



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة زيان عاشور-الجلفة

Université Ziane Achour de Djelfa

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الفلاحية والبيطرية

Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master Eau et Environnement.

Thème

**Etude de valorisation des boues et l'eau épurée de la
STEP de la ville de Laghouat pour l'amendement des
sols agricoles**

Présenté par : M^{elle} Allali Nassima

Soutenu devant le jury composé de :

Président : Dr. Khader Salah, Maître de conférences B (UZAD)

Promoteur : Dr. REBHI Abdelghani Elmahdaoui, Maître de conférences B (UZAD)

Examineur : Dr. Boussaid adel, Maître assistant B(UZAD)

Examineur : Dr. Khadri Samira, Maître assistant B(UZAD)

Septembre 2019

Remerciements

Avant tout, je commence par remercier **ALLAH** le tout puissant, de m'avoir donné la santé, la patience, la volonté et le courage pour réaliser ce travail.

Je voudrais remercier en tout premier lieu mon encadreur **Dr. REBHI Abdelghani Elmahdaoui**, Maitre de Conférences "B", de l'Université ZIANE Achour de Djelfa, pour avoir accepté d'encadrer ce travail, pour ses encouragements durant toute ma carrière, ses orientations, sa confiance, sa gentillesse et surtout son ouverture d'esprit.

Je remercie **Dr. KHADER Salah** d'avoir accepté de présider le jury de ma soutenance, ainsi que les examinateurs **Dr. BOUSAID Adel** et **Dr. KHADRI Samira**. d'avoir l'amabilité d'examiner mon travail.

Mes remerciements s'adressent également à **M^{elle} BOUKAYA Nassira**, de m'avoir tendu la main pour la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier tout particulièrement **Mr BOUMEDIENE Madjid** et **M^{me} ALLALI khadidja**, pour leur contribution à la réalisation de ce mémoire ainsi que pour leurs conseils et orientations qui m'ont toujours aidé dans mon travail.

Je tiens également à exprimer mes remerciements à tous les personnes de la station d'épuration de Laghouat et sans oublié **M. KOUIDRI Aissa**.

Enfin, mes vifs remerciements vont à tous ceux et celles qui ont collaboré de près ou de loin à l'achèvement de ce travail, tout particulièrement ma famille.

Je dédie ce travail à

A mon très cher père qui m'a éclairée mon chemin et qui m'a encouragée et

Soutenue tout au long de mes études ;

A ma très chère mère qui est la lumière de ma vie, et qui a attendu avec Patience le fruit de sa bonne éducation ;

Que le dieu leur présente une bonne santé et une longue vie.

A mon adorable grande mère ; Avec mes souhaits d'une longue vie.

A mes cher frères : TAHER et IBRAHIM

A mes sœurs : AFFAF et HADJER

A mes neveux : DJAWAD, EYAD et IMRAN

Merci pour vos prières et votre soutien sans faille. Que l'esprit d'amour règne toujours au milieu de nous.

Ma grande famille.

A mes cousins, cousines et toute la famille ALLALI et GOUDJAL

Mes amis Hadda, Leila, Aicha et tous ceux qui me sont chers.

A toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont apportée leurs aides.

A tous, du fond de mon cœur je vous dédie ce travail.

A. Nassíma

| Table des Matières | |
|---|-------------|
| | Page |
| Remerciements | |
| Dédicace | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des figures | |
| Liste des abréviations | |
| I. Partie bibliographiques | |
| Introduction générale | 1 |
| I. Généralités sur les eaux usées | 3 |
| I.1. Définition des eaux usées | 3 |
| I.2. Origines des eaux usées | 3 |
| I.3. Objectifs du traitement des eaux usées | 3 |
| I.4. Composition des eaux usées | 4 |
| II. Procédés d'épuration des eaux usées | 5 |
| a. Prétraitement | 5 |
| b. Dégrillage | 5 |
| c. Dessablage | 6 |
| d. Le déshuilage | 6 |
| II.1 Les traitements mécaniques | 7 |
| a. La décantation | 7 |
| b. La filtration | 7 |
| II.2. Les traitements biologiques | 7 |
| a. Les procédés biologiques à cultures libres (les boues activées) | 7 |
| b. Les lits bactériens | 7 |
| c. Les procédés biologiques extensifs | 8 |
| d. Le traitement anaérobie de l'eau | 8 |
| e. Les traitements physico-chimiques | 8 |
| II.3. Formation des boues | 9 |
| II.3.1. Définition d'une boue d'épuration | 9 |
| II.3.2. Les différents types des boues d'épuration | 9 |
| II.3.3. Composition des boues résiduaires | 10 |
| II.3.4. Traitement des boues | 11 |
| II.3.5. Valorisation des boues | 15 |
| II.4. Situation de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture | 16 |
| III. La culture de l'Haricot vert | 16 |
| III.1. Origine et répartition géographique | 16 |
| III.2. Description morphologique d'haricot vert | 16 |
| III.3. Description botanique (systématique) et noms vernaculaires | 17 |
| III.4. Composition et valeur nutritive de l'haricot vert | 18 |
| III.5. Importance économique et production actuelle | 18 |

| II. Partie Expérimental | |
|---|-----------|
| Introduction | 19 |
| I. Description générale de la STEP de Laghouat | 19 |
| I.1 Données générales | 20 |
| I.2 Données spécifiques de la station | 21 |
| I.3 Bases de dimensionnement des ouvrages | 21 |
| I.4 organigramme de la STEP de Laghouat | 22 |
| I.5 Filière de traitement de la STEP | 23 |
| I.5.1 Procédés d'épuration de la STEP de Laghouat | 24 |
| I.5.2 Traitement biologique | 26 |
| I.6 Contrôle et supervision de la STEP | 29 |
| I.7 Laboratoire | 30 |
| I.8 Les avantages de la STEP | 30 |
| II. Protocole expérimental | 31 |
| II. Echantillonnage | 31 |
| II.1 Demande chimique en oxygène (DCO) | 31 |
| II.1.1 Matériel et réactifs | 32 |
| II.1.2 Mode opératoire | 32 |
| II.1.3 Vérification de la concentration de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium | 33 |
| II.1.4 Mode de calcul | 34 |
| II.2 Demande biochimique en oxygène DBO5 | 34 |
| II.2.1 Appareillage | 34 |
| II.2.2 Réactifs | 34 |
| II.3 Matières en suspension par centrifugation | 35 |
| II.3.1 Appareillage | 35 |
| II.3.2 Mode de calcul | 36 |
| II.4 Matières sèches (MS) | 36 |
| II.4.1 Mode opératoire | 36 |
| II.5 Potentiel hydrogène pH | 37 |
| II.5.1 Appareillage | 37 |
| II.6 Conductivité | 37 |
| II.6.1 Mode opératoire | 38 |
| II.7 Détermination de l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) | 38 |
| II.7.1 Réactifs | 38 |
| II.7.2 Mode opératoire | 39 |
| III. Dispositif expérimental | 39 |
| III.1 Traitements | 40 |
| III.2 Mise en place de l'essai : | 41 |
| IV. Méthodes d'analyse du sol | 43 |
| IV.1 Méthodes d'analyse physico-chimiques | 43 |
| IV.1.1 Mesure de pH | 43 |
| IV.1.2 Mesure de la conductivité électrique (C.E) | 43 |

| | |
|---|----|
| IV.2 Méthodes d'échantillonnage de la végétation | 44 |
| IV.2.1 Poids frais | 44 |
| IV.2.2 Poids sec | 44 |
| IV.2.3 Paramètre physiologique | 45 |
| III. Résultats et discussions | |
| I. Résultats et discussions | 46 |
| I.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau épurée et de la boue de la STEP de Laghouat | 46 |
| I.2 Résultat d'analyse physico-chimique | 46 |
| I.3 Effets des boues et de l'eau épurée sur la morphologie de l'haricot | 50 |
| I.3.1 Paramètre morphologique | 51 |
| I.4 Paramètre physiologique | 53 |
| Conclusion | 54 |
| Référence bibliographiques | 55 |
| Résumé | 60 |

Liste des tableaux

| N° | Titre | Page |
|-----------|---|-------------|
| 1 | Les composants majeurs typiques d'une eau usée domestique (Faby, 1997) | 4 |
| 2 | Les opérations de traitement des boues (Duchene, 1990) | 12 |
| 3 | Systématique de <i>Phaseolus vulgaris L</i> | 17 |
| 4 | Composition chimique de l'haricot vert (Torres., 2004 ; Couplan., 1998) | 18 |
| 5 | Les bases de dimensionnement | 21 |
| 6 | Le traitement retenu avec la qualité de rejet conforme aux normes | 22 |
| 7 | Dispositif expérimental des boues | 39 |
| 8 | Dispositif expérimental de l'eau épurée | 42 |
| 9 | bilan de l'auto-surveillance du mois d'avril | 46 |
| 10 | Résultats des mesures du pH (boues) | 47 |
| 11 | montre les résultats du Conductivité électrique C.E (boues) | 48 |
| 12 | Résultats des mesures du pH (l'eau épurée) | 49 |
| 13 | Résultats de la conductivité électrique C.E (l'eau épurée) | 49 |

Liste des figures

| N° | Titre de figure | page |
|----|---|------|
| 1 | Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration (ADEM 2010) | 4 |
| 2 | (A) Fleur, (B) Fruit d'haricot vert (Photographie originale) | 17 |
| 3 | Localisation de la STEP de Laghouat (photo original.2019) | 19 |
| 4 | La STEP de Laghouat (Photo originale, 2019) | 20 |
| 5 | Filière de traitement de la STEP de Laghouat | 23 |
| 6 | Le dégrillage STEP de Laghouat | 25 |
| 7 | Le dessablage et déshuilage STEP de Laghouat | 25 |
| 8 | La décantation STEP de Laghouat (Photo personnelle, 2019) | 26 |
| 9 | Les pompes de La décantation STEP de Laghouat (Photo personnelle, 2019) | 27 |
| 10 | La décantation STEP de Laghouat (photo personnel) | 28 |
| 11 | La sortie de l'eau épuré STEP de Laghouat (Photo personnelle, 2019) | 28 |
| 12 | Lit de séchage STEP de Laghouat (Photo personnelle, 2019) | 29 |
| 13 | Photos personnelles des matériels d'analyse de la DBO et DCO | 30 |
| 14 | DCO-mètre (Photos personnelles) | 31 |
| 15 | Incubateur + DBO-mètre (Photos personnelles) | 35 |
| 16 | DBO-mètre et Oxitop (Photos personnelles) | 35 |
| 17 | Photos personnelles la pesé des boues et le sol (photo personnel) | 40 |
| 18 | Photos personnelles du dispositif des boues | 41 |
| 19 | Photo satellitaire par Google Earth de localisation de l'essai | 41 |
| 20 | Photos personnelles de l'implantation des graines | 42 |
| 21 | pH mètre (Photo personnelle) | 43 |
| 22 | Conductimètre (Photos personnelle) | 43 |
| 23 | Représente la mesure de la longueur des tiges et la longueur racinaire (Photos personnelles) | 44 |
| 24 | Balance de précision pour le poids frais | 44 |
| 25 | Photo personnelle de dosage de la chlorophylle | 45 |
| 26 | Histogramme représentant l'évolution du pH | 47 |
| 27 | Histogramme représentant l'évolution du C.E (boues) | 48 |
| 28 | Histogramme représentant l'évolution du ph (eau épurée) | 49 |
| 39 | Histogramme représentant l'évolution du C.E (eau épurée) | 50 |
| 30 | Photographie montrant le dispositif expérimental | 50 |
| 31 | Effet des boues sur la promotion de la longueur racinaire, la longueur des tiges, le poids frais, et le poids sec de la plantule de l'haricot en sol | 51 |
| 32 | Effet de l'eau épurée sur la promotion de la longueur racinaire, la longueur des tiges, le poids frais, et le poids sec de la plantule d'l'haricot en sol | 52 |
| 33 | Effet de la boue sur la teneur en chlorophylle de la plantule d'haricot | 53 |
| 34 | Effet l'eau épurée sur la teneur en chlorophylle de la plantule d'haricot | 53 |

Liste des abréviations

STEP: STATION D'EPURATION

ONA: Office National de l'Assainissement

ERU : Les Eaux Résiduaires Urbaines

TDS : Total Dissolved Solids

DBO : La demande biochimique en oxygène

CE : La Conductivité Electrique

ETM : Eléments-Trace Métalliques

CTO : les Composés Traces Organiques

C/N : rapport carbone organique / azote

pH : le potentiel Hydrogène

ATP : Adénosine Triphosphate

% : pourcent

°C : Degré Celsius

G : gramme

m³ : mètres cubes

m³/j : mètres cube / jour

CET : Centre d'Enfouissement Technique

E.H : Equivalent d'Habitat

MES : Matière En Suspension

REUT : réutilisation des eaux usées traitées

Introduction général

Le développement de l'urbanisation et de l'industrialisation, ainsi que l'évolution des modes de consommation ont générés des rejets considérables d'eaux usées tout en évoluant en quantité et en qualité. Lorsque les eaux usées ne sont pas traitées, les cours d'eau sont dépassés dans leur capacité naturelle de dépollution et se retrouvent pollués. Les eaux usées peuvent être définies comme des eaux dégradées par les activités humaines. L'épuration des eaux usées joue un rôle primordial dans la protection de l'environnement et a atteint jusqu'ici un niveau élevé de développement (Amir, 2005).

La fin du XIX^e siècle a marqué l'essor des réseaux d'égouttage et d'assainissement, qui a commencé uniquement en France. Il s'agit d'éloigner les eaux usées des habitations et des lieux de vie. De là s'est manifesté le problème de ces eaux usées et de leur devenir. « Les quantités croissantes (2000 m³ par jour en 1875) de vidange à stocker ou à épandre se heurtent en banlieue au refus des habitants ». Avec les travaux de Pasteur, les connaissances en microbiologie se développent. Le rôle des micro-organismes dans la dégradation de la matière organique est mis en évidence. En 1914, deux Anglais, Edward Arden et William Lockett, mettent au point le premier procédé intensif d'épuration, un système de bassin où les boues issues de la biodégradation des effluents sont aérées ». L'oxygène permet à la fois d'activer le travail des bactéries et de favoriser leur multiplication. De là, le principe des boues activées est né. L'épuration des eaux usées à boues activées en zone urbaine s'est située vers les années 60 dans les villes, puis dans les zones rurales (Duchêne P, 2015).

Une station d'épuration est un établissement de traitement de l'eau usée qui a pour mission de recycler ces eaux usées en éliminant tous les polluants avant leur rejet dans leur milieu naturel. La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans plusieurs régions du monde, particulièrement celles qui sont affectées par les pénuries d'eau. Elle permet de valoriser les eaux usées épurées en leur redonnant d'autres usages municipales, industrielles et particulièrement l'irrigation agricole. En 2017, en France, plus de 20 000 stations d'épuration traitent plus de 5 milliards de m³ d'eaux usées, en émettant des quantités significatives de protoxyde d'azote ou N₂O (Contribuant 300 fois plus à l'effet de serre que le dioxyde de carbone et aussi il est destructeur de la couche d'ozone) (Bilan énergétique des STEP).

L'Algérie est actuellement aux prises avec un problème de pénurie de l'eau qui s'amplifie depuis des années, les précipitations sont insuffisantes et irrégulières dans le temps et dans l'espace. Le climat chaud et sec qui sévit sur une bonne partie du territoire réduit également les

Disponibilités en eau. La pénurie de l'eau est aggravée par l'augmentation régulière des besoins due à l'amélioration du niveau de vie des citoyens, l'accroissement de la population, l'industrialisation et l'évolution de l'agriculture irriguée. Ces facteurs ont conduit à la mise en œuvre des programmes de réalisation d'ouvrages destinés à la réutilisation des eaux usées épurées produites à l'aval des STEP (ONA).

Les normes Algériennes donnent les dénominations et les spécifications physico-chimiques et biologiques des eaux usées épurées destinées à être réutilisées à des fins agricoles, municipales et industrielles. Elle tient compte du parc des stations d'épuration et des procédés de traitements existants, ainsi que des possibilités d'extension et d'évolution en prenant en compte l'amélioration de la qualité de l'eau usée épurée qui en découle (ONA).

