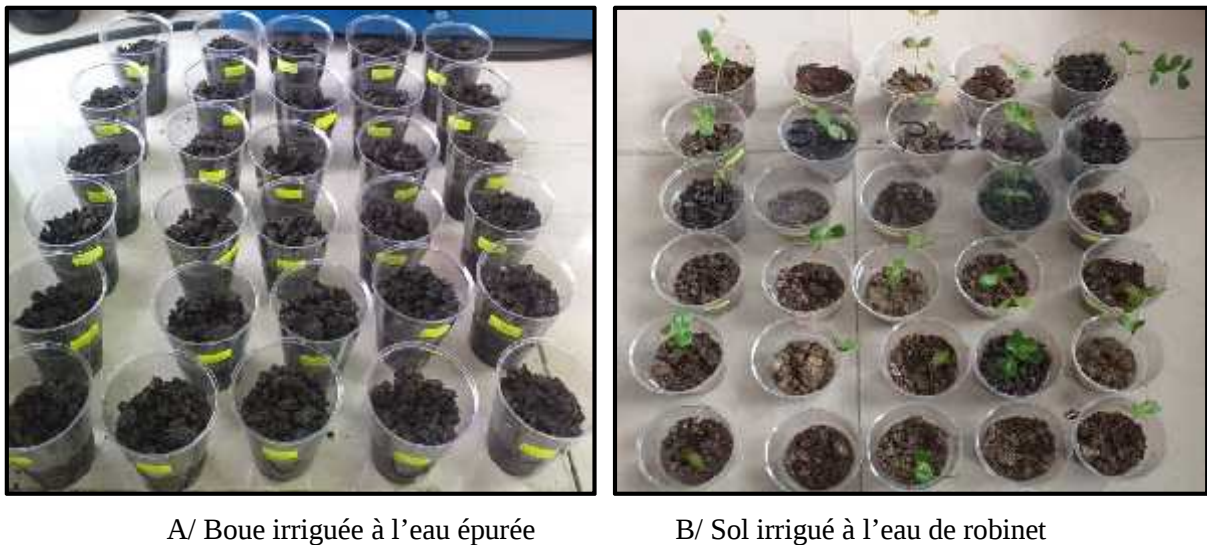


Figure 28 : La germination de caroubier

Le suivi temporel a permis de mettre en évidence une accélération du processus de germination des plants de caroubier dans le sol arrosé à l'eau de robinet, comparé à ceux dans la boue arrosée à l'eau traitée de la STEP où nous avons plutôt constaté la formation de moisissure autour des graines (figure 29).

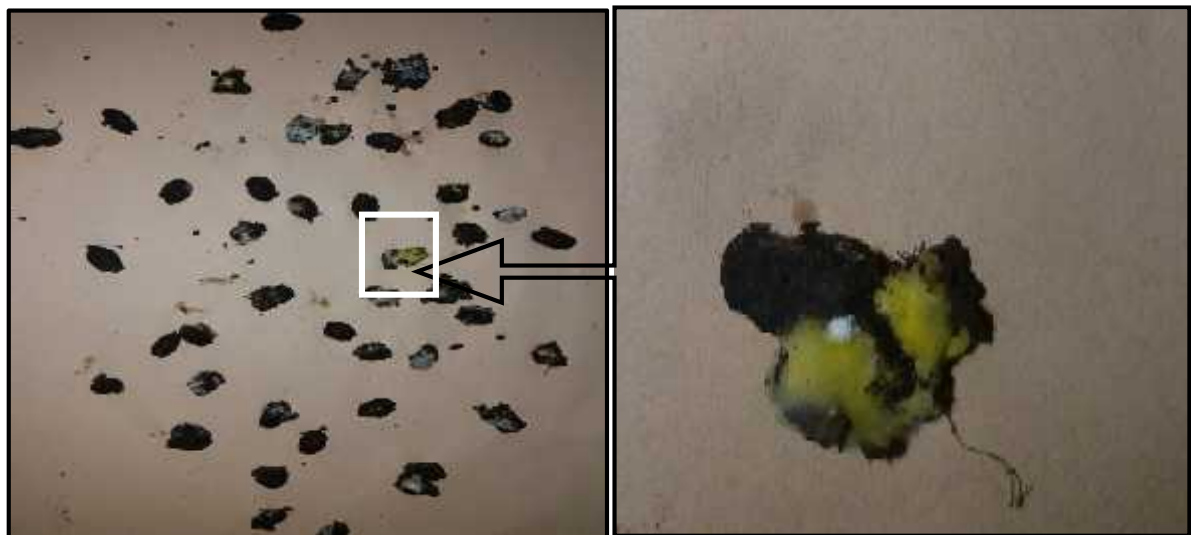


Figure 29 : Formation de moisissure dans les graines de caroubier

L'effet négatif des boues résiduaires, des bactéries pathogènes et parasites trouvés dans les eaux traitées de la STEP sur le processus de développement des graines de caroubier est dû essentiellement à la composition physico-chimique et biologique de ces effluents.

b) Germination des graines de caroubier dans le sol irrigué par l'eau potable et par l'eau traitée de STEP

La figure 30 présente les hauteurs moyennes par plant de caroubier concernant les deux pratiques culturales étudiées.

