

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Tasdawit Akli Muḥend Ulḥağ - Tubirett -



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محمد أولحاج
- البويرة -

**FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES APPLIQUEES
DEPARTEMENT DE CHIMIE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER EN CHIMIE**

SPECIALITE
CHIMIE DURABLE ET ENVIRONNEMENT

THEME

**VALORISATION DES BOUES DE LA STATION
D'EPURATION DE SOUR EL GHOZLANE COMME
AMENDEMENT AU SOL**

Présenté par : -M^{elle} OUABED Djouher
- M^{elle} OUABED Fatima Zohra

Soutenu le 28/09/2015

Devant le jury :

-Mr METAICHE Mehdi.MCB : Président

- Mr LOUNICI Hakim. Pr : Rapporteur

- Mr FERHAT Mourad.MAB : Examineur

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier « ALLAH » de nous avoir inspiré la chance, la volonté et surtout le courage de satisfaire notre souhait et de mener ce travail à terme.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères, les plus chaleureux et les plus vifs à nos encadreurs monsieur « Lounici Hakim » pour leurs conseils, disponibilité et leurs orientations et qu'ils n'ont jamais cessé de donner pour réaliser ce travail.

*Nous tenons à remercier tout le personnel de l'ONA de Sour El Ghozlane d'avoir été très aimable et serviable avec nous pendant la durée de notre stage nous citons principalement « Md ROUIBI.A » cadre Analyste laboratoire et
« Mr MAKHLOUF. N » ingénieur de maintenance Pour leur aide.*

Tous les travailleurs de la station de traitement d'épuration Oued lekhal.

*Nous remercions également les membres du jury qui nous ont fait honneur
D'accepter de juger notre travail.*

DEDICACES

Grace a dieu tous puissant et en signe de reconnaissance à tous les sacrifices consentis pour ma réussite et la volonté pour mener a bien ce modeste travail que je dédie :

Aux personnes les plus chères a mon cœur et qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation, à mes chers parents.

À mon grande mère.

À mes frères.

À mes sœurs rima, r azika et fadila.

*À ma très chère sœurs *Karima* que j'aime beaucoup*

À chère amie et mon binôme et sœur : Sarah

À mes belle famille

À mes belle sœur

À mes neveux et mes nièces : zoulika, Hanane, Siham, islam, Rania, Khaouter, youcef, mohamed, maria et hamama.

À tout mes amis particulièrement Sabrina, Amina, Khadra, faiza et Nabila

À tous mes camarades de spécialité chimie durable« Promotion 2014/2015».

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

Djouher .

DEDICACES

Grace a dieu tous puissant et en signe de reconnaissance à tous les sacrifices consentis pour ma réussite et la volonté pour mener a bien ce modeste travail que je dédie :

Aux personnes les plus chères a mon cœur et qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation, à mes chers parents « Ahmed et Zohra ».

À mes grands mère : Aida et hada.

À mes frères Nadir, Mohamed et Ali.

À mes sœurs Fatiha et Assia.

À chère amie et mon binôme et sœur : Sarah

À mes belle famille Ahmed et Ahcene

À mes belle sœur Leila et Asma

À mes tantes surtout Djamila et à mes cousins, mes cousines, et mes oncles.

À mes neveux et mes nièces : Islam, Meriem, Hadjer, Hadil, Anes et Djaber.

À tout mes amis particulièrement Khadra, Souad, Wassila, Soumia, et Nabila

À tous mes camarades de spécialité chimie durable« Promotion 2014/2015».