Ce manuscrit a été structuré en deux grandes parties :

- une partie bibliographique, qui décrit toutes les connaissances nécessaires au fonctionnement des stations d'épuration des eaux usées, ainsi que les différents modes d'amendement des sols agricoles par ces eaux usées et leurs boues résultants de ces traitements.
- Une partie expérimentale, qui regroupe toutes les manipulations réalisées pendant notre séjour au niveau de la STEP de Laghouat, l'application sur des sols en pots à la maison, les quelques analyses effectuées au niveau du laboratoire de la faculté SNV de l'Université Amar Telidji de Laghouat.

Comme toutes les études de projet de fin d'étude, nous terminons ce manuscrit avec une conclusion qui apporte un avis sur l'utilisation des boues activées de la STEP de Laghouat pour l'amendement des sols agricoles.

I. Généralités sur les eaux usées

Les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine (Rejsek, 2002). Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes, dispersées ou dissoutes dans l'eau et qui a servi aux besoins domestiques ou industriels (Grosclaude, 1999).

I.1. Définition des eaux usées

C'est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable. D'après Ramade (2000), définit les eaux usées comme étant des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout.

I.2. Origines des eaux usées

Selon Grosclaude (1999), une eau usée est une eau rejetée après usage industriel, domestique ou agricole. D'après Rodier et *al.* (2005), on peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaine constituées par les eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales). Toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables.

I.3. Objectifs du traitement des eaux usées

L'objectif principal du traitement est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement (Briere, 1994).

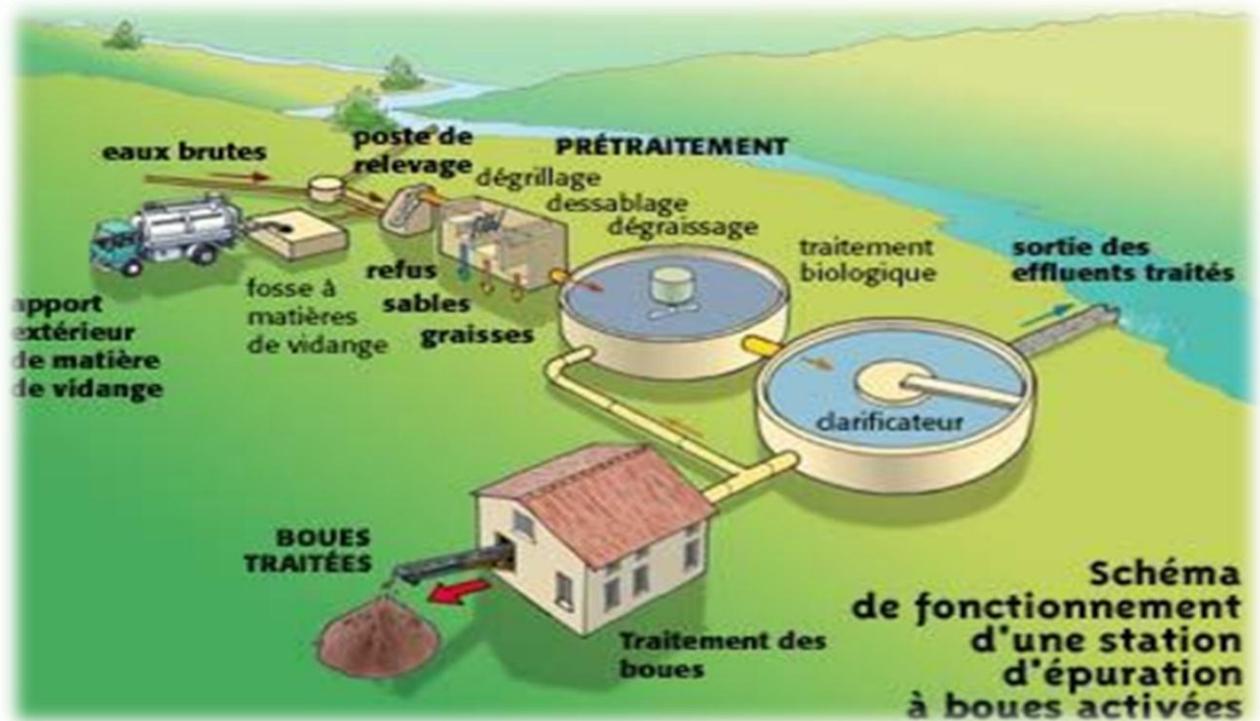


Figure 1 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration (ADEM 2010).

I.4. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées (Tableau 1), est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.).

Tableau 1 : Composants majeurs typique d'une eau usée domestique (Faby, 1997).

| Constituants | Concentration (mg/l) | | |
|--------------------------------------|----------------------|-------|--------|
| | Fort | Moyen | Faible |
| Solides totaux | 1200 | 700 | 350 |
| Solides dissous (TDS) ⁽¹⁾ | 850 | 500 | 250 |
| Solides suspendus | 350 | 200 | 100 |
| Azote (N) | 85 | 40 | 20 |
| Phosphore (P) | 20 | 10 | 6 |
| Chlore | 100 | 50 | 30 |
| Alcalinité (CaCO ₃) | 200 | 100 | 50 |
| Graisses | 150 | 100 | 50 |
| DBO ₅ ⁽²⁾ | 300 | 200 | 100 |

(1): Que les montants de TDS et les chlorures devraient être augmentés par les concentrations de ces composants dans l'eau issue des voitures.

(2): DBO₅ est la demande biochimique en oxygène à 20°C pendant 5 jours, c'est une mesure de la matière organique biodégradable dans les eaux usées (Faby, 1997).

Selon Faby (1997), elle dépend de :

- L'activité humaine (eaux ménagères et eaux vannes).
- La composition des eaux d'alimentation en eau potable et, accessoirement, de la nature des matériaux entrant dans la constitution des canalisations d'eau, pour les composés chimiques.
- de la nature et de la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés dans le réseau urbain.

Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux, et les substances nutritives Baumont *et al.* (2004).

II. Procédés d'épuration des eaux usées

La filière de l'épuration des eaux usées recommande différents techniques à divers niveaux technologiques souvent très élaborées ceux-ci sont illustrés comme étant des méthodes classiques de traitement, ainsi que de nouvelles techniques visant la protection de l'environnement et la sauvegarde du milieu naturel tel que le lagunage (Abibsi, 2011).

a. Prétraitement

Le prétraitement vise à protéger le relèvement des eaux brutes et plus généralement à éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs (Boumediene, 2013). Suivant la qualité de l'eau à traiter, plusieurs opérations peuvent être nécessaires, parmi lesquelles.

b. Dégrillage

Il s'agit d'éliminer les déchets de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (matières plastiques, chiffons, etc.) et qui pourraient perturber le fonctionnement hydraulique de la station (Brame, 1986). Il faut éliminer ces déchets mécaniquement. Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celles-ci sont en général équipées de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe (dans les cas où il y aurait un système de pompage) Prescott *et al.* (2007).

- **Le dégrillage grossier** l'eau brute passe à travers une première grille qui permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 50mm (Legube, 1996).

- **Un dégrillage fin** après le relevage de l'eau par quatre pompes ($1250\text{m}^3/\text{h}$) pour chacune, il passe par deux grilles à câble composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale.

L'espacement des barreaux est de 20mm , la vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre $0,6$ et 1 m/s (Legube, 1996).

c. Dessablage

Après le dégrillage, il reste encore dans l'eau des fragments solides qui peuvent décanter facilement, mais dont la dureté et la taille relativement importante, supérieure à 0.2 mm de diamètre, pourraient conduire à l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement les pompes, on élimine ces matériaux décantés dans de petits bassins rectangulaires ou circulaires, les sables ainsi séparés, pouvant être mélangé aux autres boues sans problèmes majeurs si ne c'est pas qu'il sont fermentescibles, il existe dessaleurs aérés pour pallier cet inconvénient (Gamrasni, 1979).

d. Le déshuilage

Les huiles et les hydrocarbures forment une couche mince en surface et gênent ainsi le processus d'aération, dans le cas des boues activées, quant aux matières flottantes solides elles risquent de former des bouchons qui pourraient obstruer des canaux ou des orifices dans la station. Il est donc nécessaire de réduire les graisses et huiles non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface. Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter (Bonnin, 1977).

- **Dégraisseur-déshuileur aéré** Ce type d'ouvrage comprend une zone aérée (avec insufflation par le bas) suivi d'un compartiment de sédimentation latéral.
- **Déshuileur longitudinal** C'est un bassin de forme rectangulaire équipé de racleur de surface de fond.

II.1 Les traitements mécaniques

a. La décantation

Pour faciliter la précipitation des matières en suspension de diamètre inférieur à 0.2 mm , on fait circuler l'eau lentement dans un bassin dont on racle ou aspire périodiquement les matières rassemblées au fond (Kormanik, 1977). Dans la plupart des stations d'épuration, on effectue deux décantations, l'une sur les eaux usées du prétraitement, l'autre après le traitement biologique, les boues formées contiennent une forte proportion de matières organiques (20 à 30% des matières sèches) (Kormanik, 1977).

b. La filtration

Comme pour la décantation, on peut effectuer la filtration sur les eaux brutes prétraitées puis sur les eaux traitées par voie biologique ou chimique, néanmoins la forte teneur en matières colloïdales et mucilage des eaux brutes rend difficile leur filtration sauf pour les filtres dont les mailles sont assez larges, de l'ordre de dixième de millimètre, ce qui est peu intéressant, par contre ce procédé est largement utilisé pour le traitement des boues (Duchene, 1990).

II.2. Les traitements biologiques

Ces traitements consistent en une consommation de la matière organique contenue dans les eaux usées et d'une partie des matières nutritives (azote et phosphore) par des microorganismes déjà présents dans ces eaux, et ce généralement en présence d'air ou d'oxygène, la croissance de la faune et la flore donne lieu à des floes plus ou moins abondants qu'on éliminera par décantation ou filtration (Vedry, 1975).

a. Les procédés biologiques à cultures libres (les boues activées)

Les eaux usées décantées sont aérées par des turbines agissant à la surface de l'eau ou par des rampes d'air comprimé ou d'oxygène ou d'air enrichi en oxygène au fond d'un bassin, après ce traitement les eaux sont à nouveau décantées: une partie des boues est renvoyée dans les bassins d'activation pour maintenir la population des microorganismes intervenant dans l'épuration, le reste des boues, appelé boues en excès, est soutiré pour subir un traitement, on peut prolonger le temps d'aération de façon à obtenir une minéralisation plus forte des boues, c'est le procédé le plus utilisé (Vedry, 1975).

b. Les lits bactériens

Ce procédé consiste à faire ruisseler les eaux usées décantées à travers une masse de pierres ou de matières plastiques présentant une grande surface et sur laquelle se développe un film bactérien (zooglé) qui consomme les matières organiques contenues dans l'eau présence de l'oxygène, de l'air, le film croit au fur et à mesure de la consommation des matières organiques et s'exfolie sous l'influence des gouttes d'eau qui tombent sur le garnissage (Brame, 1986).

c. Les procédés biologiques extensifs : le lagunage naturel

Les lagunes sont constituées de plans d'eau peu profonds, en général au nombre de trois. L'oxygène est nécessaire au développement des microorganismes hétérotrophes est fourni par les algues photosynthétiques (Guivarch, 2001). L'apport de l'oxygène naturel, peut être complété exceptionnellement par des aérateurs pour stimuler l'activité biologique et diminuer la surface (Brame, 1986).

Les bassins de traitement des eaux brutes éliminent essentiellement des polluants carbonés. Les bassins suivants, dits d'affinage (eau déjà traitée), peuvent en outre permettre l'élimination des contaminants biologiques par l'action du rayonnement solaire (Brame, 1986).

d. Le traitement anaérobie de l'eau

Dans le cas des eaux usées urbaines, on utilise essentiellement la fosse à double étage, qui consiste en une consommation des matières organiques par les microorganismes présents dans l'eau en absence de l'air. Il se produit une fermentation méthanique dans une première fosse et on recueille ainsi les eaux épurées dans une seconde fosse placée sous la première pour qu'elles puissent décanter, ce traitement est de mois en mois utilisé car il est difficile à conduire et son mauvais fonctionnement peut avoir de graves inconvénients (odeurs nauséabondes, risques d'explosion formation d'une croute en surface, etc.) En outre, les quantités de gaz produites sont trop faibles pour qu'on puisse penser à les récupérer, on recueille les boues par soutirage et écrémage (Jarosz, 1985).

e. Les traitements physico-chimiques

Les eaux prétraitées sont additionnées de réactifs chimiques, flocculant ou coagulants (poly électrolytes, chaux, etc.) qui agglomèrent les particules solides sous formes de flocons décantables, une décantation sépare ensuite l'eau et les boues (Sbih, 1990).

Les traitements physico-chimiques permettent d'agglomérer ces particules par l'adjonction d'agents coagulants et flocculant (sels de fer ou d'alumine, chaux, etc.) les amas de particules ainsi formées, ou "flocs", peuvent être séparés de l'eau par décantation ou par flottation (Mathian, 1986).

Les sels de fer ou d'aluminium et la chaux sont couramment utilisés pour les eaux usées urbaines à des concentrations de l'ordre de décigramme par litre alors que les poly électrolytes naturels (alginates) ou de synthèse donne de bons résultats pour des teneurs de l'ordre du milligramme par litre, le cout élevé de ces derniers conduit généralement à l'utilisation simultanée des agents de floculation organiques ou minéraux (Mathian, 1986).

II.3. Formation des boues

Le traitement des eaux usées en station d'épuration produit une eau épuré, rejetée dans le milieu naturelle et une concentration désigne sous le terme de " boue" ou " boue résiduaires "Au cours d'une épuration biologique les boues apparaissent généralement à deux niveaux (Anred, 1982).

- Les plus grosses particules solides se déposent au fond du décanteur primaire et forment les boues primaires.
- Les particules fines dispersées et ces substances dissoutes sont fixées et métabolisées par les bactéries qui se multiplient à la présence de l'oxygène au cours de l'opération d'aération.

II.3.1. Définition d'une boue d'épuration

Les boues sont des déchets résultants d'une épuration d'eaux usées d'origine domestique ou industrielle. Elles sont composées d'eau et de matière sèche dont lesquelles se trouvent des éléments polluants et les métaux lourds. Elles présentent un intérêt certains dans le domaine agricole et autres (Guy, 2003).

II.3.2. Les différents types des boues d'épuration

L'appellation des différents types des boues résulte de la combinaison de plusieurs critères (Jarde, 2002) :

- Nature de l'effluent (urbain, laitier, abattoir, papeterie).
- Caractéristiques du traitement des eaux (primaire, physico-chimique, biologique).
- Procédé de stabilisation (aérobie, anaérobie, chaulage, compostage).
- Etat physique des boues (liquide, pâteux, solide, granulé).

L'ensemble des combinaisons possibles montre qu'il existe en théorie un grand nombre des types de boues. Toutefois, en résumant les situations les plus fréquemment rencontrées.

Selon Emillian (2004), les principaux types de boues proposés au recyclage en agriculture sont les suivants :

a. Les boues de prétraitement (boue primaire)

Ce sont les dépôts récupérés par une simple décantation des eaux usées, elles présentent des concentrations élevées en matière minérale (sable, terre, etc.) mais aussi en matière organique peut évoluer (Emillian, 2004).

b. Les boues physico-chimiques

Selon Jarde (2002), ces boues sont issues de l'agglomération des matières organiques particulaire contenues dans les eaux par l'addition d'un réactif coagulant dont les plus courants sont les acides et bases, les sulfates d'aluminium ou de fer, les chlorures ferreux ou ferriques.

c. Les boues biologiques (secondaires)

Qui résultent de l'activité vitale des microorganismes, les boues ont une structure floculée et sont séparées dans des décanteurs secondaires, dans les filtres biologiques (lits bactériens). Il s'agit de boues de lits bactériens prélevées dans les décanteurs secondaires dans les bassins de boues activées. La plus grande partie est recerclée dans les bassins comme boues de retour et seules les boues en excès sont évacuées (Emillian, 2004).

d. Les boues mixtes (boues primaires+ boues secondaires)

C'est le mélange de boues primaires et de boues activées ou provenant de lit bactérien (Emillain, 2004).