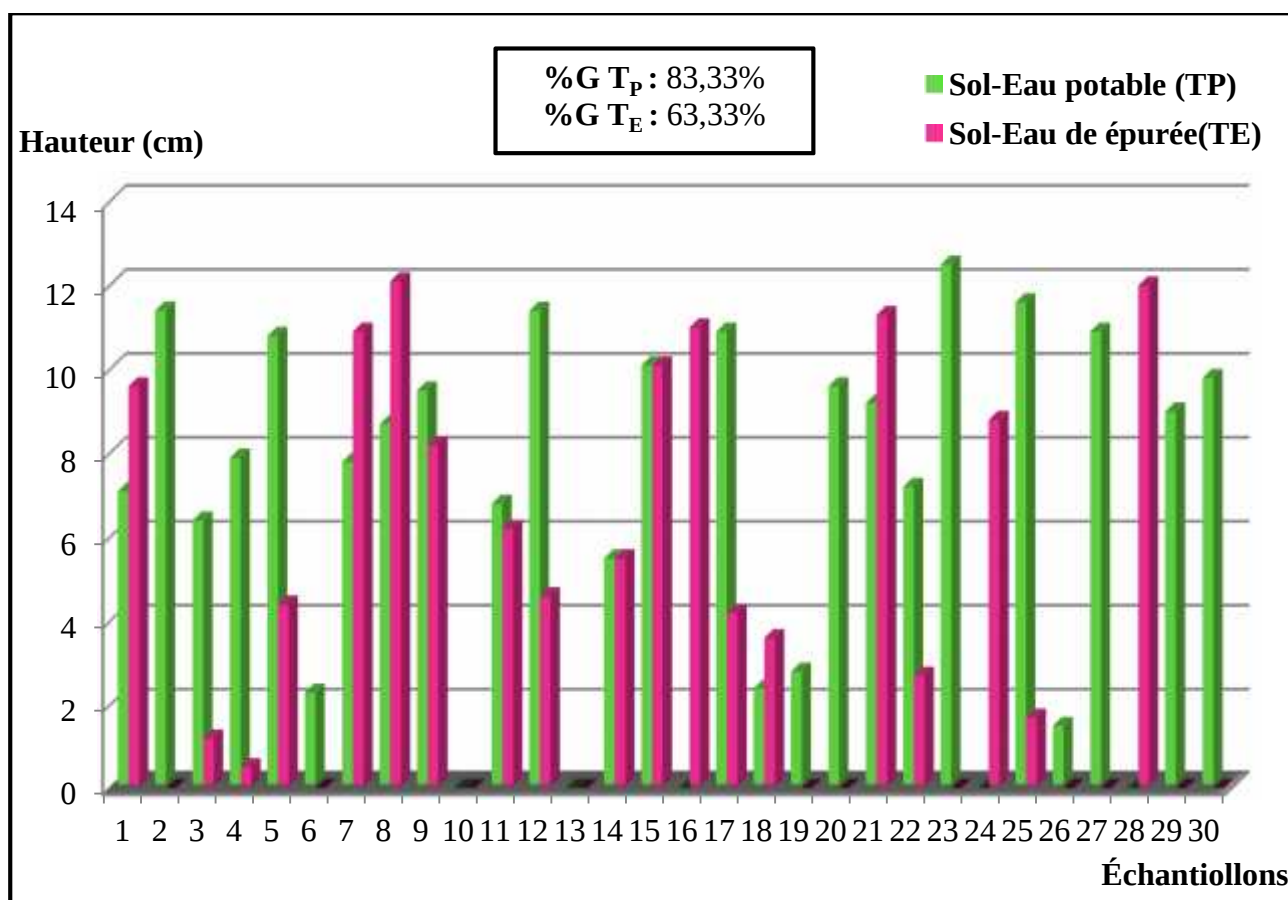
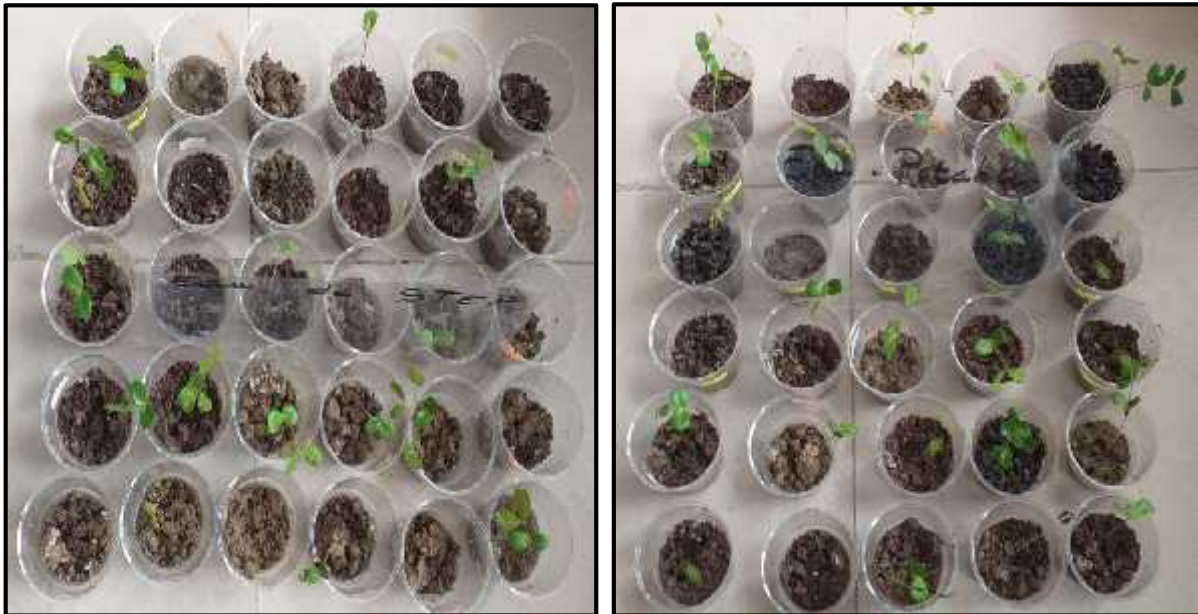