*À ma très chère *sousou* que j'aime beaucoup et qui ma toujours entourées de son affection et de son amour.*

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

FATIMA ZOHRA

SOMMAIRES

Remerciements.....	
Dédicaces.....	
Liste d'abréviations	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Introduction générale	01-02

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE :

Chapitre I : Description de la station d'épuration des eaux usées de SEG.....	03-17
I.1 INTRODUCTION.....	03
I.2 SITUATION DE LA STEP.....	03
II.2.1 Présentation Générale.....	03
I.3 NECESSITE ET OBJECTIF DE L'EPURATION.....	04
I.4 DONNEES DE BASE DE LA STATION D'EPURATION DE SEG.....	05
I.4.1 Descriptif sommaire du procédé utilisé.....	05
I.4.2 Description de la chaine de traitement.....	05
I.4.3 Données de base : Qualité et quantité des eaux usées à l'entrée de la station.....	06
I.5 UN POSTE DE RELEVEMENT.....	07
I.5.1 Poste de refoulement des eaux usées vers le STEP.....	07
I.5.2 Différents équipements mécaniques de la STEP.....	07-08
I.6 CARACTERISTIQUE DE STEP.....	08
I.6.1 Arrivées de l'eau.....	09
I.6.1.1 By-pass et vidange.....	09
I.6.2. Prétraitement.....	10
I.6.2.1. Dégrillages.....	10
I.6.2.2. Dessablage /désuilage.....	11-12
I.6.3. Traitement biologique.....	13
I.6.4. Clarification.....	14
I.6.5. Chloration.....	14-15
I.6.6. Lits de séchages.....	16
Chapitre II : Généralité sur les bous résiduaire.....	18-38
II.1 INTRODUCTION.....	18

II.2	DEFINITION DE BOUE	18
II.3	COMPOSITION DES BOUES	18-19
II.4	PRODUCTION DE BOUE DE LA STEP.....	19
II.5	ORIGINE DES BOUES.....	20
II.5.1	Boues issues de traitement.....	20
II.5.2	Boues issues de traitement physico-chimique.....	20
II.5.2	Boues issues de traitement biologique.....	20
II.5.2.1	Boues mixtes (boues primaires + boues biologiques).....	20
II.5.2.2	Boues d'aération prolongée.....	21
II.6	CLASSIFICATION DES BOUES.....	21-23
II.7	CARACTERISTIQUES DES BOUES.....	24
II.7.1	Caractéristiques physico-chimique.....	24
II.7.1.1	Matière sèche (MS).....	24
II.7.1.2	Matières volatiles (MV).....	24
II.7.1.3	Indices de Mohlman.....	24
II.7.1.4	Siccité	24
II.7.1.5	Charge spécifique.....	25
II.7.1.6	Compressibilité.....	25
II.7.1.3	Les éléments nutritifs.....	25
II.7.2	Caractéristique Biologique	25
II.7.2.1	Composition des matières organiques	25
II.7.2.2	Le pouvoir calorifique inferieur	26
II.7.2.3	Composition des matières minérales.....	25-26
II.7.2.4	Micropolluants.....	26
II.7.3	Caractéristique physique.....	26
II.7.3.1	La résistance spécifique à la filtration RSF.....	26
II.7.3.2	Conductivité thermique	27
II.7.3.3	Viscosité.....	27
II.8	TRAITEMENT DES BOUES.....	27
II.8.1	Définition.....	27
II.8.2	Objectifs du traitement des boues.....	27-28
2II.9	PROCEDES DU TRAITEMENT.....	28
II.9.1	L'épaississement.....	28
II.9.2	La déshydratation.....	28-29

II.9.3 Stabilisation des boues.....	29
II.9.4 Conditionnement.....	29
II.10 VALORISATION DES BOUES.....	30
II.6.1 Amendement des sols	30-31
II.10.2 Récupération de produits.....	31
II.10.3 Récupération d'énergie.....	31-32
II.10.4 Décharge.....	32-33
II.10.5 Rejet en mer	33
II.10.6 Réinjection dans le sol.....	33
II.10.7 L'incinération.....	33
II.10.8 Utilisation agricole des boues.....	33-34
II.10.9 Le compostage.....	34
II.11 LES CONTRAINTES LIEES A L'UTILISATION DES BOUES.....	34
II.11.1 Notions sur les métaux lourds.....	34-35
II.11.2 La toxicité des métaux lourds.....	35
II.11.3 Limites rigoureuses à l'utilisation des boues contenant les métaux lourds.....	36
II.11.4 Effets sur le végétal.....	37
II.11.5 Les risque liés à la valorisation agricole des boues.....	37
II.11.5.1 Les risques environnementaux.....	37-38
II.11.5.2 Risque pour la santé humaine.....	38