II.3.3. Composition des boues résiduaires

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (Werther et Ogada, 1999 ; Jarde et *al.*, 2003). Les boues résiduaires représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (azote et phosphore...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes) (Singh et *al.*, 2004).

a. Matière organique

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. La matière organique des boues est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) (Kakii et *al.*, 1986 ; Inoue et *al.*, 1996 ; Ademe, 2001 ; Jarde et *al.*, 2003).

b. Eléments fertilisants et amendements

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésie, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle en POTASSIUM (Zebarth et *al.*, 2000 ; Su et *al.*, 2004). Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux (Warman et *al.*, 2005).

c. Risque liés à l'utilisation des boues en agriculture

Les risques potentiels sanitaires et environnementaux liés à l'épandage des boues sont les contaminants pouvant se retrouver dans les boues : des ETM(le cadmium ou le cuivre, qui peuvent devenir toxique pour l'homme dès que leur concentration dans l'organisme dépasse un certain seuil), des CTO(détergents , pesticides, carbures poly aromatiques , polychlorobiphényles) et des organisme reconnus pathogène pour l'homme et/ou l'animal (Fahd-Rachid, 1993; Dollé et *al.*, 2010) .

Après un épandage de boues, des transferts de contaminants peuvent parfois être observés du sol au végétal, du végétal à l'animal. Le risque de transfert des contaminants de la boue à la plante est maximal lorsqu'il y a projection directe de boues sur le végétal, lors d'un épandage ou du fait d'un phénomène de (splach) (pluie faisant suite à un épandage). Le risque de transfert à l'animal est surtout associé à l'ingestion de terre ou de fourrage souillé (Dollé et *al.* ,2010).

Seules sont acceptable en agriculture les boues qui n'entraîneront pas un transfert de pollution dommageable pour les sols, la qualité des récoltes, la santé humaine et, plus généralement, pour répondre aux exigences d'innocuité et de protection de l'environnement, les réglementations existant dans différents pays visent à limiter les apports de métaux en traces dans les sols (Fahd-Rachid, 1993).

II.3.4. Traitement des boues

a. Définition du traitement des boues

Le traitement des boues se définit comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leur destination finale fiable et sans nuisance. Les boues subissent des traitements déshydratation et de stabilisation avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou réutilisées à des fins agricoles ou énergétiques (Blondeau, 1985).

b. Objectifs de traitement des boues

Les traitements spécifiques des eaux usées engendrent une matière organique hautement fermentescible (Tableau 2) (Guy, 2003; Ouardas, 2009).

Trois principaux objectifs de traitements des boues seront distingués:

- Des traitements d'épaississements et/ou déshydrations et le séchage, des traitements de réduction de la teneur en eau pour améliorer leurs caractéristiques physique, et de concentrer et diminuer le volume des boues à stocker et à épandre (Emillian, 2004).
- Des traitements de stabilisation (réduction de la nuisance olfactives) pour réduire la fermentescibilité des boues afin de limiter ou d'annuler les mauvaises odeurs (Guy, 2003; Emillian, 2004).

- Des traitements d'hygiénisation qui visent à éliminer la charge des microorganismes pathogènes (Guy, 2003; Emillan, 2004).

| Opération | But |
|-----------------|---|
| Stabilisation | Limiter les évolutions ultérieures s'accompagnant de nuisance |
| Concentration | Éliminer une partie de l'eau interstitielle afin d'éviter son transport |
| Stockage | Assurer une capacité tampon harmonisant les besoins d'extraction et les possibilités d'évacuation à l'extérieur |
| Homogénéisation | Donner au destinataire final un produit connu et relativement constant |
| Conditionnement | Modifier les caractéristiques de la boue afin de faciliter la séparation des phases solides et liquides |
| Déshydratation | Augmenter la siccité afin de rendre le produit solide ou pâteux |

Tableau 2 : Les opérations de traitement des boues (Duchene, 1990).

c. Procédés de traitement des boues

Telle quelle apparaissent au cours du traitement des eaux usées, les boues d'épuration nécessitent un traitement préalable et ce dans le but de réduire leur volume et d'éviter la putréfaction des matières organiques facilement décomposables (Brame et *al.*, 1967).

Stabilisation des boues contiennent une importante proportion de matière organique et par conséquent sont très putrescibles le but de stabilisation biologique est de les rendre inertes et inodores (Thomazeau, 1981).

Les traitements de stabilisation utilisés sont de type biologique, chimique ou thermique. Ils s'appliquent aux boues mixtes fraîches, aux boues secondaires ou à l'ensemble des boues afin de réduire leur fermentescibilité, et limiter voire annuler, les nuisances olfactives (Koller, 2004).

-La stabilisation biologique

Elle réduit la teneur des boues en matières fermentescibles. Elle se fait:

- Soit par voie aérobie (présence de l'oxygène) dans les bassins d'aération, jusqu'à l'obtention des boues à teneur non négligeable en oxygène et biologiquement stable. La consommation d'énergie de ce procédé ne permet pas d'envisager son utilisation de manière systématique pour les boues d'origine urbaines (Alandre, 1979).

- Soit par voie anaérobie (absence d'oxygène) dans les digesteurs avec production d'un biogaz riche en méthane et on obtient des boues "digérées", encore appelées "Anaérobies" ou "stabilisées anaérobies" (Alandre, 1979).

-La stabilisation chimique

Elle bloque simplement l'activité biologique, et donc l'évolution des boues, par adjonction d'une quantité importante de chaux (10 à 50% de la matière sèche, en général 30%) élevant le pH au-delà de 12 (Koller, 2004). ayant pour effet de bloquer les fermentations en évitant ainsi le dégagement de mauvaise odeur. Ce traitement apporte un appoint en calcium qui peut être bénéfique, si la boue sera valoriser (Gamrasni, 1981).

d. Déshydratation

Elle consiste à éliminer la majeure partie de l'eau contenue dans la boue et l'obtention d'un déchet solide, facilement manutentionnable et de volume réduit par déshydratation soit naturellement sur le lit de séchage soit par déshydratation mécanique (Gamrasni, 1981).

- Lit de séchage

Cette opération est utilisée dans des petites stations d'épuration qui en résulte après un épandage sur des lits à l'air libre des boues liquides et combine évaporation naturelle et drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable et de graviers. L'emprise au sol est de 1m² pour 4 à 5 habitants raccordés (Tableau 2) (Jamonet, 1987).

Ce système extensif donne des boues solides à 35-40% de siccité mais reste fort dépendant des conditions météorologiques. La boue sèche ainsi obtenue est pelletée, elle contient plus de 50% de matière sèche et peut être utilisée pour l'agriculture. Il arrive souvent qu'un début de végétation croisse au cours de séchage (Jamonet, 1987).

- séchage mécanique

Utilisée beaucoup plus dans les stations les plus importantes, on y parvient par centrifugation, filtrations sous pressions, il est à noter que la déshydratation influe sur la composition finale des boues; car la nature des opérations de la déshydratation mise en œuvre n'intervient que du point de vue de l'humidité du déchet final et de ses propriétés physique. Ainsi certains éléments présents sous forme soluble (sodium, potassium, et une partie de l'azote) sont en grande partie évacués lors de la filtration ou lors centrifugation (Jamonet, 1987).

- Séchage thermique

Séchage thermique constitue à évacué par évaporation l'eau industrielle présente dans les boues, en réduisant leur poids et concoure à l'élaboration d'un produit valorisable (Jarde, 2002).

D'autres techniques sont largement appliquées dans certains pays:

e. Pasteurisation

La pasteurisation des boues liquides par passage à la température de 80° C pendant 10 mm (Thomazeau, 1980) à l'exception de quelques espèces sporulées les germes bactériens est généralement détruits.

f. Compostage

Le compostage consiste à mélangé les boues aux ordures ménagères se traduit par une hygiénisation ou destruction des germes pathogènes résultant de l'élévation de la température pouvant atteindre 80° C et par l'obtention d'un résidu riche en matière humique (Jarde, 2002; Guy, 2003).

g. Epaissement

Cette opération consiste à séparer par gravité ou flottation, l'eau industrielle des particules de boue (Thomazeau, 1981).

➤ **Epaissement statique (Gravitaire)**

Epaissement gravitaire s'effectue dans un épaisseur, il consiste à laisser décanter les boues naturellement (Gaid, 1984).

➤ **Epaissement par flottation**

Il s'effectue grâce a la flottation par l'air, s'applique particulièrement aux boues biologiques, il permet d'éliminer 80 % de l'eau des boues (Graculaude, 1999 ; Ouardas, 2009).

Selon Ouali (2002), l'épaissement de flottation est réalisé par injection des bulles d'air qui se fixent sur les particules des bues et les amènent à la surface de l'ouvrage de flottation.

h. Traitement d'hygiène

L'hygiénisation est un traitement qui réduit à un niveau non détectable les agents pathogènes présents dans la boue.

L'hygiénisation des boues ne s'impose que dans certains contextes d'utilisation agronomique : la plupart des boues épandues ne sont pas hygiénisées, la maîtrise du risque sanitaire reposant de façon satisfaisante sur l'application de règles de bonnes pratiques.

II.3.5. Valorisation des boues

a. Le compostage des boues

Le compostage est un procédé de stabilisation de la matière organique avant qu'il soit un procédé de valorisation organique produisant un compost. Il présente plusieurs avantages:

- Réduction du volume des boues et de leur teneur en eau.

- Réduction des odeurs.
- Meilleure maniabilité (meilleure structure que les boues non compostées) .
- Stabilisation et hygiénisation naturelles sans additifs chimiques.
- Plus grand intérêt agronomique (une grande quantité d'humus riche en éléments fertilisants) (Amir, 2005)

Le compostage des boues nécessite leur mélange avec des déchets verts qui permettent une meilleure structuration et aération du produit final, et cela vue leur rapport très faible carbone/azote (C/N), et l'absence d'éléments structurants (Amorce, 2012).

L'utilisation du compost fournit aux végétaux un support aéré, un réservoir d'eau et de nutriments. Ceci permet un enracinement important des végétaux, favorise leur productivité et diminue les risques d'érosion (Amorce, 2012).

b. L'épandage

L'épandage des boues d'épuration consiste leur utilisation comme des éléments nutritifs, sur les sols inertes, érodés à l'aide de matériels appropriés (Amir, 2005).

L'épandage des boues présente des avantages agronomique vue sa composition en éléments fertilisants (N et P), ainsi elles sont disponibles selon les besoins (besoin de stockage), faciles à utiliser, et rentable par comparaison à l'utilisation d'engrais minéraux de commerce (Amir, 2005). Malgré les intérêts qu'elle présente, cette valorisation a des limites. Elle est assez mal acceptée quand la présence des ETM, des CTO et les germes pathogènes dans les boues dépassent certaines valeurs (Amir, 2005).

III. La culture de l'Haricot vert

III.1. Origine et répartition géographique

L'Haricot est un fruit d'une plante originaire d'Amérique centrale et d'Amérique de sud. Le mot «haricot » désigne à la fois le fruit, la graine et la plante qui les produit. Il est dérivé de « ayacolt », nom de ce légume en nahuatl, langue parlée par les aztèques (Fortin, 1996).

Le haricot, connu sous l'appellation scientifique *Phaseolus vulgaris* L. est une légumineuse largement cultivée et consommée dans le monde (Kaplan, 1981). Ce légume a été introduit en Europe au début du XVIe siècle mais il restera pendant de nombreuses années consommé en grains. Au XVIIIe siècle, ce sont les Italiens qui commencèrent à manger les gousses des haricots, cueillies avant maturité, comme légume (Baudouin et *al.*, 2001).

III.2. Description morphologique d'haricot vert

L'haricot vert est une plante herbacée annuelle à croissance déterminée ou indéterminée. Elle est généralement caractérisée par une racine pivotante mais qui forme après des racines secondaires longues de 10 à 15 cm se développe sur toute la racine principale (Baudouin *et al.*, 2001). A l'issue de la germination, deux feuilles opposées simples puis des feuilles trifoliées à folioles se forment sur une tige angulaire. Une floraison de couleur blanche, rose ou violette. Il s'agit d'une floraison zygomorphe du type papilionacée possède 5 sépales soudés, 5 pétales, 10 étamines et un sac ovarien multiple. Dans la plupart des cas, la fleur réalise une autofécondation et développe un fruit ou gousse droite ou légèrement courbé. Les graines sont rondes, ellipsoïdes quelque peu aplaties ou arrondies (Broughton, 2003). (Figure 2).



Figure 2 : (A) Fleur, (B) gousse d'haricot vert (Photographie originale).

Chez l'haricot, la durée de stades de développement varie considérablement. Les graines semées directement dans un sol bien drainé germent au bout de 5 à 7 jours et les plantes fleurissent entre 24 et 42 jours après le semis selon les conditions de l'environnement, le remplissage des graines et entre 23 à 50 jours et leurs dates de maturation entre 60 à 130 jours. La nodulation apparaît de 15 à 30 jours après le semis (Adams *et al.*, 1985).

III.3. Description botanique (systématique) et noms vernaculaires

Tableau 3 : systématique de *Phaseolus vulgaris L.*

| | |
|--------------------|---------------|
| Règne | Végétale |
| Embranchement | Spermaphytes |
| Sous-embranchement | Angiospermes |
| Classe | Dicotylédones |
| Ordre | Fabale |
| Famille | Fabacées |
| Sous famille | Papilionaceae |
| Genre | Phaseolus |
| Espèce | Vulgaris |

III.4. Composition et valeur nutritive de l'haricot vert

Les haricots verts sont relativement riches en vitamines, en fibres, en sels minéraux, entre autre en iode, et en oligo-éléments (Broughton et *al.*, 2003), qui sont présentés dans le tableau .

Tableau 4 : La composition chimique de l'haricot vert (Torres., 2004 ; Couplan., 1998).

| Composés | Minéraux (mg/100g) | Vitamines |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Eau (90g/100g) | Iode, I (0.032mg/100g) | Vitamine A (170UI/100g) |
| Protides (8g/100g) | Zinc, Zn (0.1-0.2mg/100g) | Vitamine B1(0.5-3mg/100g) |
| Lipides (0.5g/100g) | Calcium, Ca (37mg/100g) | Vitamine B2 (0.1mg/100g) |
| Glucides (21g/100g) | Phosphore, P (38mg/100g) | Vitamine B9 (61µg/100g) |
| Carotène (170UI/100g) | Fer, Fe (1mg/100g) | Vitamine C (2mg/100g) |
| Calories (120Kcal/100g) | Sodium, Na (6mg/100g) | Vitamine E (2.5mg/100g) |
| Fibers (0.07g/100g) | Potassium, K (208mg/100g) | Vitamine k (61,3 µg/100g) |

III.5. Importance économique et production actuelle

Les haricots verts sont des légumes très consommés dans le monde et disponible toute l'année grâce aux procédés de conservation, principalement l'appertisation et la surgélation. La production totale de ce légume est de 23 millions de tonnes pour une superficie cultivée de 26,47 millions d'hectares dont 30 % provient de l'Amérique, 10 à 25 % provient de l'Afrique et 40% de la Chine (Broughton et *al.*, 2003). Les petits exploitants africains cultivent chaque année plus de 4 millions d'hectares d'haricots dont les récoltes sont utilisées comme source d'alimentation pour plus de 100 millions d'Africains (Djeugap et *al.*, 2014).

Un aperçu de données de quatre ans de 2011 à 2014 indique que plus de 337 000 ha ont été consacrés à la production de 455 000 tonnes d'haricot vert annuellement (Darkwa et *al.*, 2016).

Introduction

Les sols de la wilaya de Laghouat sont en majeure partie d'apport alluvial typique sur croute calcaire, peu évolués, à texture légère à teneur faible en matière organique, présentant ainsi des contraintes pour l'agriculture (C.D.F., 1998).