Figure 30 : Variation de la hauteur moyenne des plants de caroubier ensemencées dans le sol.

Un développement important avec une hauteur moyenne des plants de 7.4 cm pour les graines ensemencées dans un sol irrigué avec une eau de robinet, le taux de germination de 83,33%.

Mais des proportions moins importantes dont la hauteur moyenne des plants enregistrée est de 6.3 cm pour graines ensemencées dans le sol irrigué par l'eau traitée de la STEP, avec un taux de germination de 63,33%.



A/ Eau épurée

B/ Eau de robinet

Figure 31 : la germination des plants de caroubier dans le sol.

La figure 31 montre les résultats obtenus, le processus de germination est accéléré dans les deux essais mais avec une proportion moins importante dans le sol irrigué à l'eau traitée de STEP. Cela est dû à la caractéristique physique, chimique et biologique (présence des germes pathogènes et des helminthes) de cette dernière.

c) Germination des graines de caroubier dans les boîtes de pétrie

La représentation graphique ci-dessous (figure 32) présente les hauteurs moyennes par plant de caroubier pour les graines ensemencées dans les boîtes de pétri : avec l'eau de robinet pour le premier, et avec l'eau de STEP pour le second pendant 20 jours.

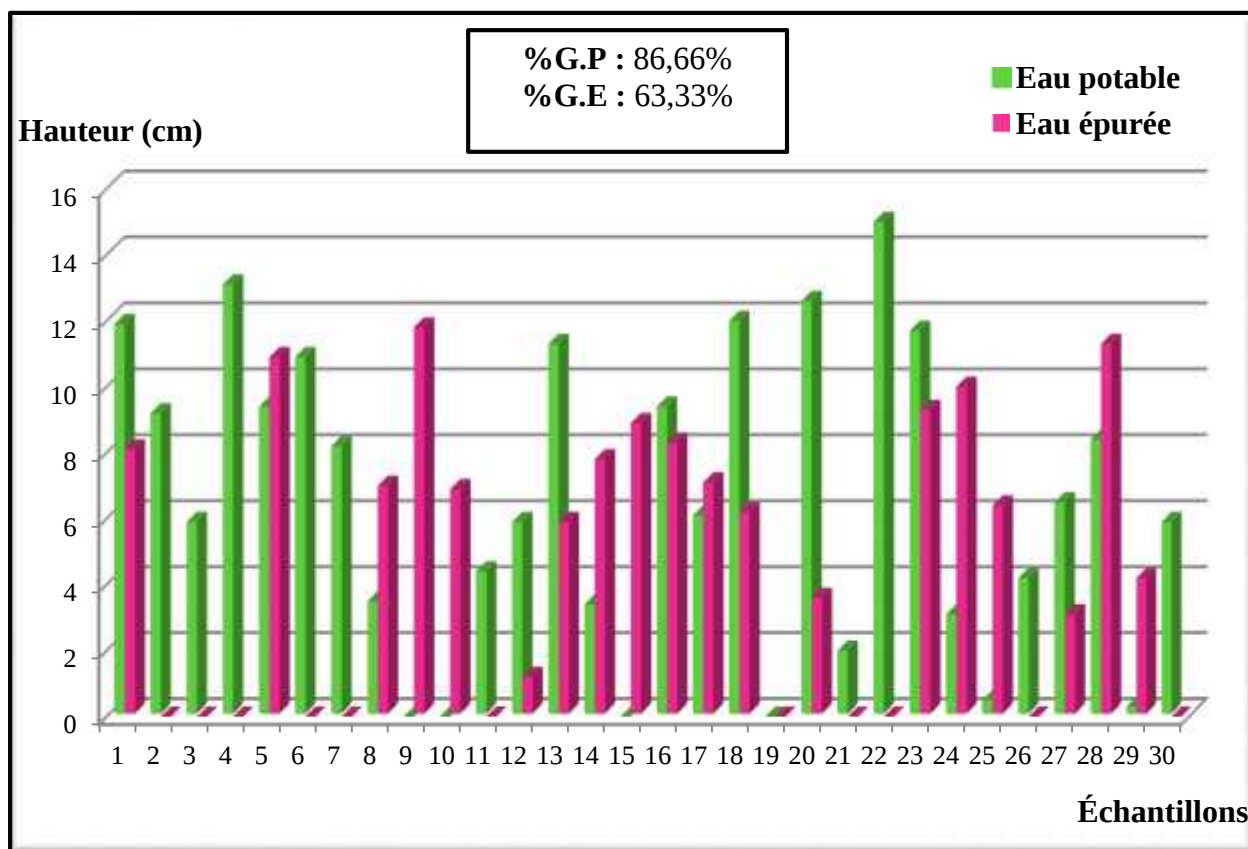


Figure 32 : Variation de la hauteur moyenne des plantules de caroubier ensemencées dans des boîtes de pétri (20 jours).