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre III : Matériels et méthodes.....	38-44
III. MATERIEL ET METHODES	39
III.1 Matériels.....	39
III.1.1 Boues résiduaires.....	39
III.1.2 Le sol.....	39
III.1.3 Matériel végétéal.....	39
III.1.4 Matériel utilisés.....	39-40
III.2 Méthodes	40
III.2.2 Le tamisage.....	40
III.2.1 Substrats utilisés.....	40
III.2.3 Mélanges et choix des substrats.....	40-41
III.3 Méthodes d'analyses.....	41

III.3.1 Propriétés de la boue.....	41
III.3.1.1 Propriétés physiques.....	41
III.3.1.1.1 pH.....	41-42
III.3.1.1.3 Résidu sec à550°C.....	42
III.3.1.1.2 Résidu sec à105°C	42
III.3.1.2 Propriétés chimiques.....	42
III.3.1.2.1 Carbone organique totale (COT).....	42
III.3.1.2.2 Elément Majeur	42-43
III.3.1.2.4 Les métaux lourds.....	43
III.3.1.2.3 Rapport C/N.....	43
III.3.2 Méthode d'analyses des sols.....	43
III.3.2.1 Propriétés physiques.....	43
III.3.2.1.1 pH et conductivité.....	43
III.3.2.2 Propriétés chimiques.....	43
III.3.2.2.1 Dosage du calcaire actif.....	43
III.3.2.2.2 la matière organique (MO)	44
III.3.2.2.3 Capacité d'échange cationique (CEC)	44
Chapitre IV : Résultats et discussion	45-57
IV.1 INTRODUCTION.....	45
IV.2 RESULTAS D'ANALYSES DES BOUES.....	45
IV.2.1 Propriétés physiques.....	45
IV.2.1.1 pH et conductivité.....	45-46
IV.2.1.2 Matière sèche et humidité.....	46-47
IV.2.2 Propriétés chimiques.....	47
IV.2.2.1 carbone organique totale (COT).....	47
IV.2.2.2 Elément Majeur	47-48
IV.2.2.3 Rapport C/N.....	47-49
IV.2.2.4 Calcaire actif.....	49
IV.2.2.5 Les métaux lourds.....	49-50
IV.3.2 resultados d'analyses des sols.....	50
IV.3.2.1 Propriétés physiques.....	50
IV.3.2.1.1 pH et conductivité.....	50
IV.3.2.2 Propriétés chimiques.....	51
IV.3.2.3 Les métaux lounds.....	51

IV.4 L'EFFET DE L'AMENDMENT SUR LA CROISSANCE DES PERSILS.....	52-54
IV.4.1 Effet des boues sur la croissance en hauteur.....	54-56
IV.4.1 Les métaux lourds de persil.....	56
IV.4.1.1 La partie aérienne.....	56
IV.4.1.2 La partie racinaire.....	57
CONCLUSION.....	
BIBLIOGRAPHIE	
RESUME.....	

Listes d'abréviations :

- Al: Aluminum
- BIO : biologique.
- Act : Activée
- Ca : calcium
- CEC : Capacité d'échange cationique
- Cm : charge massique
- COT : Carbone organique totale
- Cu : cuivre
- dig : Digestion.
- C : carbone
- Ca: Calcium
- Cd : Cadmium.
- CE : conductivité
- Cl : chlorure
- CO₂: dioxyde de Carbone
- Cr: chrome
- Cv : Charge volumique
- DBO : demande biologique en oxygène..
- DCO : demande Biologique en Oxygène.
- E.P.I.C: un établissement public à caractère industriel et commercial.
- E.R .I: eaux résiduaires industrielles
- E.R .U : eaux résiduaires urbaines.
- E.R : eaux résiduaires.
- EB : eau brute.
- EH : équivalent habitant.