La région de Laghouat se distingue principalement par trois grands ensembles de sols, l'un se caractérise par les piémonts de l'Atlas saharien, le second par la plaine alluviale de l'Oued M'Zi, et l'autre par le plateau à surface plane avec une charge caillouteuse en surface. Ces sols sont généralement peu profonds. Les roches-mères de ces sols sont le plus souvent constituées par des formations marneuses et calcaires, ce qui explique leur richesse en sels solubles et en calcaires (Khadraoui A, 2004).

I. Description générale de la STEP de Laghouat

La station d'épuration est localisée au Nord Est de la ville de Laghouat à environ 4 km, et située entre le Kef Seridja et le l'oued M'ZI.



Figure 3 : la STEP de Laghouat (photo original, 2019).



Figure 4 : la STEP de Laghouat (Photo originale, 2019).

I.1 Données générales :

| | |
|---|---|
| Nom de la station d'épuration | station d'épuration Bordj snoussi Laghouat |
| Commune | Laghouat |
| Wilaya | Laghouat |
| Maitre d'ouvrage | ONA |
| Capacité de la station | 167000 Eqh 26700 m ³ /j. |
| Milieu récepteur | El oued M'zi |
| Procédé de traitement | Biologique à boue activée à faible charge |
| Entreprise retenue pour la réalisation du génie-civil | Hydrotechnique |
| Entreprise retenue pour la partie équipements | Keppel-Seghers |
| Date de début des travaux de réalisation | 17 juin 2007 |
| Date de mise en service de la station | 13 Avril 2012 |
| Date de transfert de la station à l'ONA | 01 Juillet 2013 |
| Superficies totale utilise | 10 hectares |
| Rendement épuratoire | 94.77 % |
| Nature de l'effluent | Domestique |
| Consommation d'énergie | 12.007 kW/j |
| Boue produite | 6682 Kg MS/j |
| Destination de la boue produite et des eaux épurées | CET |

I.2 Données spécifiques de la station :

Les eaux usées à traiter sont constituées principalement par des effluents d'origines

- Urbaines

Le dispositif d'assainissement de la ville est du type

- Unitaire + Séparatif

Le système d'épuration mis en œuvre est le procédé biologique dit à boues activées à

- Faible charge

Le traitement des boues est assuré par

- Épaississement gravitaire + Lits de séchage

Alimentation en eau usée : arrivée des eaux usées est (gravitaire + par refoulement) jusqu'à la station

Rejet des eaux après traite Le rejet est versé dans l'oued M'zi par une canalisation de rejet depuis la sortie de la station d'épuration (STEP Laghouat).

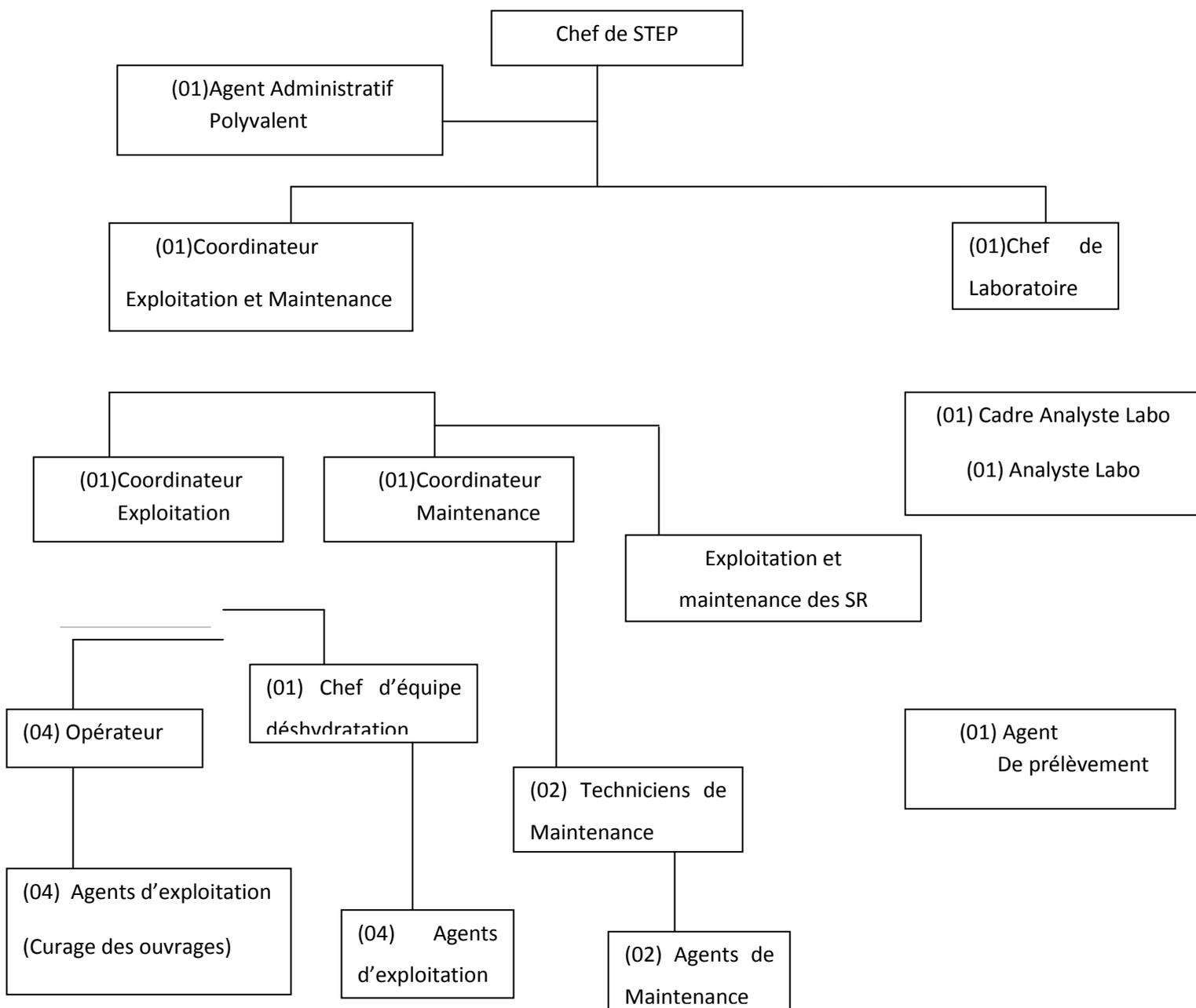
I.3 Bases de dimensionnement des ouvrages :

Tableau 5: Les bases de dimensionnement

| Paramètres | Unités | Horizon 2015/2033 |
|---|-------------------|-------------------|
| Charge hydraulique | | |
| Equivalent. Habitant | E.H | 167 000 / 250 500 |
| Volume journalier | m ³ /j | 26 700 / 49 050 |
| Débit moyen de temps sec | m ³ /h | 1113 / 1669 |
| Débit de pointe temps Sec | m ³ /h | 1825 / 2704 |
| Débit maximal admis en temps de pluie | m ³ /h | 2704 |
| Charge polluante | | |
| Charge journalière en DCO | Kg/j | 16 700 / 25 050 |
| Charge journalière en DBO5 | Kg/j | 9 018 / 13 527 |
| Charge journalière en MES | Kg/j | 11 690 / 17 735 |
| Charge en azote ammoniacal (N-NH ₄) | Kg/j | 1 336 / 2 004 |

Tableau 6: Le traitement retenu avec une qualité de rejet conforme aux normes

| Paramètres | Unité | Concentration en mg/l | Rendement minimum d'élimination en % |
|------------|-------|-----------------------|--------------------------------------|
| DBO5 | mg/l | $30 \leq$ | $91 \geq$ |
| DCO | mg/l | $90 \leq$ | $86 \geq$ |
| MES | mg/l | $30 \leq$ | $93 \geq$ |
| N total | mg/l | $40 \leq$ | $20 \geq$ |

I.4 organigramme de la STEP de Laghouat**1.5 Filière de traitement de la STEP**

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Laghouat, se compose de deux filières de traitement permettant ainsi de fonctionner éventuellement à mi-charge et de manière à obtenir une plus grande souplesse d'exploitation (STEP Laghouat).

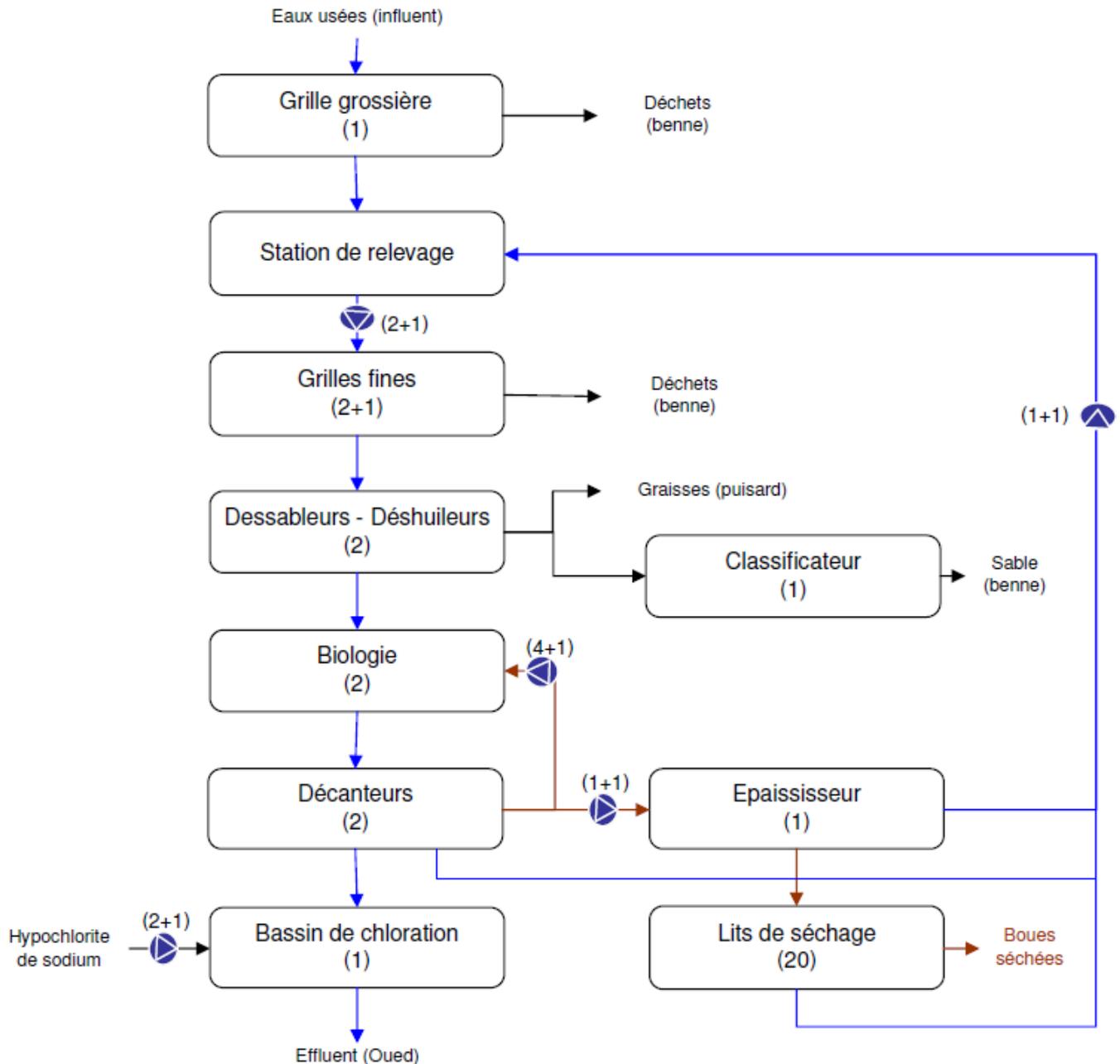


Figure 5 : Filière de traitement de la STEP de Laghouat.

I.5.1 Procédés d'épuration De la STEP de Laghouat

a. Prétraitement (Traitement Primaire)

Le prétraitement est une étape préalable au traitement des effluents urbains. Il consiste en un traitement physique des effluents afin de protéger les organes électromécaniques et les ouvrages situés à l'aval. Il se compose de trois étapes distinctes installées en série: un dégrillage, un dessablage et un dégraissage qui fournissent chacun un sous-produit spécifique appelé refus de dégrillage, sables et graisses (STEP Laghouat).

b. Le dégrillage grossier

Pour le dégrillage grossier de l'installation de Laghouat, on a prévu une grille grossière semi-automatique, inclinée à un angle de 80°. Le relevage et la descente du dégrilleur se fait par palan à chaîne électrique au niveau intermédiaire. L'enlèvement des déchets dans le dégrilleur vers une trémie intermédiaire est fait à la main avec un racleur. Une fois que la trémie intermédiaire est remplie, l'ensemble du chariot et palan à chaîne électrique est utilisé pour remonter et déplacer la trémie vers la benne à déchets au niveau du sol naturel. Un limiteur de couple à friction sans entretien réglé à l'usine remplit les fonctions d'une protection contre la surcharge et de dispositif d'arrêt d'urgence (STEP Laghouat).

-Station de relevage

Après le dégrillage grossier, les eaux usées sont collectées dans la station de relevage Trois pompes centrifuges immergées à vitesse fixe dont une de réserve, pompent les eaux usées à une hauteur suffisante pour l'écoulement par gravité à travers la STEP en direction de l'oued. Une extension avec une quatrième pompe est prévue pour avoir des tuyaux séparés avec clapet anti retour débitmètre et manomètre (STEP Laghouat).

c. Dégrillage fin

Après le dégrillage grossier et le relevage, les eaux brutes doivent passer par le dégrillage fin.

Pour le dégrillage fin de l'installation de Laghouat, on a prévu trois grilles fines inclinées (60°) :

- 2 grilles avec système de nettoyage automatique
- 1 grille de secours avec dégrillage manuel

Chaque grille peut être isolée par une vanne de canal manuelle en amont pour raison de maintenance. Une fois passées par les grilles, les eaux résiduaires sont rassemblées dans un puits de répartition avant d'entrer dans le dessablage.



Figure 6 : le dégrillage (STEP de Laghouat).

d. Dessablage déshuilage

Le dessablage et déshuilage se fait dans deux ouvrages qui assurent également l'élimination. Les ouvrages sont du type aéré longitudinal. Chaque ouvrage se compose de deux zones :

- L'une aérée pour le dessablage où les sables et matières lourdes sont récupérés au fond
- L'autre "tranquille" pour le déshuilage-dégraissage où les huiles, graisses et flottants sont récupérés en surface



Figure 7 : le dessablage et déshuilage (STEP de Laghouat).

I.5.2 Traitement biologique

Les bassins d'aération, au nombre de deux, sont alimentés en eau prétraitées qui sont brassées avec les boues de retour dans le puits de distribution. L'alimentation vers les bassins d'aérations est réglable par régulateurs de prise d'eau à l'entrée. Chaque bassin d'aération est équipé de cinq aérateurs de surface à axe vertical reposant sur des passerelles en béton.

Les aérateurs de surface ont pour rôle :

- De fournir l'oxygène nécessaire à l'activité des boues
- De provoquer une intense turbulence qui permet :
 - Le maintien en suspension des boues actives
 - De renforcer le contact de l'eau brute avec les bactéries épuratrices

Chaque bassin est équipé de deux oxymètres permettant de contrôler en continu la teneur en oxygène dans le bassin. Les oxymètres mesurent aussi la température des eaux dans le bassin. Toutes les mesures d'oxygène et les mesures de température des derniers oxymètres des bassins sont transmis au logiciel central. Le mélange eaux-boues activées est évacué vers le puits de distribution des décanteurs. la décantation des eaux usées après le traitement biologique se fait dans deux ouvrages circulaires (STEP Laghouat).



Figure 8 : La décantation STEP de Laghouat (Photo personnelle, 2019).

a. Les décanteurs

L'alimentation s'effectue par une canalisation située au centre de l'ouvrage et surmontée d'une jupe de répartition.

- Chaque décanteur peut être isolé en amont par une vanne murale située dans le puits de distribution à la sortie des bassins d'aération.

- Chaque décanteur peut être isolé en aval au niveau d'un compartiment respectif et par une vanne murale.
- Chaque décanteur peut être vidé au niveau d'un compartiment respectif par une vanne de vidange.
- Chaque décanteur est équipé d'un pont racleur à moteur et constitué d'une passerelle radiale à laquelle sont suspendues les racles de fond et de surface.