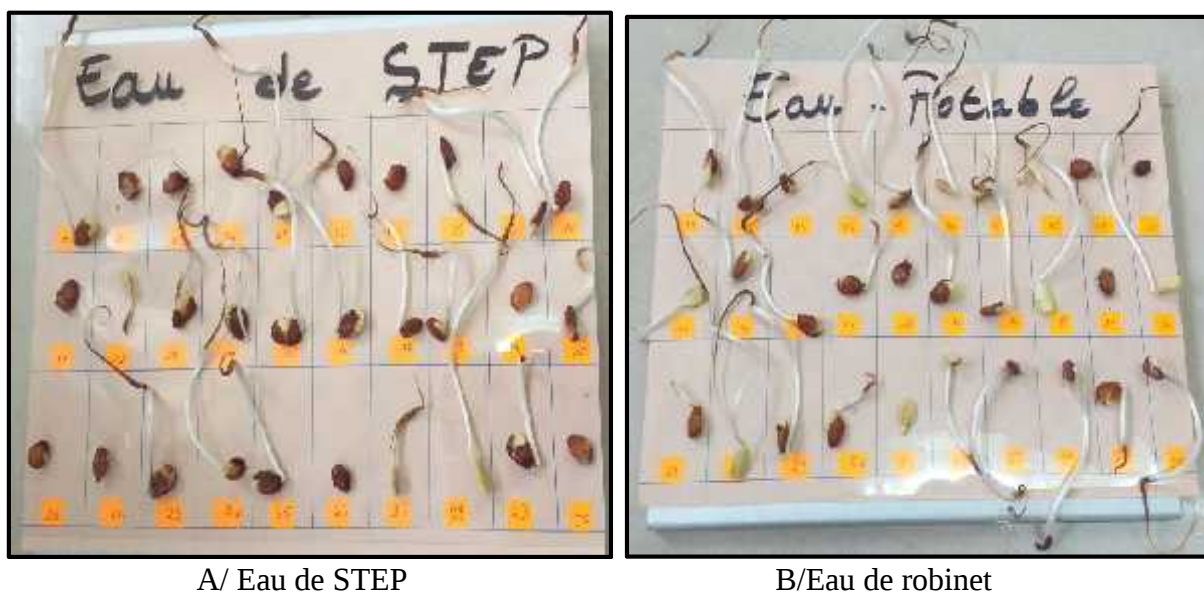


Figure 33 : Illustration de la germination des graines dans les boîtes de pétri

Des valeurs élevées de hauteur moyenne enregistrées sur les graines germinées traitées par l'eau de robinet, ces valeurs sont d'une moyenne de 7,75 cm avec un pourcentage de germination de 86,66%.

La germination des graines traitées à l'eau de STEP est de l'ordre de 63,33% dont la valeur moyenne est de 5,9 cm.

La germination des graines traitées à l'eau de robinet est légèrement supérieure à celle des graines traitées à l'eau épurées. Cette différence de germination revient à la mauvaise qualité physique, chimique ainsi que la qualité bactériologique et parasitologique qui a un effet négatif sur le développement des gaines.

Notre étude a porté essentiellement sur les effluents secondaires solides et liquides (la boue résiduaire et l'eau épurée) de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Concernant les paramètres physico-chimiques les résultats des analyses effectuées montrent que les effluents secondaires de ladite STEP ne présentent aucune limite pour une valorisation agricole. À cet effet, des essais de germination des graines du caroubier ont été effectuées. Par ailleurs, des analyses précédentes sur les paramètres bactériologiques et parasitologiques voir annexe (3), ont révélé la présence d'éléments biologiques (germes pathogènes et helminthes) limitants une réutilisation agricole sans risque sanitaire.

Dans la première partie de nos essais expérimentaux, les résultats des analyses effectuées indiquent que la concentration moyenne en ions nitrate (NO_3^-) est de 2,38 mg/l, les orthophosphate (PO_4^{3-}) est de 0,22 mg/l, sont conformes aux normes requises par l'OMS pour leurs rejets directs dans les milieux naturels sans nuisances pour l'environnement. Les ions nitrites (NO_2^-) qui présentent une concentration de 0,74 mg/l et l'azote ammoniacal (NH_4^+) avec 7,2 mg/l, dépassent les limites fixées par l'OMS et présentent un risque de toxicité pour les milieux récepteurs. Par ailleurs un traitement tertiaire conviendrait afin de réduire et/ou éliminer ces ions pour une valorisation agricole.

La seconde partie de ce travail réalisée, est basée sur le traitement complémentaire des eaux épurées de la STEP de Tizi-Ouzou par leur valorisation dans la germination des graines du caroubier.