- Fe : Fer.
- Hab : Habitant
- Hg: Mercure
- g /L : gramme par litre
- GEP : pompe
- h : Heure
- H₂O: la molécule d'eau
- Id : identique
- K: potassium
- KCr₂O₇ : Le bichromate
- kg : kilogrammes
- kg/j : kilogramme par jour
- m : mètre
- m : mètre
- M.O: matière organique
- m³/j : mètre cube per jour
- mg/l : milligramme par litre
- min : minute
- ml : millilitre
- mm : millimètre
- N : Sodium
- NF : Norme France
- Ni : Nickel
- RSF : La : résistance spécifique à la filtration
- S.E.G : SOUR ELGOUZLANE
- % : pour 100
- °C : degré celasses

- IB : Indice de boue.
- Km : kilomètre
- M.S : matière sèche
- m³ : mètre cube.
- m³/h : mètre cube par heures
- MES : Matière en suspension.
- Mg : magnésium
- MMS : Matière Minérale en suspension.
- MS : Matière sèche.
- MV : Matière volatile.
- MVS : Matière volatile en suspension.
- N : Azote
- Na: Sodium
- NaO Cl : hypochlorite de sodium
- Ni : Nickel.
- ONA : L'office national de l'assainissement.
- Pb: plomb.
- PH: potentiel d'hydrogène.
- SEG: Sour El GHOZLANE.
- STEP : Station d'épuration des eaux usées /station de traitement des eaux polluées.
- T° : Température.
- Zn: zinc.

Liste des figures :

- Figure I.1 : situation de STEP.....	04
- Figure I.2 : Poste De Relèvement.....	07
- Figure I.3 : Schéma représente les étapes de traitement de STEP de S.E.G.....	08
- Figure I.4 : Arrivées de l'eau.....	09
- Figure I.5 : Dé grilleur (Manuel / Automatique)	10
- Figure I.6 : Dessablage / Déshuilage.....	12
- Figure I.7 : Bassin d'aération	13
- Figure I.8 : Clarificateur.....	14
- Figure I.9 : Chloration : oxydation des membranes cellulaires.....	15
- Figure I.10 : Bassin De Chloration	15
- Figure I.11 : Les lits de séchage.....	16
-Figure I.12 : Schéma de traitement d'épuration L'ONA.....	17
- Figure II.1 : La production des boues en fonction de temps (source ONA).....	19
- Figure II.2 : les différents types de boues dans un procédé de traitement par boues.....	21
- Figure II.3 : les différentes étapes du traitement des boues.....	30
- Figure IV.1 : préparation d'échantillon.....	45
- Figure IV.2 : Conductimètre multi-paramètre.....	45
-Figure IV. 3 : séchage des boues.....	47
- Figure IV.4 : Diagramme comparatif de l'azote par rapport à STEP en France.....	48
- Figure IV.5 : Diagramme comparatif de rapport C/N par rapport à la STEP en France.....	49
- Figure IV.6 : préparation de l'eau régale.....	49
- Figure IV.7 : croissance de persil.....	52
- Figure IV.8 : les vases de persil.....	52
- Figure IV.9-14 : croissance de persil	53
- Figure IV.15-18 : croissance de persil.....	54
- Figure IV.19 : croissance de persil après 14 jours.....	54
- Figure IV.20 : croissance de persil après 21 jours	55
- Figure IV.21 : croissance de persil après 29 jours	55
- Figure IV.22 : croissance de persil après 39 jours	56

Liste des tableaux:

-Tableau I.1 : Procédé : boue activée à moyenne charge	05
- Tableau I.2 : qualité et quantité des eaux usées à l'entrée de la station.....	06
- Tableau I.3: Caractéristiques des électropompes du poste de refoulement	07
- Tableau I.4 : Les caractéristiques du dessableur	12
- Tableau I.5 : Dimensionnement des bassins de chloration	14
- Tableau II.1 : Composition en éléments utiles des boues	19
- Tableau II.2 : Tableau des différentes classes de boues.....	22-23
- Tableau II. 3 : caractéristiques agronomiques des boues résiduaires urbaines.....	25
- Tableau II.4 : les opérations de traitement des boues.....	28
- Tableau II.5 : origine probable des éléments traces contenue dans certaines boues.....	35
- Tableau II.6: norme pour le sol valeurs relatives au sol.....	36
- Tableau II.7: Normes des métaux lourds relatives aux boues.....	36
- Tableau II.8 : Effets de quelques éléments métalliques.....	37
- Tableau III.1 : la composition des différents substrats testés.....	41
- Tableau IV.1 : résultats des analyses de la boue.....	46
-Tableau IV.2 : résultats des analyses de la boue.....	47
-Tableau IV.3 : les résultats des métaux lourds des boues (en mg/Kg).....	50
-Tableau IV.4 : résultats des analyses de sol.....	50
-Tableau IV.5 : résultats des analyses de sol.....	51
-Tableau IV.6 : classification de la matière organique.....	51
-Tableau IV.7 : les résultats des métaux lourds des sols.....	51
-Tableau IV.8 : la croissance de persil.....	53-54
-Tableau IV.9 : les résultats des métaux lourds de partie aérienne.....	56
-Tableau IV.10 : les résultats des métaux lourds de partie racinaire.....	57



Introduction Générale

Introduction Générale

INTRODUCTION

La pollution est l'un des plus graves problèmes auxquels est confronté notre monde moderne. On entend par pollution, la présence dans l'environnement des grandes quantités de produits chimiques dangereux, généralement créés par l'homme, dont les effets nuisibles peuvent se faire durant de longues périodes sur toute la planète. Cette pollution peut affecter l'eau, l'air et la terre.

Sous la pression des besoins considérables et en raison de l'augmentation de la population et l'évolution des modes de vies, des besoins de plus en plus importants en eau se font sentir d'où le recours au recyclage des eaux usées non seulement à l'alimentation en eau potable humains et des animaux mais aussi pour l'agriculture et l'industrie.

Les eaux usées issues des diverses activités urbaines ne peuvent être rejetées tellequelles dans l'environnement, car elles contiennent divers polluants organiques et minéraux. Elles doivent donc subir, avant leur rejet dans le milieu naturel, un traitement d'épuration qui conduit à la production des boues résiduaires.

Dans le contexte actuel de protection de l'environnement, l'élimination des boues d'épuration constitue un des enjeux majeurs pour notre pays.

L'accroissement du nombre de STEP en Algérie s'accompagne de production de quantités non négligeables de boues d'épuration. Un problème majeur consiste à trouver une solution pour éliminer ces résidus dans les conditions les plus économiques tout en respectant les contraintes liées à la protection de l'environnement et l'hygiène publique.

L'utilisation agricole constitue l'un du mode d'élimination de ces boues. Cependant, cette voie de valorisation se heurte à des défis de plus en plus importants. En effet, la présence de métaux dans les boues aggrave le problème de leur valorisation agricole. Dès que leur concentration dans les boues excède une valeur seuil en éléments traces métalliques, les boues résiduaires sont susceptibles d'exercer des effets toxiques sur les végétaux. C'est ainsi que leur utilisation est interdite dans l'épandage.

L'objectif du traitement est de réduire le volume des boues produites, mais également de les valoriser par une réutilisation à des fins agricoles, permettant ainsi d'enrichir les sols sans recourir à des engrais chimiques

Introduction Générale

L'étude que nous présentons est une contribution à l'étude des boues résiduaires de la station d'épuration de la ville de Sour El Ghozlane comme étant un amendement aux sols pour la croissance de persil.