Après les décanteurs secondaires, les boues décantées sont collectées dans le puits de boues des décanteurs. Cinq pompes centrifuges immergées à vitesse fixe, dont une de réserve, pompent une partie des boues (boues de retour) vers le puits de distribution de la biologie. Ce flux de boues traverse un venturi qui permet d'en mesurer le débit. Une extension avec une sixième pompe est prévue pour la phase 2. Deux pompes centrifuges immergées à vitesse fixe, dont une de réserve, pompent une partie des boues (boues en excès) vers l'épaississeur. Les pompes ont toutes des tuyaux séparés avec clapet anti retour, manomètre et vannes d'évent. Les deux tuyauteries des pompes de boues en excès se rejoignent après les vannes d'évent en un seul tuyau, lequel est équipé d'un débitmètre. Pour le contrôle du niveau du puits, deux interrupteurs de niveau sont prévus. Cet instrument est aussi utilisé pour les alarmes de niveau haut et bas (STEP Laghouat).



Figure 9 : les pompes de La décantation STEP de Laghouat (Photo originale, 2019).



Figure 10 : La décantation STEP de Laghouat (photo originale).

b. La désinfection

La désinfection est effectuée par utilisation d'une solution d'hypochlorite à l'entrée d'un ouvrage longitudinal à chicanes. L'effluent des décanteurs secondaires traverse d'abord un venturi qui permet d'en mesurer le débit. L'effluent pénètre ensuite dans l'entrée du bassin de chloration, où la solution d'hypochlorite est dosée. L'effluent s'écoule au travers des chicanes, favorisant un temps de contact optimal avec le chlore. Il s'écoule ensuite par un déversoir de manière gravitaire en direction de l'oued. Les eaux de surverse sont récupérées dans un caniveau périphérique et s'écoulent par gravité vers le puits de pompage des eaux usées (STEP Laghouat).

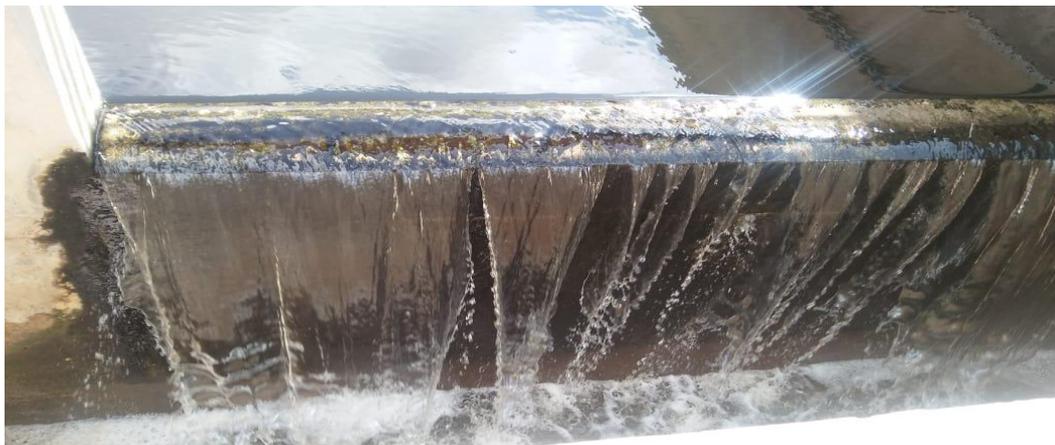


Figure 11 : la sortie de l'eau épuré STEP de Laghouat (Photo personnelle, 2019).

Les boues épaissies sont pompées vers les lits de séchage par deux pompes à vis excentrée dont une de réserve. Les pompes à vis excentrée sont situées dans le local de l'épaississeur.

c. Lits de séchage

Les avantages des lits de séchage sont :

- Production de boues à l'état solide sur de petites installations
- Facilité d'exploitation
- Pas de conditionnement des boues

Les inconvénients sont :

- Procédés soumis aux aléas climatiques
- Surface mobilisée importante

Les lits de séchage classiques sont constitués d'une couche de sable lavé surmontant des couches de granulométrie plus importante, incluant le réseau de drainage. La surface totale de lit nécessaire est estimée à $1\text{m}^2/5\text{EH}$. En climat exceptionnellement favorable, cette surface pourrait être ramenée à $1\text{m}^2/7\text{EH}$. Le nombre de lits doit permettre l'adéquation du remplissage d'un lit avec une purge de boues. Une couche (virtuelle compte tenu du drainage instantané) de 30 cm de boues liquides étant épandue, la surface d'un lit doit être de $2,5\text{m}^2/100\text{EH}$ raccordés (STEP Laghouat).



Figure 12 : Lit de séchage STEP de Laghouat (Photo originale 2019).

I.6 Contrôle et supervision de la STEP

L'automatisation dans les différentes étapes du cycle de l'eau est une nécessité. Elle se fait en fonction de la taille de l'installation. Elle contribue à :

- Améliorer les conditions d'exploitation : l'automatisation assure beaucoup de tâches pénibles qui étaient auparavant effectuées à la main par des opérateurs, comme par exemple le nettoyage des filtres.

- A améliorer les performances de l'installation : la mise en place de mesures et de régulations complémentaires permettent d'améliorer la qualité. Des modes de marche dégradés automatiques peuvent être mis en place.
- Accroître la productivité : il est possible d'optimiser les coûts d'énergie en fonction des tarifs horaires d'électricité.

I.7 Laboratoire

Le laboratoire assure le suivi du fonctionnement et le contrôle des rejets des stations d'épuration gérées par l'office, en analysant les eaux résiduaires en entrée et sortie, et en examinant les boues aux différents stades du processus. Il apporte aussi une assistance technique aux autres laboratoires de l'ONA, tout en établissant les études de valorisation des eaux épurées et des boues. Toutes les analyses effectuées au laboratoire du SIVOM sont faites par micro méthodes standardisées et optimisées pour l'analyse de l'eau. Les réactifs sont fournis par la Société LANGE. Chaque analyse a son coffret de réactif spécifique, Il s'agit de déterminer des index ou des concentrations par lecture d'une intensité de coloration. La lecture est réalisée sur un spectrophotomètre Modèle DR 3800 LANGE avec un traitement informatisé des données, Les pipettes utilisées sont automatiques avec embout à usage unique.



Figure 13 : le matériel d'analyse de la DBO et DCO.

I.8 Les avantages de la STEP

- Protection de l'environnement.
- Protection des milieux récepteurs. (Oued M'zi. Oued M'Saad).
- Protection des nappes souterraines.
- Protection de la population contre les risques des maladies à transmission hydriques.

II. matériel et méthode

II. Echantillonnage

- **Le sol** : les échantillons du sol ont été prélevés de la ville de Laghouat (La maison) et ensuite transférés dans des pots de 2 kg.
- **Eau épurée** : Prélevée directement de la station de Laghouat (STEP) dans des bidons de 25 L.
- **La boue** : Prélevée de la station de Laghouat (STEP) dans des sacs plastiques de 10 kg étiquetés selon le bloc et le traitement appliqué.

A noter que ces échantillons ont été prélevés le 16-04-2019.

Pour déterminer la qualité de l'eau épurée, nous avons été appelé à déterminer les paramètres suivants :

II.1 Demande chimique en oxygène (DCO)

Les besoins en oxygène des matières oxydables présentes dans l'eau d'un effluent. Il s'agit en grande partie de matières organiques qui seront oxydées lors de réactions enzymatiques, ou d'ions oxydables (fer ferreux, chlorures, sulfures, nitrites...) appliquées aux effluents traités par une station d'épuration. La mesure de la DCO permet d'apprécier l'efficacité du traitement appliqué et d'évaluer l'impact des rejets sur l'environnement, de crainte du risque d'asphyxie par une trop grande consommation d'oxygène lors des réactions de dégradation et d'oxydation.



Figure 14: DCO-mètre (Photos originale).

II.1.1 Matériel et réactifs

- Tubes à fond plat de DCO
- Réfrigérant
- Burette, pipettes

- Bloc chauffant + alimentation-
- Acide sulfurique (H_2SO_4) à 4 mol/l
- Sulfate d'argent (Ag_2SO_4),
- Dichromate de potassium (K_2CrO_4) à 0,04 mol/l
- Sel de Mohr ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$) à 0,12 mol/L
- Sel tétra sodique de l'acide tétra sulfonique phtalocyanine de cuivre (étalon).

II.1.2 Mode opératoire

Dans un tube à fond plat de DCO, introduire 10,0 ml et 5,0 ml de dichromate de potassium

- Ajouter quelques billes de verre pour réguler l'ébullition
- Ajouter lentement avec précaution, à l'aide d'une éprouvette graduée, 15 ml d'acide sulfurique sulfate d'argent
- Homogénéiser sous l'eau froide
- Relier le réfrigérant au tube en vérifiant la présence de téflon.
- Porter à ébullition à reflux dans le bloc chauffant pendant 2 h, et laisser refroidir.
- Laver la paroi interne du réfrigérant à l'eau déminéralisée en recueillant les eaux de lavage dans la fiole.
- Débrancher le réfrigérant de la fiole, compléter à environ 75 ml avec de l'eau déminéralisée.
- Titrer l'excès de dichromate de potassium avec la solution de sel de Mohr (sulfate de fer II et d'ammonium) en présence d'une dizaine de gouttes de ferroïne. Le virage est matérialisé par le changement de couleur du bleu vert au brun rouge. A l'équivalence, noter V_2 .

II.1.3 Vérification de la concentration de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium

- Dans un bécher, mettre 5 ml de solution étalon de dichromate de potassium à 0,04 mol/L.
- Ajouter environ 100 ml avec la solution d'acide sulfurique à 4 mol/L.
- Titrer avec la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium avec quelques gouttes de solution de ferroïne et déterminer la quantité nécessaire de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge.

La concentration C (en mol/L) de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium est donnée par la formule ci-dessous où les volumes sont exprimés en ml

$$C \text{ (mol/l)} = 2.4 / V \text{ (sulfate de fer et d'ammonium)}$$

Il est également possible de détecter le virage par variation du potentiel redox à l'aide de la sonde redox.

Le mode opératoire est en tous points identiques à celui de l'essai sauf que Les 10,0 ml de prise d'essai correspondent à 10,0 ml d'eau déminéralisée Noter v2.

II.1.4 Mode de calcul

La demande chimique en oxygène –DCO- exprimée en milligrammes par litre. Est donnée

La formule :

$$\frac{8000c(v_1 - v_2)}{v_0}$$

Avec :

- C : la concentration en quantité de matière exprimée en moles par litre de la solution de sulfate de fer (2) et d'ammonium.
- V_0 est le volume en millilitre de la prise d'essai avant dilution .
- V_1 est le volume en millilitre de la solution de sulfate de fer (2) et d'ammonium utilisé pour l'essai à blanc
- V_2 est le volume en millilitre de la solution de sulfate de fer (2) et d'ammonium Utilisé pour la détermination.
- 8000 est la masse molaire en milligrammes par litre de $\frac{1}{2} O_2$

II.2 Demande biochimique en oxygène DBO₅

Décrit également une demande en oxygène d'un effluent, mais il ne s'agit que des besoins des

Micro-organismes présents dans l'effluent, qui vont consommer l'oxygène pour leurs réactions

Métaboliques. Par définition, la DBO₅ est incluse dans la DCO (son taux devrait nécessairement lui être inférieur). Elle est représentative de la capacité d'un milieu à s'auto-épurer.

II.2.1 Appareillage

- Un DBO-mètre composé de : bouteilles en verre brun 500ml -oxytops+cupules +plateau d'agitation +barreaux magnétiques +incubateur
- Eprouvettes de 200ml et 500

II.2.2 Réactifs

- NaOH
- ATH (allyle thio-urée)



Figure 15: Incubateur + DBO-mètre (Photos originale).



Figure 16 : DBO-mètre et Oxitop (Photos originale).

II.3 Matières en suspension par centrifugation

C'est la fraction non dissoute de la pollution. Les arrêtés ministériels de 1994 et 1995 relatifs aux conditions de détermination de la qualité minimale d'un rejet d'effluents urbains précisent que : « Les matières en suspension, et particulièrement la fraction décantable de celles-ci, peuvent constituer, à l'aval du rejet, des dépôts qui empêchent la vie d'une faune et d'une flore benthiques normales et qui dégradent la qualité de l'eau sous-jacente par le produit des fermentations. Les MES contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons. »

II.3.1 Appareillage

- Centrifugeuse
- Dessiccateur + gel de silice

- Creuset en porcelaine
- Balance analytique
- Pince pour creuset
- Fiole jaugée 50 ml
- Etuve de séchage

II.3.2 Mode de calcul

Calculer la teneur en matières en suspension d'après l'expression

$$\rho = \frac{(M_1 - M_0) * 1000}{v}$$

Avec :

- ρ est la teneur en matières en suspension en milligrammes par litre.
- M_1 est la masse en milligramme de la capsule et de son contenu après séchage à 105 °C.
- M_0 est la masse en milligramme de la capsule vide.
- V est le volume en millilitre de la prise d'essai.

II.4 Matières sèches (MS)

Principe : L'analyse des matières sèches est faite sur un échantillon représentatif séché entre 103 et 105 °C dans une étuve de séchage.

- Appareillage
- Creuset en porcelaine
- Etuve (103 à 105 °C)
- Balance de précision (jusqu'à 0.1 mg)
- Dessiccateur
- Pipettes

II.4.1 Mode opératoire

- Faire sécher le creuset pendant 2 heures à 105 °C, jusqu'à ce qu'il ait un poids constant.
- laisser refroidir dans le dessiccateur et mesurer ensuite sa masse ma.

- Remplir le creuset et mesurer la masse m_b .
- placer le creuset contenant l'échantillon dans l'étuve réglée à 105°C jusqu'à ce que le résidu apparaisse sec, généralement toute une nuit .après refroidissement dans le dessiccateur peser le creuset et son contenu m_c .
- Calculer la concentration en matières sèches comme suit :

$$W_{dr} = \frac{(m_c - m_a)}{(m_b - m_a)} * f$$

Avec :

- W_{dr} : la teneur en matières sèches de l'échantillon en % ou en g/kg
- f : le facteur de conversion égal à 100 pour des résultats en % et égal à 1000 pour des résultats en g/kg.
- m_a : la masse de la capsule d'évaporation ou du creuset vide, en gramme
- m_b : la masse de la capsule d'évaporation ou du creuset contenant l'échantillon de boue en gramme

II.5 Potentiel hydrogène pH

Principe : La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. Le pH-mètre est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure.

II.5.1 Appareillage

Le matériel de mesure du pH se compose de :

- Un pH mètre WTW 521 équipé d'une électrode combinée ;
- Un thermomètre intégré
- Un agitateur magnétique.

II.6 Conductivité

La conductivité électrique, C , d'une eau, est la conductance d'une eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface, séparée l'une de l'autre par une distance de 1 cm.

II.6.1 Mode opératoire

- Rincer et essuyer soigneusement la cellule
- Immerger la cellule dans la solution inconnue

- Placer le commutateur sur Ms/cm et lire le résultat
- Multiplier le résultat par la valeur K pour avoir la valeur exacte de la conductivité

II.7 Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

L'ammoniaque fait partie intégrante du cycle de l'azote. Il se trouve à l'état de gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions physico-chimiques, et plus particulièrement le pH, il est susceptible de se trouver sous forme de composés non combinés ou sous forme ionisées. Les formes combinées sont relativement peu toxiques, alors que la même quantité d'azote ammoniacal à des pH élevés peut entraîner des conséquences néfastes pour la santé humaine (l'ammoniaque non ionisé étant très toxique).

Principe : Mesure spectrophotométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate de sodium et Hypochlorite en présence de Nitroprussiate de sodium. La lecture se fait à la longueur d'onde de 655 nm.