Le suivi des processus de germination et de croissance des graines de caroubier, a permis de constater un effet non satisfaisant sur le processus de développement des graines ensemencées dans la boue résiduaire et irriguée à l'eau de STEP. Cet effet serait dû à certains paramètres physiques, chimiques et biologiques dudit effluent secondaire. Parmi les aspects physiques constatés, nous pouvons citer la présence de mousse en plus des paramètres biologiques sus cités dont ces derniers provoquent des moisissures sur les graines, d'où l'inhibition importante de la germination.

Ainsi, on a pu montrer qu'à travers un suivi phénologique des graines du caroubier pour, l'utilisation des eaux de la STEP de Tizi-Ouzou pouvait induire un retard dans le développement des plants, à travers un probable effet non satisfaisant due à sa qualité

Conclusion générale

physico-chimique, microbiologique et parasitologique sur les processus de germination et dont les conséquences seraient beaucoup plus visibles sur le processus de croissance qui subit de plein fouet. De ces effets, il en résulte alors un retard dans l'évolution morphologique de la culture.

Perspectives :

-)] Un traitement tertiaire est nécessaire pour l'élimination des germes pathogènes et les parasites ;
-)] L'arrêt immédiat de la recommandation de ces effluents au pris des agriculteurs.

Références bibliographiques

ABIBSI. N, 2011 : Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra. (Mémoire de magister ingénieur d'état en hydraulique), Université MOHAMED Khider-Biskra.

Agence Française de Développement, 2011 : Réutilisation des eaux usées traitées ; perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action, BRL Ingénierie.

ALPHA SEDDIKI. M, 2005 : Thèse de doctorat en pharmacie sur : La qualité organoleptique de l'eau de consommation. Université de BAMMAKO. Mali

AMARA. A ; ZEMOUCHE.N, 2016 : Traitement des eaux de rejets de la station d'épuration de Tizi-Ouzou Est. Suivi des paramètres de pollution. (Mémoire de fin d'études) U.M.M.T.O.

BELKADI. S ; OUELHOCINE.O, 2019 : Impact des rejets de la STEP Est de Tizi-Ouzou sur la contamination parasitologique de la ressource hydrique du moyen Sébaou destinée pour l'AEP. (Mémoire de fin d'études). U.M.M.T.O.

BENAMARA. S ; BOULTOUAK. H, 2016 : Effets des eaux usées traitées sur le développement et la croissance de la luzerne (*Medicago sativa L.*). (Mémoire de fin d'études) U.M.M.T.O.

BENZARIA. M, 2008 : Approche méthodologique pour les projets de réutilisation des eaux usées en irrigation, comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de l'environnement. Université de Québec à Montréal.

BERRAHMOUN. M.A, 2016 : Caractérisation et valorisation des effluents solides et liquides de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou (Mémoire de fin d'études, master traitement et valorisation des ressources hydriques) U.M.M.T.O.

BOEGLIN.J et ROUBATY J.L, 2007 : Pollution industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure ; G₁ 210 V₂. Edition Techniques de l'Ingénieur ; Paris.

BOUBCHIR. F ; NESSAH. H, 2004 : Caractérisation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du bassin versant du barrage TAKSEBT (Tizi-Ouzou) ; (Mémoire de fin d'études diplôme d'Ingénieur d'état en Agronomie). U.M.M.T.O.

BOUBLENZ. I, 2012 : Contribution à l'étude de multiplication du caroubier : *Ceratonia siliqua*. (Mémoire de magister ingénieur d'état) ; Université ABOU-BEKR Belkaïd. Tlemcen.

Références bibliographiques

BOUZIANI. M, 2000 : L'Eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN KHALDOUN, P247.

DARDOUR. M ; DAROUI. E.A ; BOUKROUTE. A ; KOUDDANE. N-E ; BERRICHI. A, 2014 : Etude de prétraitements des graines de *Brachychiton populneus* (Schott & Endl.) R.Br. et *B. acerifolius* F. Muell en faveur de leur germination. (*Laboratoire de Biologie des Plantes et des Microorganismes, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Université Mohamed Premier, Bd Med VI, BP 717 60.000 Oujda, Maroc*).

DEGREMONT, 1989 : Mémento technique de l'eau, technique documentation, Tome I, Paris

DEGREMONT, 2005 : Mémento technique de l'eau, Tome 1, Paris. Dixième édition Lavoisier, P441-453.

DEGREMONT, 2005 : Mémento technique de l'eau, tome II ; paris, dixième Edition Lavoisier,

European Scientific Journal August, 2014: Edition vol.10, N°23 ISSN: 1857-78881 (Print) e- ISSN: 1857-7431.

FABY J.A ET BRISSAUD.F, 1997 : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office international de l'Eau (OIE).

FAO, 2003 L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. P68.

GAOUAR. N, 2011 : Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes. (Mémoire de magister en Agronomie). Université ABOU-BEKR Belkaïd. Tlemcen.

GROSCLAUDE. G, 1999 : L'eau : Tome 2 : Usages et polluants, Edition INRA. Paris, P149.

HALIL. H ; MOULOUDJ. L, 2018 : Caractérisation des eaux de rejet de la STEP d'Azeffoun en vue de leur réutilisation en irrigation agricole. (Mémoire de fin d'études) U.M.M.T.O.