Le travail a pour objectifs :

- Evaluer les caractéristiques physico-chimiques des boues de la station d'épuration de SEG.
- Etudier l'effet de ces boues sur le comportement de la plante teste à savoir la croissance en longueur, le développement et le rendement.

Ce travail comporte deux parties, la première présente un aperçu bibliographique avec deux chapitres :

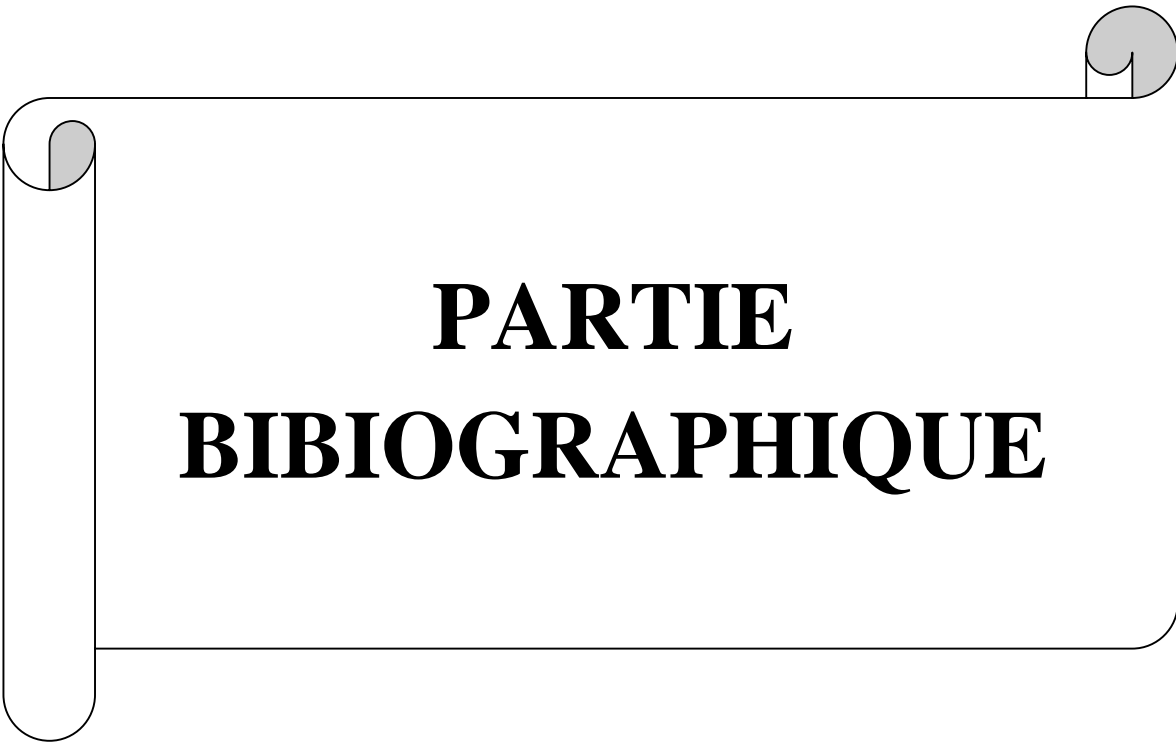
Chapitre I : Description de la station d'épuration des eaux usées de SEG.

Chapitre II : Généralité sur les bous résiduaire.