II.7.1 Réactifs

• Réactif I :

- Acide dichloroisocyanrique $\text{C}_3\text{HCl}_2\text{N}_3\text{O}$ (2 g)
- Hydroxyde de Sodium (NaOH) (32 g)
- Eau distillée (q.s.p 1000 ml)

• Réactif II (coloré) :

- Trictrate de sodium (130 g)
- Salicylate de Sodium (130 g)
- Nitropruciate de Sodium (0.97 g) Eau distillée q.s.p (1000 ml) Solution mère étalon d'azote ammoniacal de 0,1 g/l.
- Sécher une quantité de chlorure d'ammonium NH_4Cl pendant une heure à 105°C et dissoudre 0,03821 g dans 100 ml d'eau distillée.
- Solution fille étalon d'azote ammoniacal de 1 mg/l.
- Prendre 1 ml de la solution mère dans 100 ml d'eau distillée.

II.7.2 Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 40 ml de réactif I
- Ajouter 4 ml de réactif II et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1h
- L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+

Le résultat est donné directement en mg/l.

Gamme et étalonnage : dans une série de fioles de 50 ml :

| | | | | | | |
|---|----|------|------|-----|-----|-----|
| Solution fille 1 mg/l | 0 | 1 | 2.5 | 5 | 25 | 40 |
| Eau distillée (ml) | 50 | 49 | 47.5 | 45 | 25 | 10 |
| Réactif I (ml) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Réactif II (ml) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Attendre 1h | | | | | | |
| (NH ₄ ⁺) en mg/l | 0 | 0.02 | 0.05 | 0.1 | 0.5 | 0.8 |

NB : La verrerie doit être rincée avec une solution d'Hydroxyde de Potassium « 25 g dans 214 ml d'Ethanol et compléter à 250 ml d'eau distillée. ».

III. Dispositif expérimental

C'est un dispositif de type bloc aléatoire complet. L'essai présente 3 blocs, avec chaque bloc une dose différente. A chaque bloc, nous avons 12 pots.

Tableau 7: représente le dispositif expérimental des boues

| | | | | | | | | |
|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|
| T0 | T2 | T1 | T3 | T1 | T0 | T2 | T0 | T3 |
| T2 | T1 | T3 | T0 | T2 | T1 | T3 | T1 | T0 |
| T3 | T0 | T2 | T1 | T3 | T2 | T0 | T2 | T1 |
| T1 | T3 | T0 | T2 | T0 | T3 | T1 | T3 | T2 |
| BLOC1 | | | BLOC2 | | | BLOC3 | | |

III.1 Traitements

Les traitements correspondent à l'application aux pots.

On a 3 dose de boues :

Dose1 : 10% (2 kg de boues + 18 kg du sol)

Dose2 : 15 % (3 kg de boues+17 kg du sol)

Dose3 : 30% (6 kg de boue +14 kg du sol)

Ainsi, chaque traitement fait 03 répétitions. Donc avec les répétitions de témoin il ya 36 pots on total.

La couleur d'Etiquette :

- T0 = témoin (blanc)
- T1 = traitement (orange)
- T3 = traitement (rouge)
- T = traitement (vert)



Figure 17 : la pesé des boues et le sol (photo originale).



Figure 18 : Photos originale du dispositif des boues.

III.2 Mise en place de l'essai :

L'essai a été réalisé à la maison, dans un jardin à l'air libre en date du 17-04-2019.

Le semis : Le semis à été réalise le 18-04-2019, où nous utilisons 3 graines de l'haricot vert par pot de 3 cm de profondeur.



Figure 20 : Photos originale de l'implantation des graines.

Irrigation : quotidienne à 6 h du matin, par l'eau de robinet

Pour l'eau épurée : On a choisi le même dispositif à bloc aléatoire complet, et avec un volume de 500 ml d'eau épurée par pot. Quant aux témoins, nous avons utilisés l'eau de robinet.

Tableau 8 : représente le dispositif expérimental de l'eau épurée

| | | | | | | | | |
|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|
| T0 | T2 | T1 | T3 | T1 | T0 | T2 | T0 | T3 |
| T2 | T1 | T3 | T0 | T2 | T1 | T3 | T1 | T0 |
| T3 | T0 | T2 | T1 | T3 | T2 | T0 | T2 | T1 |
| T1 | T3 | T0 | T2 | T0 | T3 | T1 | T3 | T2 |
| BLOC1 | | | BLOC2 | | | BLOC3 | | |

Irrigation :

Bloc 1 : irrigation quotidienne

Bloc 2 : irrigation 4 fois par semaine

Bloc 3 : irrigation 3 fois par semaine

IV. Méthodes d'analyse du sol

Le sol : les échantillons du sol ont été prélevés à différents endroit pour chaque bloc. Les échantillons ont été prélevés le 12-06-2019, et ils étaient mis dans des sacs plastiques étiquetés selon le bloc et le traitement appliqué.

IV.1 Méthodes d'analyse physico-chimiques

IV.1.1 Mesure de pH

La valeur est lue à l'aide d'un pH-mètre, l'électrode est plongée dans une suspension sol/eau, Pour l'ensemble des analyses, 12 répétitions de mesures ont été réalisées.



Figure 21: pH mètre (Photo originale).

IV.1.2 Mesure de la conductivité électrique (C.E) :

L'échantillon de sol ou de boues est extrait dans un rapport d'extraction de 1:5 (m/V) avec de l'eau distillée, afin de dissoudre les électrolytes. La conductivité électrique (CE) de l'extrait filtré est mesurée à l'aide d'un conductimètre et le résultat est corrigé à une température de 25 °C.



Figure 22 : conductimètre (Photos originale).

IV.2 Méthodes d'échantillonnage de la végétation

Après 45 jours de culture, les plantules de l'haricot ont été récupérées et lavées avec l'eau de robinet pour éliminer les particules du sol afin de mesurer les paramètres de croissance, tel que : Longueur racinaire et longueur des tiges. À l'aide d'un pied à coulisse nous avons mesuré la longueur racinaire et celle des tiges des plantules de l'haricot.



Figure 23: représente la mesure de la longueur des tiges et la longueur racinaire (Photos originale).

IV.2.1 Poids frais

Nous avons mesuré le poids frais par pesé des plantules du l'haricot à l'aide d'une balance de précision.



Figure 24 : balance de précision pour le poids frais.

IV.2.2 Poids sec

Le poids sec des plantules du l'haricot à été obtenu par séchage des plantules à 105° C jusqu'à obtention d'un poids constant.

➤ Dosage de la chlorophylle

Le contenu en chlorophylle est déterminé selon la procédure décrite par Hiscox et Israelstam (1979). Un prélèvement de 100 mg de matière fraîche est obtenu du tiers médian de la feuille bien développée. Les échantillons foliaires sont broyés dans 10 ml d'acétone à 85 %

Après filtration sur papier Wattman, l'absorbance de l'extrait est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre, model Sontays Techtron, 635, aux longueurs d'ondes 663 et 645 nm utilisant une cuvette en plastique de 1 cm d'épaisseur. La concentration en chlorophylle totale, exprimé en mg/g MF est déduite par la formule (équation 1) attribuée à Arnon (1949) par Richardson et *al.*, (2002) :

$$\text{Chl (mg/g MF)} = 20.2 A_{645} - 8.02 A_{663} \quad (\text{équation 1})$$

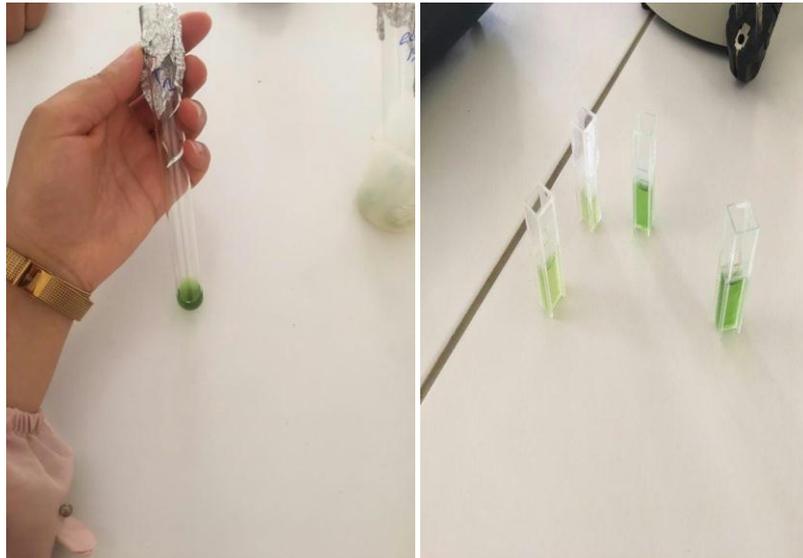


Figure 25 : photo personnelle dosage de la chlorophylle.

I. Résultats et discussions

I.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau épurée et de la boue de la STEP de Laghouat

- Caractérisation physico-chimique des boues

Les boues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Laghouat ont fait l'objet d'une caractérisation sommaire en fonction des moyens disponibles, ce qui en ressort certaines qualités physico-chimiques à même de générer un plus de fertilité des sols amendés. Les principaux résultats sont consignés dans les tableaux suivants :

Tableau 9 : bilan de l'auto-surveillance du mois avril

| Paramètres de l'auto-surveillance | MES M3/j | DBO5 Mg/l | DCO mg/l | N-NH4+ Mg/l | pH | CE μS/cm |
|------------------------------------|-------------|--------------|-------------|----------------|------|-------------|
| Entrée STEP (eau brute) | 308 | 298 | 716 | 64.50 | 7.67 | 2311 |
| Nbr d'analyse/mois (eau brute) | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 20 |
| Sortie STEP (eau épurée) | 10 | 6 | 27 | 24..20 | 7.38 | 2071 |
| Nbr d'analyse/mois (eau épurée) | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 20 |

- Le pH des boues résiduelles urbaines est proche de la neutralité (LEROY, 1981 cité par MAHMA SID-ALI, 1995). Les résultats obtenus du pH de nos boues est de 7.78 (neutres).
- La Conductivité électrique : Elle renseigne sur la salinité des boues qui limite leur utilisation surtout en terrains salés. La CE de nos boues est de 1385 μs/cm, donc elle n'a pas d'effet sur notre essai.

I.2 Résultat d'analyse physico-chimique

L'étude du comportement d'une culture de l'haricot vert amendée uniquement par des doses croissantes de boues activées et eau épurée de la station d'épuration de Laghouat a fait l'objet d'un suivi soutenu durant quarante cinq (45) jours de culture.

L'un des principaux objectifs recherché à travers cette étude est de mesurer l'influence de l'apport des boues résiduaires et l'eau épurée sur les sols agricoles. Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs du pH des sols témoin et ceux amendés avec de la boue d'épuration.

✓ pH

Tableau 10 : Résultats des mesures du pH (boues)

| Ph | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bloc1 | 7.99 | 7.77 | 7.76 | 7.91 | 7.98 | 7.81 | 7.91 | 7.69 | 8.01 | 7.93 | 7.74 | 7.92 |
| Bloc2 | 8.10 | 7.63 | 7.64 | 7.67 | 8.01 | 7.66 | 7.66 | 7.59 | 8.09 | 7.72 | 7.65 | 7.61 |
| Bloc3 | 8.10 | 7.58 | 7.56 | 7.60 | 8.16 | 7.54 | 7.55 | 7.54 | 8.03 | 7.59 | 7.58 | 7.57 |

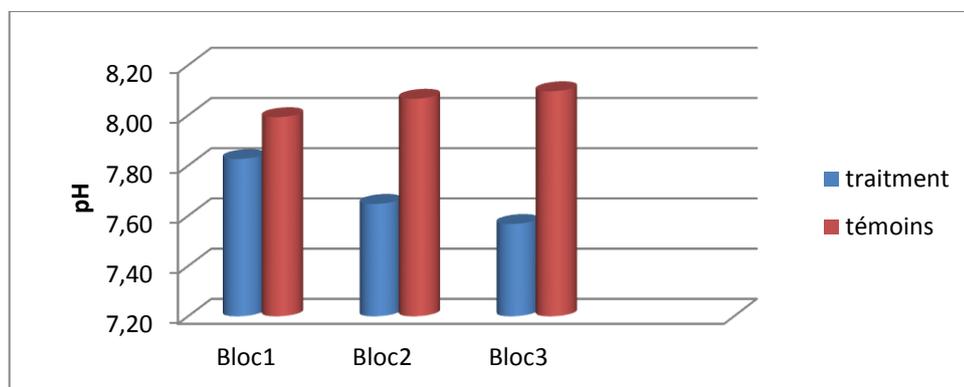


Figure 26 : Histogramme représentant l'évolution du pH (boues).

A travers ces résultats, nous constatons, une légère diminution du pH en fonction du temps pour tous les traitements, et son alcalinité diminue. Cette chute d'alcalinité est non considérable en général. Nous remarquons que la diminution du pH dans le bloc 3 par rapport au premier et au deuxième bloc. Le pH moyen des différentes doses testées est légèrement alcalin. Il varie d'une manière très faible, où la valeur la plus élevée du pH enregistrée était celle du bloc 3, avec de 7.54.

Le pH constitue un facteur déterminant pour la disponibilité des nutriments dans le sol. La diminution de celui-ci induit une baisse sensible de l'assimilabilité des principaux éléments fertilisants du sol (ENITA, 2000).

L'application des boues a montré que le sol est de texture sableuse et alcaline

($7.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$), non salé ($\text{CE} \leq 0.25 \text{ mmhos/cm}$), Ces résultats sont comparables avec ceux rapportés par Boumediene (2010) ; Henrit (2010).

Il est à noter que nous avons enregistré une variation des valeurs du pH qui ont connu une diminution par rapport à ceux obtenues auparavant.

✓ C.E

Tableau 11: montre les résultats du C.E (boues)

| CE | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bloc1 | 0.31 | 0.33 | 0.24 | 0.32 | 0.22 | 0.31 | 0.34 | 0.37 | 0.25 | 0.45 | 0.45 | 0.46 |
| Bloc2 | 0.26 | 1 | 1.03 | 1.03 | 0.21 | 1.15 | 1.01 | 1.17 | 0.29 | 1.16 | 0.96 | 1.10 |
| Bloc3 | 0.30 | 1.11 | 1.09 | 1.09 | 0.26 | 1.18 | 1 | 1.11 | 0.21 | 0.99 | 1.10 | 1.18 |

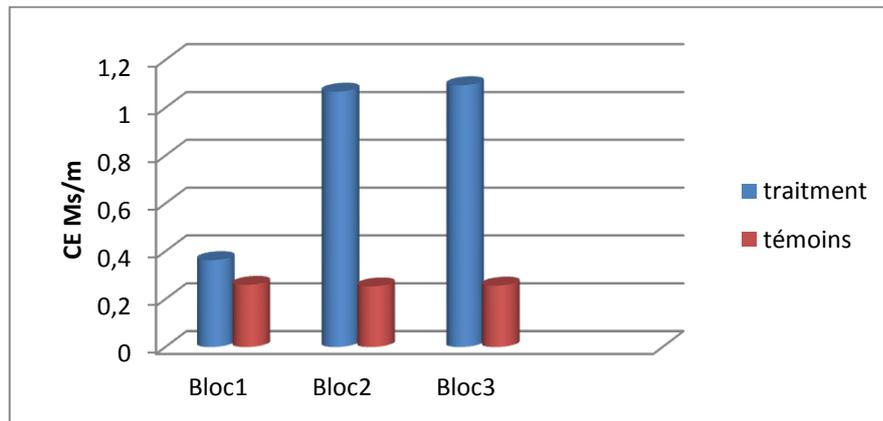


Figure 27: Histogramme représentant l'évolution du C.E (boues).

La comparaison de l'effet des différents traitements sur la conductivité du sol montre qu'il existe une forte augmentation de la conductivité électrique sous l'effet de la boue en fonction des temps pour le bloc 2 et bloc 3 par rapport au bloc 1.

Il est admis que l'épandage de la boue résiduaire peut induire un effet de salinité dans les sols agricoles (Marisot, 1986), ce qui n'est pas le cas dans notre essai ; l'expérimentation a été très courte pour qu'il y'ait un effet cumulé de boue en décomposition. Le même résultat a été obtenu par (Dridi et Toumi , 1999 ; Pisson ,2000 ; Korboulewsky et al ., 2001, Boutmejet , 2004 ; Bipfubusa et al ., 2006 ; Amadou , 2007 ; Bahri et Annabi , 2011 ; Geuerfi,2012).