HASSAINE. I ; AMOUCAS. K, 2015 : Effet de l'irradiation gamma sur la charge polluante de l'effluent urbain « STEP EST de TIZI-OUZOU ». (Mémoire de fin d'études) U.M.M.T.O.

Références bibliographiques

KICHER. H ; LADJOUZI. A, 2016 : Valorisation des sous-produits de la caroube *Ceratonia siliqua*. (Mémoire de fin d'études) ; Université A. MIRA – Bejaia.

MATHILDE. S, 2010 : Production enzymatique d'oligosaccharides à partir de gomme de caroube. (Mémoire de fin d'études) ; Université de Liège, Belgique.

MELQUIOT. P, 2003 : 1.001 mots et abréviations de l'environnement et du développement durable. Edition RECYCONSULT- P190.

METAHRI M.S, 2009 : Élimination de l'azote et du phosphore des eaux usées traitées par valorisation agricole, cas de l'effluent de la station d'épuration est de Tizi-Ouzou Algérie (perspectives et recommandations). (Laboratoire de recherche sur l'Eau U.M.M.T.O).

METAHRI. M.S, 2012 : Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. (Thèse de doctorat) U.M.M.T.O.

METAHRI. M.S, 2016: Effect of the use of wastewater purified on the biofonctionning soils (Laboratoire Ressources Naturelles, Département des Sciences Agronomiques, U.M.M.T.O)

Office international de L'EAU (OIE), 2002 : Définitions pollution et norme de rejet, P22.

OMS (Organisation mondiale de la santé), 1989 : Utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture, recommandations à visées sanitaires. Genève. OMS. P778-205.

OMS (Organisation mondiale de la santé), 2012 : Utilisation des eaux usées en agriculture. Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères.

ONA : Office National d'Assainissement.

RODIER. J, 1996 : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaire, eaux de mer ; Edition 8 ; Dunod Paris.

RODIER. J, 2005 : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8^{ème} édition. Dunod Paris.

RODIER. J; LEGUBE. B; MERLET. N, 2009 : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 9^{ème} édition. Dunod Paris.

Références bibliographiques

REJSEK. F, 2002 : Analyse des eaux Aspects réglementaires et techniques, Edition CRDP d'Aquitaine, d'aménagement et d'urbanisme ; Ile-France, P357.

SATIN. M ; SELMI B, 2006 : Guide technique de l'assainissement, 3eme édition, Le MONITEUR. P389-406.

SETER, 2014 : Service Études Travaux et Exploitation Réseaux, Reims Métropole, 2014.

TIERCELIN. J.R, 2008 : L'eau et les espaces verts. Edition Lavoisier : TEC & DOC, P110.

TIERCELIN. J.R ; VIDAL. A, 2006 : Traité d'irrigation, 2^{ème} édition Lavoisier, P737-768.

Annexes

Annexe 01 : Matériels et produits utilisés dans l'analyse physico-chimique

Matériels	Produits et réactifs
Des béchers	
Pipettes	
Eprouvettes de 1000ml	NitraVer5
Papiers absorbants	NitraVer6
Des coupelles	NitriVer3
L'eau distillée	PhosVer 3
Des flacons colorimétriques	
Des barreaux magnétiques	
Agitateur	Hydrogénophthalate de potassium
Conductimètre	Dichromate de potassium
Spectrophotomètre	Acide sulfurique et sulfate d'argent
pH mètre	Acide sulfurique 0,4mol/l
Réacteur DCO	Sulfate de fer et d'ammonium
DBO mètre	Salicylate ammoniacal
Dispositif de filtration	Cyanurate ammoniacal
Des entonnoirs	Indicateur féroïne
Des éprouvettes	
Dessiccateur	
Etuve (105°C)	
Four a moufle (550°C)	

Annexe 02 : Méthode d'analyse

❖ Température (C°)

Paramètre physique important dans la solubilité des gaz dans l'eau et sur la vitesse des réactions. Pour chaque échantillon journalier prélevé, on mesure sa température grâce à que l'on plonge dans l'eau de cet échantillon. Une fois la température stabilisée, on effectue la lecture correspondante.



Thermomètre à sonde

❖ Potentiel hydrogène (pH)

C'est le même principe que pour la température :

- 1- préparer le pH - mètre
- 2- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- 3- Allumer le pH - mètre.
- 4- Plonger la sonde de température et l'électrode dans l'échantillon.
- 5- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture.
- 6- Rincer bien l'électrode et la sonde après chaque usage.



pH mètre

❖ Conductivité (µs/cm)

Avant toute mesure avec le conductimètre, un étalonnage est alors réalisé.

- 1- préparer le conductimètre
- 2- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- 3- Allumer le conductimètre et sélectionner l'échelle de conductivité appropriée.
- 4- Plonger la sonde dans l'échantillon.
- 5- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture.

Le résultat obtenu est exprimé en "µ S/cm".