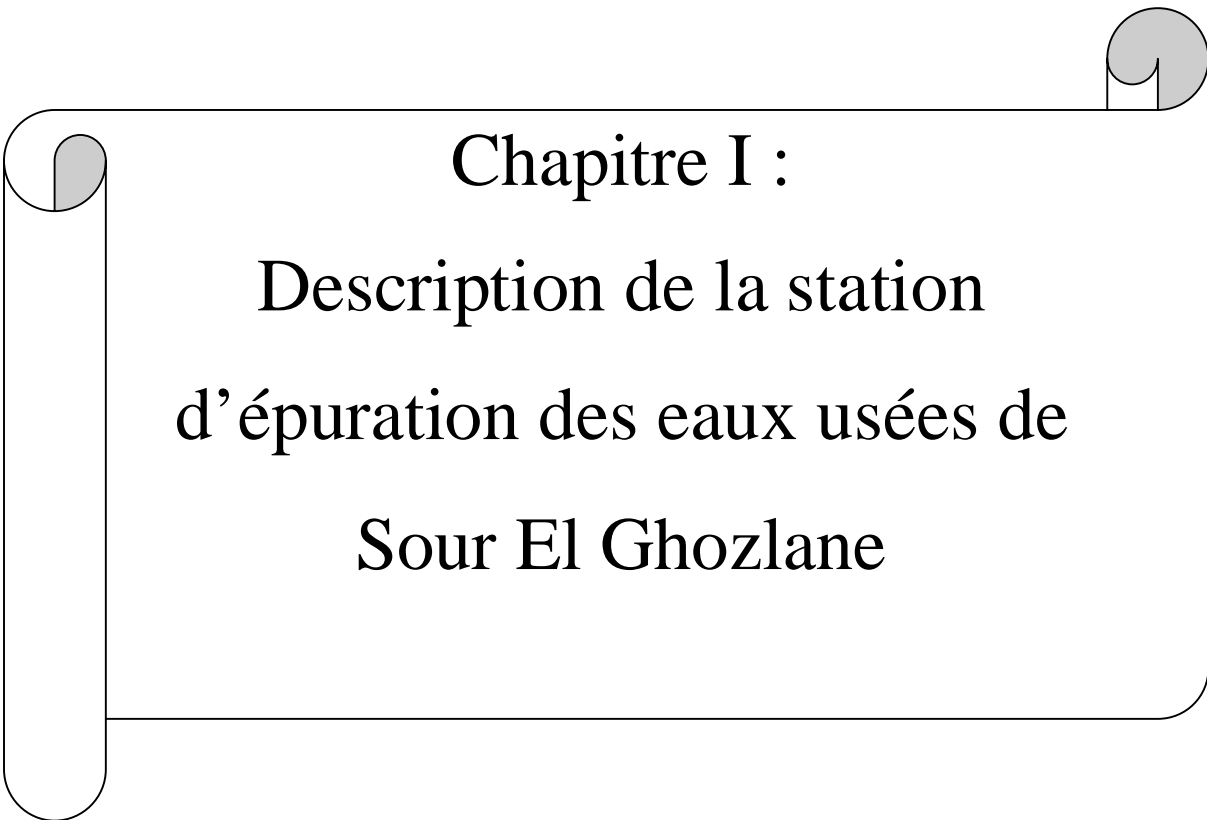
La deuxième partie du travail englobe :

Chapitre III : matériels et méthodes d'analyses.

Chapitre IV : Des résultats et leurs discussions.



PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE



Chapitre I :
**Description de la station
d'épuration des eaux usées de
Sour El Ghozlane**

I.1 INTRODUCTION

Lorsque l'homme utilise l'eau, il ne fait pas que la consommer, mais il rejete une partie dans l'environnement communément appelée l'eau usée, cette eau usée peut contenir différents polluants.

Les autorités algériennes ont mis un point sur les pratiques d'évaluation et de gestion des risques, notamment pour faire face à la diffusion des produits chimiques dans l'environnement et à l'émergence de micro-organismes nouvellement identifiés ; et dans le cadre de la politique nationale de développement, une équipe de professionnels au service de citoyen et de la nature (ONA) a été créé.

L'office national de l'assainissement (ONA) est un établissement public à caractère industriel et commercial (E.P.I.C), créé par décret exécutif n° 01-102, du 21 avril 2001, sous tutelle du ministère des ressources en eau dans le but de la protection de l'environnement hydrique et la mise en œuvre de la politique nationale d'assainissement, en concertation avec les collectivités locales [1].