Les sols ont une faible conductivité ($130 < CE \mu S/cm < 180$) par rapport à celle de la boue résiduaire utilisée ($1385 \mu S/cm$). Cependant, ils appartiennent tous à la classe des sols non salés. Les résultats obtenus montrent que la CE augmente avec la dose apportée.

Pour l'eau épurée : résultats du pH

Tableau 12: Résultats des mesures du pH (l'eau épurée)

| pH | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bloc1 | 8.10 | 7.74 | 7.73 | 7.71 | 8.04 | 7.79 | 7.78 | 7.77 | 7.96 | 7.74 | 7.71 | 7.76 |
| Bloc2 | 7.96 | 7.95 | 7.90 | 7.94 | 8.00 | 7.88 | 7.89 | 7.93 | 8.10 | 7.97 | 7.90 | 7.96 |
| Bloc3 | 7.98 | 7.94 | 7.97 | 8.01 | 8.04 | 7.99 | 7.98 | 7.99 | 8.09 | 8.02 | 8.04 | 2.03 |

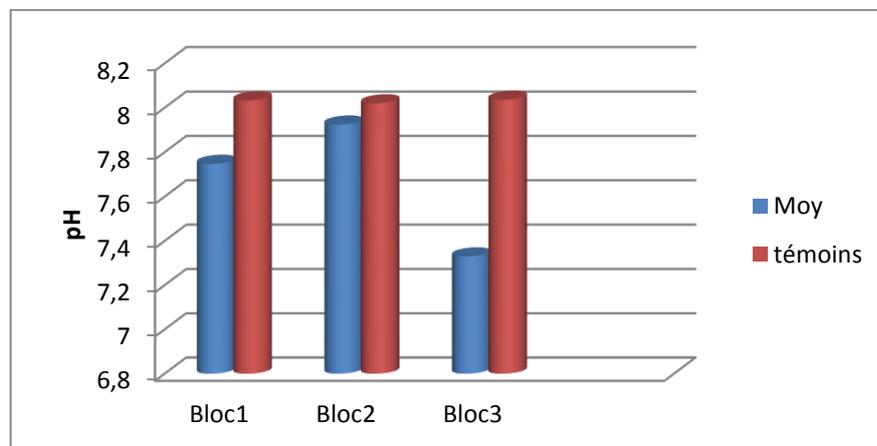


Figure 28 : Histogramme représentant l'évolution du pH (eau épurée).

Les résultats montrent que les valeurs du pH sont dans la plage de la neutralité. Nous avons remarqué aussi que les valeurs de pH les plus faibles ont été marquées dans le bloc 3.

Les résultats de la CE de l'eau épurée sont représentés dans le tableau ci-dessous

✓ C.E

Tableau 13 : les résultats du C.E (pour les boues)

| CE | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bloc1 | 0.31 | 0.52 | 0.49 | 0.48 | 0.29 | 0.53 | 0.55 | 0.53 | 0.21 | 0.52 | 0.53 | 0.49 |
| Bloc2 | 0.26 | 0.43 | 0.39 | 0.45 | 0.25 | 0.43 | 0.42 | 0.40 | 0.30 | 0.47 | 0.42 | 0.39 |
| Bloc3 | 0.30 | 0.33 | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.29 | 0.33 | 0.32 | 0.19 | 0.29 | 0.28 | 0.20 |

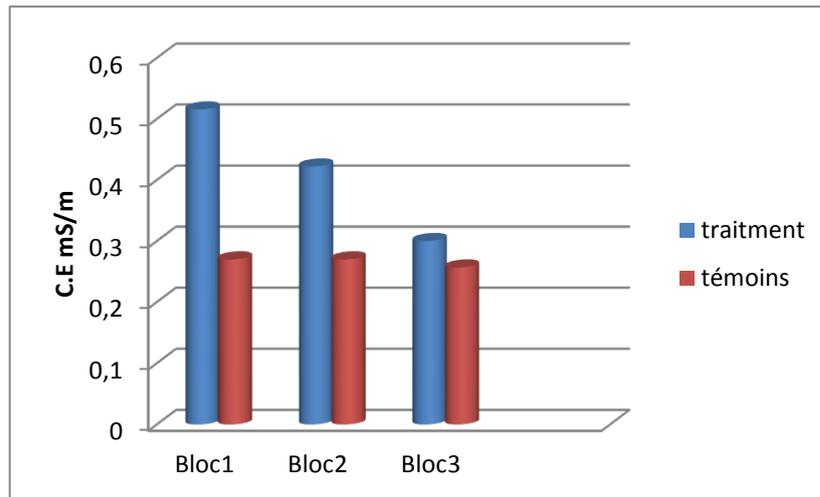


Figure 29 : Histogramme représentant l'évolution du C.E (eau épurée).

Les résultats obtenus montrent que le sol étudié irrigué par les eaux épurées est non salé, et la C.E présente une valeur plus élevée dans le bloc 1. On a constaté aussi que la salinité dans les pots irrigués par l'eau traitée est plus petite.

I.3 Effets des boues et de l'eau épurée sur la morphologie de l'haricot vert

Dans le but d'apprécier l'effet des boues sur le comportement de l'haricot vert, nous avons considéré différents paramètres de croissance.



Figure30 : photographie montrant le dispositif expérimental.

II.3.1 Paramètre morphologique

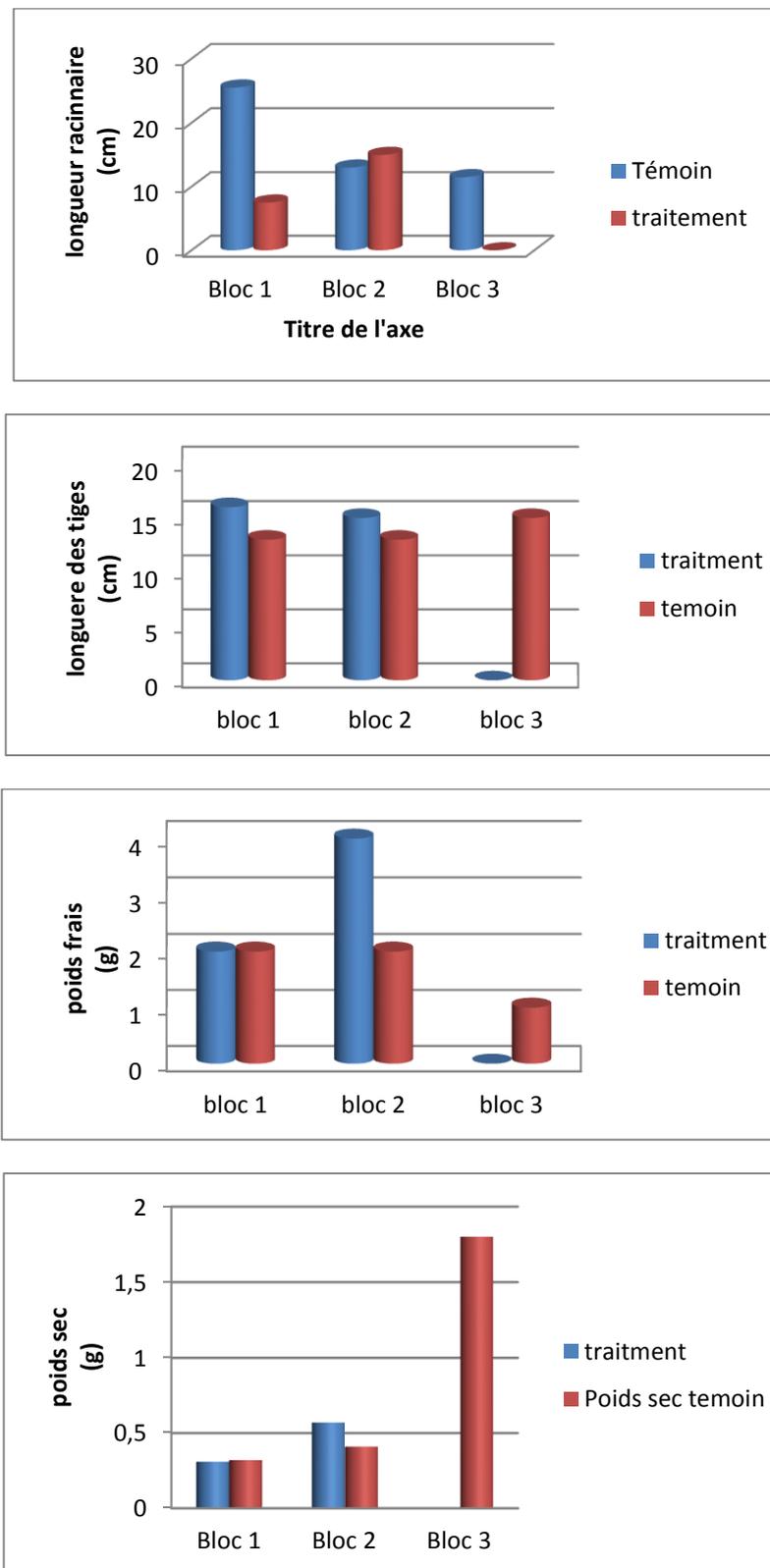


Figure 31: effet des boues sur la promotion de la longueur racinaire, la longueur des tiges, le poids frais, et le poids sec de la plantule d’haricot vert en sol.

L'effet des boues sur la croissance en hauteur de la tige et racine, le poids sec et le poids frais diffèrent d'un bloc à l'autre. La longueur maximale de la tige est enregistrée pour la plante du bloc 2 (15 cm). Les résultats mentionnés dans l'histogramme de la figure 32 ont montré que les boues ont amélioré la longueur racinaire, la longueur des tiges, le poids frais et le poids sec des plantules de l'haricot vert pour le bloc 2. Pour le bloc 3, on fait la même analyse que pour les témoins. Ces résultats laissent penser que l'apport de boues de la STEP n'améliore pas la taille de la partie aérienne et racinaire de l'haricot dans les sols.

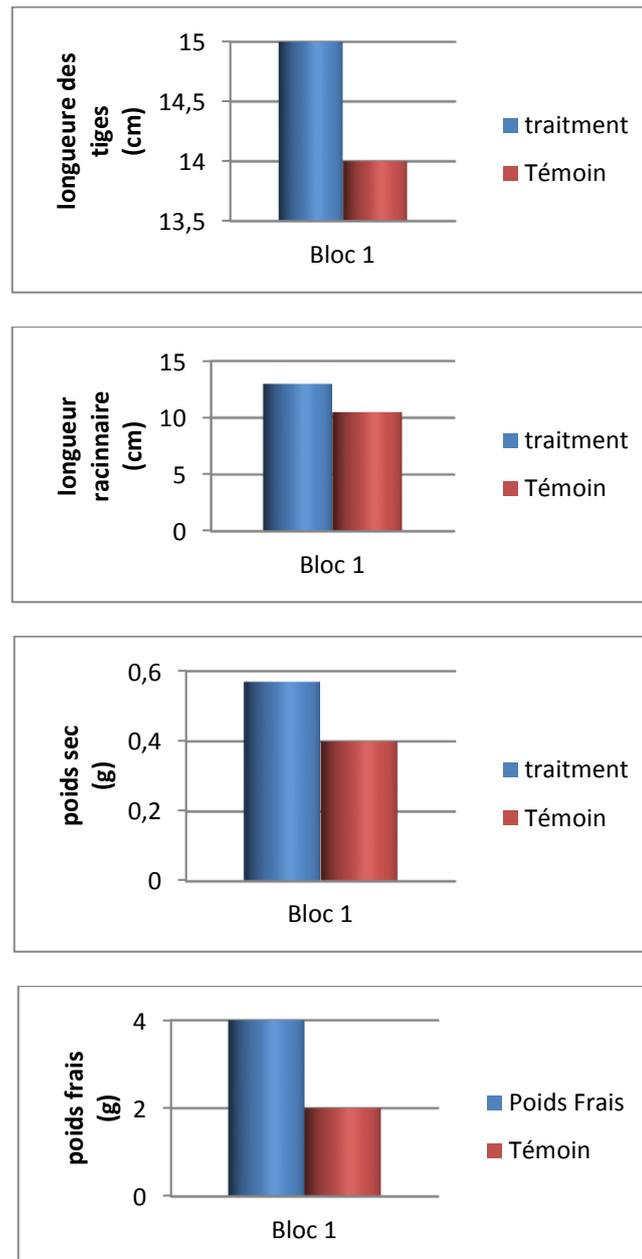


Figure 32: effet de l'eau épurée sur la promotion de la longueur racinaire, la longueur des tiges, le poids frais, et le poids sec de la plantule d'haricot vert en sol.

Les résultats mentionnés dans l'histogramme de la figure ont indiqué que l'eau épurée améliore la longueur racinaire, la longueur des tiges, le poids frais et le poids sec des plantules de l'haricot. Ces résultats laissent penser que l'apport de l'eau épurée de la STEP de Laghouat améliore la taille de la partie aérienne et racinaire de l'haricot dans les sols.

II.4 Paramètre physiologique

II.4.1 La teneur en chlorophylle

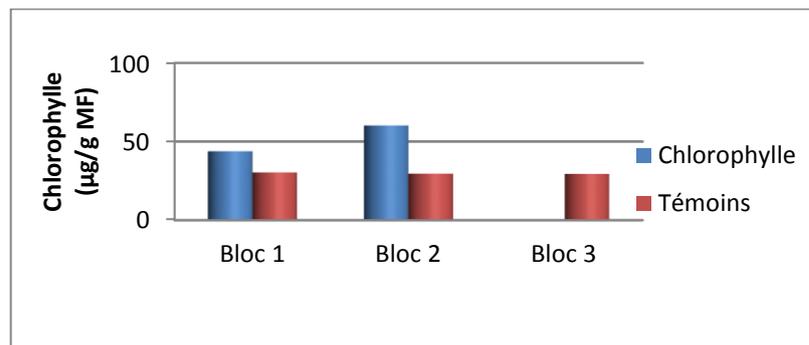


Figure 33 : effet de la boue sur la teneur en chlorophylle du plantule d'haricot vert.

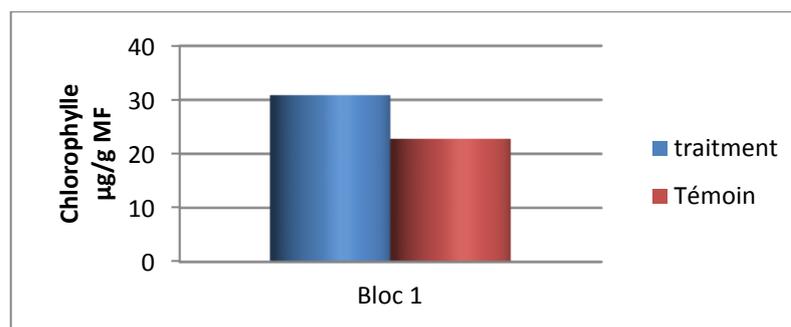


Figure 34: Figure : effet l'eau épurée sur la teneur en chlorophylle du plantule d'haricot vert .

D'après les résultats donnés dans la figure 34 la plus grande quantité de chlorophylle est enregistrée dans les feuilles du bloc 2, avec une valeur supérieure à celle du bloc 1. La teneur en chlorophylle totale est le critère le plus utilisé pour quantifier l'état général de la plante, c'est un excellent bio indicateur de pollution et de stress (Tripathi et Tripathi, 1999).

La réduction de l'activité photosynthétique est constatée en différents cas de stress par plusieurs auteurs, salin(Almeida viegas et al.,1999 ;EL-Iklil,2002 ;Djanaguiraman et al.,2006),hydrique (Tabaeizadeh,1998),oxydative (Luna et al.,1994) .