Conductimètre

Annexes

❖ Phosphore (PO_4^{3-})

- 1- Préparer le spectrophotomètre.
- 2- Entrer le numéro du programme « 79 ».
- 3- Presser la touche « ENTER » l'affichage indique « mg/l PO_4 » et le symbole ZERO
- 4- Remplir un flacon avec 25ml d'échantillon à analyser en le tenant dans un papier absorbant.
- 5- Ajouter avec précaution le contenu d'une pastille « Phos Ver3 » au flacon puis agiter.
- 6- Mettre la pastille utilisée dans un sachet de stockage.
- 7- Presser « TIMER ENTER », une période de réaction de 2 minutes commence.
- 8- Préparer le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.
- 9- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg/l PO_4
- 10- Placer le blanc dans le puit de mesure.
- 11- Presser « Zéro », l'affichage indique 0,00 mg/l PO_4
- 12- Essuyer le flacon avec le papier absorbant puis le mettre dans un sachet de stockage.
- 13- Placer l'échantillon préparé dans le puit de mesure, presser « ENTER », le résultat s'affiche.



❖ Nitrates (NO_3^-)

Un spectrophotomètre a été utilisé pour la mesure de ce paramètre en le réglant sur le numéro du programme « 55 ENTER ». L'affichage indique mg/l, NO_3^- -N et le symbole « ZERO ».

◆ Pour l'eau brute (mesure du N- NO_3^-)

- 1- Préparer le blanc avec 25 ml d'échantillon ;
- 2- Préparer 30ml d'eau brute dans un flacon + réactif (NitraVer6) ;
- 3- Agiter pendant 3min, puis laisser 2min de réaction et décantation ;
- 4- Verser avec précaution 10 ml d'échantillon de



Annexes

l'éprouvette dans une cuvette colorimétrique propre.

- 5- Ajouter le 2ème réactif (NitraVer3), et laisser agir pendant 10min ;
- 6- A l'apparition d'une couleur rose clair, on procède à la lecture de la valeur de N-NO_3^- avec un spectrophotomètre.

♦ Pour l'eau épurée (mesure du NO_3^-)

- 1- On adapte le spectrophotomètre aux nitrates (choisissant le numéro de programme 51 ENTER).
- 2- Mettre 10ml d'eau épurée dans le tube + réactif (NitraVer5).
- 3- Préparer, entre temps, un autre tube contenant 10ml d'eau distillée (blanc) + réactif (NitraVer5).
- 4- Agiter les tubes pendant 1min, et laisser un temps de 5 mn pour la réaction.
- 5- A l'apparition d'une couleur jaune clair, on fait la lecture directe de la valeur de NO_3^- sur un colorimètre.

❖ Nitrites (N-NO_2^-)

La détermination des concentrations en nitrites a été réalisée par un Spectrophotomètre. Après avoir introduit le numéro du programme « 60 ENTER » L'affichage indique mg/l, $\text{NO}_2\text{-N}$ et le symbole « ZERO ».

♦ Pour l'eau brute :

Préparer 25ml de l'échantillon sans dilution dans un flacon + un réactif (NitriVer3).

♦ Pour l'eau épurée : (avec dilution 1/5ème)

- 1- En utilisant les flacons de 25ml, on verse 5ml d'eau épurée puis on complète avec l'eau distillée
- 2- Ajouter un réactif (NitriVer3) ;
- 3- On prépare le blanc avec l'eau de l'échantillon ;
- 4- Laisser 15min de réaction.
- 5- Apparition d'une couleur rose, puis placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure et faire la lecture avec un spectrophotomètre.



Annexes

❖ Azote ammoniacal N-NH₃

Après avoir préparé le spectrophotomètre et introduit le numéro de programme « 64 ENTER ».

♦ **Pour l'eau brute : (avec une dilution 1/100 (1ml))**

♦ **Pour l'eau épurée : (avec une dilution 1/25 (4ml))**

- 1- On prélève 25ml d'échantillon et 25ml d'eau distillée ;
- 2- On rajoute pour les deux des réactifs salicylates d'ammonium avec agitation et 3 min de réaction ;
- 3- Puis on rajoute le réactif cyanurate ammoniacal avec agitation et 15 min de réaction.



Annexes

Annexe 03 : Interprétation des résultats d'analyses biologiques

a) Analyse bactériologique : Résultats de l'identification des bactéries pathogènes durant la période d'étude

Période : Avril	
Bactéries	Sortie de STEP
Citrobacter	+
Klebsiella pneumoniae	+
Shigella sonnei	+
E.coli	+
K. ornithinolytica	+
Providencia	+
Salmonella s.g /// (arizona)	+
Salmonella majorité	+
Serratia	+
Période : mai / juin	
Plesoimonas shigelloides	+
Salmonella bongori	+
Pseudomonas aeruginosa	+
Citrobacter amalonaticus	+
Providencia	+
Providencia alcalifaciens	+
Salmonella Sg 1	+
Salmonella sg 3 arizona	+
Salmonella enterica ssp	+
Pseudomonas mendocina	+
E-coli	+
Serratia	+

On remarque d'après le tableau, que 100 % des bactéries identifiées sont présentes dans les eaux rejetées par la STEP.