Conclusion

La réutilisation des eaux usées (REU) consiste en leur utilisation plus ou moins traitées dans un objectif d'amendement et de valorisation (usage bénéfique). Les projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUT) participent à la gestion intégrée des ressources en eau et à la préservation de l'environnement.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des boues résiduaires, des eaux usées de la station d'épuration de Laghouat dans les sols agricoles d'une part et sur les recherches réalisées sur les légumineuse et plus précisément l'haricot d'autre part. Les sols sableux des régions sahariennes se caractérisent par une faible fertilité au vu d'un stock nutritionnel très faible dont le très faible taux de matière organique en est l'explication essentielle. Le caractère filtrant de ces sols et les conditions très favorables à la minéralisation des matières organiques militent en faveur des amendements organiques par rapports aux engrais de synthèse pour améliorer la fertilité de ces sols. C'est dans cet esprit, que nous avons mis en place un essai portant sur l'application des boues résiduelles de la station d'épuration des eaux usées de Laghouat sur des pots ensemencée en haricot au niveau de la ville de Laghouat (la maison).

Les résultats des analyses physico-chimiques du sol, des boues et des paramètres morpho-physiologiques des plantes ont conduits aux conclusions suivantes :

- Le sol utilisé dans le cadre de cette étude présente une texture sableuse pauvre en matière organique, non salin.
- Les résultats des analyses des boues résiduelles ont montré qu'elles présentent une texture argileuse, avec une C.E élevée.
- L'essai conduit en pots et les mesures effectuées après 45 jours de culture, nous ont permis de mettre en évidence un effet de l'apport des boues sur le développement de l'haricot et les effets observés sont :
 - la diminution des paramètres morphologiques, à savoir la longueur, les poids frais et secs, Les parties aériennes et racinaires.

Malgré l'amélioration de quelques paramètres de la plante, notre étude reste cependant non exhaustive. En effet, la période de l'essai n'est pas suffisante pour apprécier l'influence des boues sur les paramètres du rendement de la culture et sur certaines propriétés physiques des sols.

- Abibsi., 2011- L'épuration des eaux. Théorie et technologie .Ed.CEBEDOC.298 p.
- Adams, M.W., Coyne, D.P., Davis, J.H.C., Graham, P.H. et Francis, C.A. (1985). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), In R. J. Summerfield and E H. Roberts .Ed., GRAIN LEGUME CROPS, Collins. London, 433-476.
- Ademe. , 2001- Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture - dossier documentaire. p. 30.
- Alandre, 1979-Les boues d'épuration agricoles. Courrier de l'Environnement.41, pp : 134-135
- Almeida viégas R ; Gomes da silveira J.A., 1999 -Ammoniac assimilation and proline accumulation in young cashew plants during long term exposure to NaCl-salinity .Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. 11(3) :153-159.
- Amadou H .,2007- *Modélisation du séchage solaire sous Serre des boues de stations d'épuration urbaines*.Thèse de doctorat , univ. Louis pasteur, strasbourg 1 ,222 p.
- Amir S., 2005- *Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost* .Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Institut National Polytechnique de Toulouse –France, 312 p.
- Anred., 1982-La valorisation agricole des boues de la station d'épuration .Cahier technique.63p.
- Arnon D. I.,1949- Cooper enzymes in isolated chloroplastes polyphenoloxydase in *Beta vulgaris* ,Plant Physio n^o24, 1-25.
- AMORCE., 2012- Boues de station d'épuration : technique, valorisation et élimination .Série Technique DT 51 .Novembre 36p http://amorce.asso.fr/media/2f/2fafae8c-4bed-45e0-b40e-75b418fd3147/dt51_boues_de_step_traitement_valorisation_et_limination.pdf. (Consulté 02/05/2015).
- Bahrit., H et Annabi, M.2011.effet des boues urbaines sur la mouillabilité et la stabilisation structurale d'un sol cultivé .étude et grstion des sols, n° :7-15 .
- Baumont et Levesque Mathyak R., 2004 - Traitement des boues de station de production d'eau potable. Association française pour l'étude des eaux ,68p.
- Baudouin J.P., Vanderborght T., Kimani P.M. et Mwangombe, A.W. 2001 -Légumes à grains : Haricot, Q Agriculture en Afrique Tropicale, Bruxelles. 337 – 355.
- Bilan énergétique des STEP).

- bipfubusaM ;N'Dayegamiye ;.Antoum A.,2006- Evaluation des effets des boues mixtes fraîches et de leurs composés sur les rendements des cultures et leur nutrition minérale. Agrosols ,n°1 :65-72 .
- Blondeau F., 1985-Le traitement centralisé des boues T.S.M l'eau, n°6, juin pp : 231-242
- Briere 1994 - Le traitement des boues résiduaires .Université des sciences et technique du Languedoc. Montpellier.
- Brame V., 1986 - Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaines. Série documents techniques A.F.E.E. France.
- Bonnin., 1977 -Les boues d'épuration agricoles. Courrier de l'Environnement n°41 : 134-135.
- Broughton W.J. (2003). Roses by Other Names: Taxonomy of the Rhizobiaceae. Journal of Bacteriology. n°185: 2975-79.
- Boumedienne M ., 2013 - *Effet des boues activées sur quelques paramètres morpho-physiologiques de jeunes plants Vicia Fabes Var -miniorde minor* .Thèse de Doctorat, univ. A. MIRA – Bejaia ,38 p .
- boutmedjet A., 2004- *la valorisation des boues résiduaires urbaines en plantation forestière dans la zone aride* . Mémoire de magister .univ. Kasdi Merbah ,Ourgla,117p .
- Cauplan F.,1998- .Guide nutritionnel des plantes sauvages et cultivées. Ed .Delachaux et Niestle, Paris, 111.
- C.D.F 1998 : présentation du sous secteur des forêts. Wilaya de Laghouat, 33 p.
- Darkwa, K., Ambachew, D., Mohammed, H., Asfaw, A. et Blair, M.W., 2016 -Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for drought stress adaptation in Ethiopia. The Crop Journal, n° 4: 367-376
- Djeugap F.J ;Mefire M ; Nguefack J ; Gueguim M.et Fontem, D.A. 2014 -Effet variétal et du traitement fongicide sur la sévérité de la maladie des taches angulaires et le rendement du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) à l'Ouest-Cameroun. International -Journal of Biological and chemical science. 8(3): 1221-1233.
- Dollé J-B ; Morin Ch.et Leclerc M-C., 2010- présentations pratiques pour l'épandage des boues d'épuration sur prairies en élevage laitier. 4 p .
- Dridi B ; Toumi C., 1999- Influence d'amendement organiques et d'apport de boues sur les propriétés d'un sol cultivé. Institut national Agronomique, El Harrach, Alger :7-14 .
- Duchene. P., 1990 -Les systèmes de traitement des boues de station d'épuration des petites collectivités .TEC et DOC.ed. CEMAGREF, Paris, 30p.

- Edline F., 1979- L'épuration biologique des eaux résiduaires. Ed.CEBEDOC, Paris, 306p.
- El-Iklil Y ;Karrou M ;Mrabet R ;Benicho M.,2002 -Effet du stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicon sheesmanii*. Can. J. Plant, n°82 : 177-183.
- Emillian K., 2004- Traitement des pollutions industrielles Eau, Air, Déchets, Sol, Boues.
- ENITA (Ecole Nationale d'Ingénieurs de Travaux Agricoles) de Bordeaux (2000). Agronomie aux nouvelles orientations. Edition Synthèse agricole.339p
- Faby J.A., Brissaud F.,1997- L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages.
- Fahd-rachid A., 1993-*effet a long terme d'apports continus de déchets urbains sur les caractéristique du sol*. Conséquence sur les propriétés de la matière organique en relation avec sa teneur en lipides. Thèse de doctorat , I.N.R.A (Montpellier),139 p .
- Fortin J., 1996- Le guide des aliments. Ed. Québec Amérique Inc, Canada.137-139.
- Gamarasni M., 1981-Utilisation agricole des boues d'origines urbaines. Source. Paris (F.R).A F E E, 128p.
- Geuerfi,Z.,2012- *Impact de l'utilisation des boues résiduaires sur les propriétés physico-chimique des sols de la haute Vallée de la Medjerda wilaya de souk Ahras*.Mémoire de Magister,univ. Badji Mokhtar ,Annaba .73 p.
- Grosclaude G.,1999- L'eau milieu naturel et maîtrise. Ed. INRA, Paris 1999. tome I.
- Guy Atlan M, 2003- *Les boues d'épuration leurs perspectives de gestion en Ile de France*. Thèse de doctorat, Paris, 128p.
- Halitim A ., 1998 : les sols des régions arides d'Algérie.Ed.OPU,Algérie.384 p
- Henrit B.,2010- *Impact des boues d'épuration sur la conservation su sol et l'amélioration des rendements d'une culture de céréale à Laghouat, Algérie* .Mémoire de bio-ingénieur ,univ. Catholique de louvin .122 p.
- Inoue S ; Sawayama S.; Ogi, T., Yokoyama, S –Y., 1996- Organic composition of liquidized sewage sludge. Biomass and Bioenergy, 10, 1, 37-40.
- Jamonet B., 1987 - Le traitement des boues résiduaires .Université des sciences et technique du Languedoc. Montpellier.
- Jaroz J., 1985 - Le traitement des boues des stations d'épuration, centre de formation et de documentation sur l'environnement industriel, Paris06-France.
- Kakii K., Kitamura, S. Shirakashi, T. Kuriyama, M., 1986- Comparison of mucilage polysaccharides extracted from sewage activated sludge. J. Ferment. Technol., 64, 1, 51-56.

- Kaplan L.,1981- What is the origin of the common bean. Ed. ETON BOTANIQUE. 19: 358-368..
- Khadraoui A -sols et hydraulique agricole dans les oasis algérienne .Ed : HOUMA, Ouagla.324 p.
- Koller E., 2004- Traitement des pollutions industrielles eau, air, sols, boues. Ed. DUNOD. 424p
- Kormanik R., 1977-Technologie transfer seminar on sludge handling and disposal.
- koroulewsky, N ; Masson , G , Bounin 2001 . effet d'un apport de compost de boues de station d'épuration dans un sol d'un vignoble du sud de la france .étude et gestion des sols .vol..8.n°3.pp.203-210
- Legube.,1996 -L'épuration des eaux. Théorie et technologie Edition CEBEDOC.298p.
- Luna C.M ; Gonzalez C.A. ; Trippi V.S., 1994- Oxidative damage caused by excess of copper in oat leaves.Plant Cell Physiol.,35:pp11-15.
- Mathian R., 1986 - Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaines. I.R.C.H.A, documents techniques.
- Ouali., 2002- L'utilisation des boues d'épuration en agriculture : les ressorts d'une controverse. Le Courrier de l'environnement de l'INRA, n°41: 25-32.
- Ouardas.,2009- Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture. Collection « valorisation agricole des boues d'épuration ».Ed. ADEME. France .
- Pisson C., 2000- *Impact de l'épandage agricole des boues résiduaires urbaines sur la qualité des production céréalière en particulier sur l'aspect des élément traces métalliques* .Mémoire d'ingénieur ,ecole nationale de la santé publique ,paris.102 p
- Prescott ThomaS., J Brocheton .D ., 2007 -Les procédés d'épuration des eaux usées urbaines. Unité d'enseignement et de recherche de biologie végétale. Faculté des Sciences Agronomique de Gembloux, Belgique, Juin.76p
- Ramade F., 2000- Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. EDISCIENCE INTERNATIONAL, Paris, 689p.
- Rejsek F .,2002- Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. Ed CRDP, Aquitaine. France. France .358 p.
- Richardson CM., Ferrari B., Cottele S., Masfareaud JF., Ferard JF., 2004- Evaluation of the genotoxic, mutagenic and oxidant stress potentials of municipal solid waste incenerator botton ash lactates. Sci .Total Environ .333(1-3), 209 -218

- Rodier J., Bazin C., Bourtin J.P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 2005- L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed. DUNOD, Paris. 8ème édition, 1383p.
- Sbih M., 1990 - Etude de la biodégradation des boues résiduaires de station d'épuration : effet sur la biodisponibilité du phosphore pour le végétal. Mém. DEA, INAPG et INRA, 242.
- Singh, K.P., Mohan, D., Sinha S., Dalwani, R., 2004- Impact assessment of treated/untreated wastewater toxicants discharged by sewage treatment plants on health, agricultural, and environmental quality in the wastewater disposal area. *Chemosphere*, 55, 227–255
- STEP Laghouat : données de la station d'épuration de Laghouat .
- Su. L et Lambkin D et Terce M., 2004 Aspects qualitatifs de l'utilisation agronomique des boues résiduaires des stations d'épurations. *Bull.d'AFES n°3*, pp : 125-140.
- Tabaeizadeh Z., 1998- Drought-Induced responses in plant cells. *Int Rev Cytol*, 182, pp:193-247.
- Thomazeau R., 1981 - Station d'épuration, eau potable, eaux usées. Précis théorique et technologique. 435p
- Thripathi A K; Tripathi S., 1999- Change in some physiological and biochemical characters in *Albizia lebbek* as bioindicateurs of heavy metal toxicity. *J.Environ.Biol.*, 20(2). pp :93-98.
- Verdy R., 1975- Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. EYROLLES. Paris, 413p.
- Warman, P.R; Termeer, W.C., 2005- Evaluation of sewage sludge, septic waste and sewage sludge compost applications to corn and forage: Yields and N, P, and K content of crops and soils. *Bioresour. Technol.*, in press.
- Werther J; Ogada T., 1999- Sewage sludge combustion. *Progress in Energy and Combustion Science*, 25 :55-116
- Zebarth, B.J., McDougall, R., Neilsen, G., Neilsen, D., 2000- Availability of nitrogen from municipal sewage sludge for dryland forage grass. *Can. J. Plant Sci.* 80, 575–582.

Thème : valorisation des boues et l'eau épurée de la STEP de la ville de Laghouat pour l'amendement des sols agricole.

Résumé

L'amendement des sols par utilisation des eaux épurées et des boues a connu un développement rapide, d'une part pour l'amélioration de la productivité agricole, et d'autre part pour la préservation de l'environnement.

Cette étude a pour objectif de tester l'utilisation de l'eau épurée ainsi que la boue de la STEP de Laghouat pour l'amendement du sol où est plantée une espèce végétale courante (Haricot). Les essais ont été effectués au domicile personnel dans la ville de Laghouat, auquel trois doses de boues résiduelles et trois volumes différents d'eau épurée ont été appliqués pour la mise en culture de l'haricot.

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation de l'eau épurée était très bénéfique pour la plante utilisée, alors que pour le cas des boues, nous avons enregistré un résultat négatif à ce que nous attendions d'avoir.

Mots clés

Eau épurée ; Boue ; Valorisation ; Sols ; Haricot

Memory title: valorization of sludge and the purified water of the wwtp of the city of Laghouat for the amendment of agricultural soils

Abstract:

The soil amendment by using treated water and sludge has developed rapidly, on the one hand for the improvement of agricultur. Productivity and on the other hand for the preservation of the environment.

This study aims to test the of purified water and sludge obtained from the was tewater treatment plant (WWTP) for the soil amendment where a current plant species (green bean) is planted.

I made these experiments at home (Laghouat) in which three doses of sludge and three different volumes of purified water were applied in the cultivation of the bean.

The results obtained show that the use of purified water was very beneficial and useful for the used plant. While in the case of sludge, we noticed a negative result to what we expected to have.

Keywords: Purified water, sludge, Valorization, Ground, green bean

عنوان المذكرة: دراسة في تثمين الحمأة و المياه المعالج من محطة تصفية المياه المستعملة في الاغواط لتعديل الاراضي الزراعية.

الملخص :

إن تحسين التربة باستعمال المياه المعالجة و الحمأة عرفت نمو سريع في تطوير الإنتاج الفلاحي من جهة و المحافظة على البيئة.

هذه الدراسة تهدف إلى تجربة استعمال الماء المعالج و الحمأة المتحصل عليها من محطة تصفية المياه المستعملة في تعديل التربة التي نبتت فيها نوع نباتي شائع (الفاصوليا).

هذه التجارب قمت بها في المنزل المتواجد بمدينة الاغواط حيث تم تطبيق ثلاثة جرعات من الحمأة و ثلاثة أحجام مختلفة لزراعة الفاصوليا .

النتائج المتحصل عليها تبين استعمال المياه المعالج كان مفيدا جدا للنباتة المستعملة وبالنسبة لحالة الحمأة سجلنا نتيجة سلبية فيما كنا ننتظر.

الكلمات المفتاحية : المياه المعالج الحمأة تثمين ارض الفاصوليا