Annexes

b) Analyse parasitologique : Recherche des helminthes

Régne	Classe	Genre/espèces	À l'amont de STEP	STEP	El oued
Helminthes	Nemathode	<i>Ankylostome</i>	-	-	-
		<i>Ascaris lumbricoïde</i>	-	+	+
		<i>Toxocara canis</i>	-	+	-
		<i>Oxyure</i>	-	+	+
		<i>Trichuris trichuria</i>	-	+	+
		<i>Capillaria sp</i>	-	-	-
		<i>Anguillule</i>	-	+	+
	Cestodes	<i>Ténias</i>	-	+	+
		<i>Hymenolepis nana</i>	-	+	-
		<i>Echinococcus granulosus</i>	-	+	-
	Trématodes	<i>Cristaux de Charcot leyden</i>	-	+	+
		<i>Fasciola hepatica</i>	-	+	-

Annexes

Annexe 04 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec de l'eau usée épurée (JORA, 2012)

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Cultures industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petits pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricots et petits pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

Annexes

Annexe 05 : Normes de rejets selon l'OMS appliqués en Algérie (manuel laboratoire ONA Tizi-Ouzou)

Normes de l'OMS		
Température	C°	30
pH		6,5-8,5
DBO ₅	mg/l	30
DCO	mg/l	90
MES	mg/l	30
Azote total	mg/l	50
NH ₄ ⁺	mg/l	5
NO ₂ ⁻	mg/l	10
NO ₃ ⁻	mg/l	10
PO ₄ ³⁻	mg/l	2
Conductivité	µS/cm	2700
Turbidité	NTU	5

Annexes

Annexe 06 : Normes des paramètres microbiologiques des eaux usées épurées destinées à l'irrigation (JORA, 2012)

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

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

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

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

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

Annexes

Annexe 07 : Les normes recommandées pour la réutilisation agricole, selon le JORAD (2012) et L'OMS.

Normes Algériennes selon le JORAD 2012, et OMS (1989)		
Paramètres	Unité	Normes
Température	(°C)	30 (OMS, 89)
pH	/	6,5- 8,5
Conductivité	µS/cm	3000
MES	(mg/l)	30
Azote total	(mg/l)	50
NO3-	(mg/l)	30
PO43-	(mg/l)	2 (OMS, 89)
DCO	(mg/l)	90
DBO5	(mg/l)	30
Aluminium	(mg/l)	20
Arsenic	(mg/l)	2
Béryllium	(mg/l)	0,5
Bore	(mg/l)	2
Cadmium	(mg/l)	0,05
Chrome	(mg/l)	1
Cobalt	(mg/l)	5
Cuivre	(mg/l)	5
Cyanures	(mg/l)	0,5
Fluor	(mg/l)	15
Fer	(mg/l)	20
Phénols	(mg/l)	0,002
Plomb	(mg/l)	10
Lithium	(mg/l)	2,5
Manganèse	(mg/l)	10
Mercur	(mg/l)	0,01
Molybdène	(mg/l)	0,05
Nickel	(mg/l)	2
Sélénium	(mg/l)	0,02
Vanadium	(mg/l)	1
Zinc	(mg/l)	10

Résumé

L'objectif de notre travail s'inscrit pour consolider la connaissance et l'expérience acquises sur la valorisation des effluents secondaires (solides et liquides) de la STEP Est de Tizi-Ouzou en agriculture. Des essais ont été réalisés pour mettre en évidence l'éventuel effet de ces effluents sur la germination des graines du Caroubier. Après avoir analysé les paramètres physico-chimiques des eaux usées traitées, trois essais de germination ont été réalisés : l'ensemencement des graines dans le sol irrigué à l'eau de robinet dont le taux de germination est de 83,33% et dans la boue séchée irriguée à l'eau épurée dont le résultat est nul, l'ensemencement des graines dans le sol irrigué à l'eau épurée avec un taux de germination de 63,33% et enfin l'ensemencement des graines dans les boîtes de pétri traitées à l'eau de robinet avec un taux de germination de 86,66% et à l'eau épurée dont ce taux diminue jusqu'à 63,33%. Un effet non satisfaisant dans le processus de germination des graines ensemencées dans la boue résiduaire irriguée à l'eau de STEP et un retard dans l'évolution morphologique des plants traités à l'eau épurée dans le sol, cet effet est probablement dû à la mauvaise qualité physique, chimique, microbiologique et parasitologique des effluents secondaires de la STEP.

Mots clés : Eaux usées ; boues résiduaires ; sol ; paramètres physiques, chimiques et biologique ; taux de germination.

Abstract

The objective of our work is to consolidate the knowledge and experience gained on the valorization of secondary effluents (solid and liquid) from the STEP East of Tizi-Ouzou in agriculture. Tests have been carried out to demonstrate the possible effect of these effluents on the germination of carob seeds. After analyzing the physicochemical parameters of the treated wastewater, three germination tests were carried out: the seeding of seeds in the ground irrigated with tap water whose germination rate is 83,33% and in the dried mud irrigated with purified water with a germination rate of 63,33% and finally the seeding of the seeds in the treated petri dishes with tap water with a germination rate of 86,66% and with purified water, this rate decreases to 63,33% an unsatisfactory effect in the germination process of the seeds sown in the waste sludge irrigated with STEP water and delay in the morphological evolution of the plants treated with purified water in the soil, this effect is probably due to the poor physical, chemical, microbiological and parasitological quality of secondary effluents of the STEP.

Key-words: wastewater; waste sludge; ground; physical, chemical and biological parameters; germination rate.