I.2 SITUATION DE LA STEP

II.2.1 Présentation Générale

La ville de SOUR EL GHOZLANE se situe à 32 Km de BOUIRA, La commune de SOUR EL GHOZLANE se situe dans une zone d'une altitude 850 m du niveau de la mer dans un relief assez important. Un climat assez variable qui offre une certaine tendance à la sécheresse, caractérisé par une pluviométrie insuffisante et irrégulier surtout ces dernières années. Elle est limitée par :

- Au nord : la commune d'AIN BESSAM.
- Au sud : les communes de DIRAH et MAAMORA.
- A l'est : la commune d'Ain DECHMIA et RAOURAOUA.
- A l'ouest : la commune d'EL HACHIMIA et EL HAKIMIA [1].

Les stations de L' OUED LAKHEL "SOUR EL GHOZLANE " ouvert ses portes en 2009, c'est une station importante pour épuré les eaux usées. La station d'épuration de SOUR EL GHOZLANE se situe à la sortie Nord-est de la ville, avec une capacité d'épuration de 75000 EH, un volume journalier de 11367m³/jours [2].

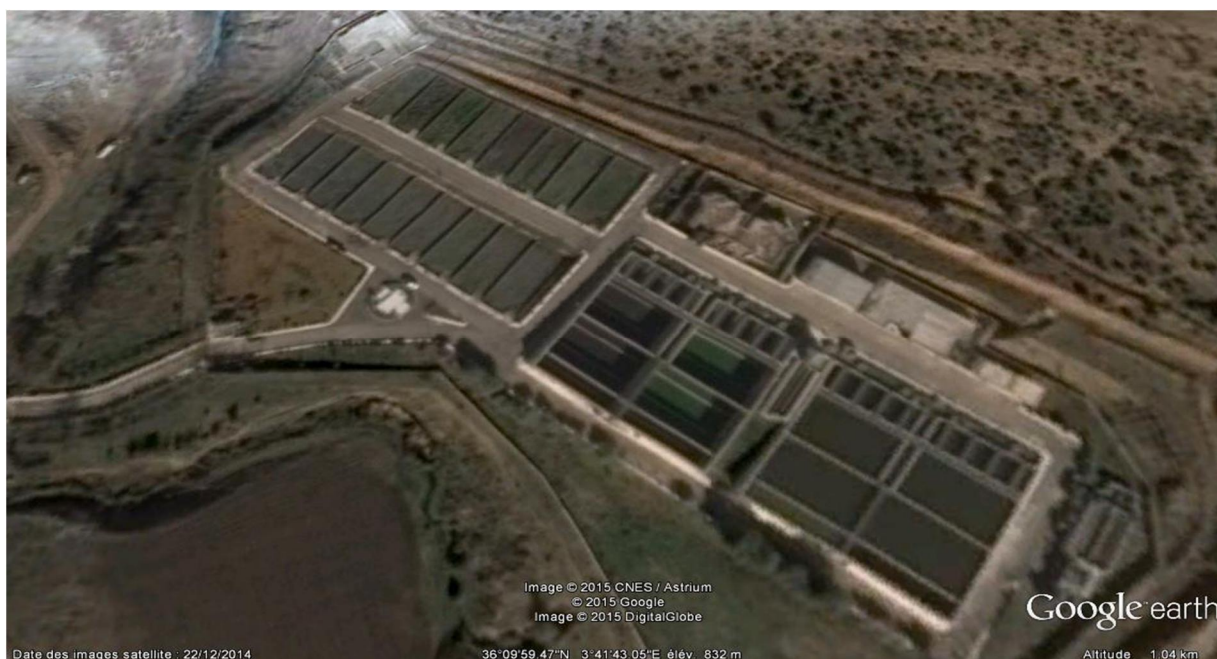


Figure I.1 : situation de STEP.

I.3 NECESSITE ET OBJECTIF DE L'EPURATION

L'épuration des eaux résiduaires est devenue une nécessité pour les raisons sanitaires, des raisons économiques et législatives et même pour préserver l'environnement. Pour raison, l'homme a créé des procédés d'épuration dont le but essentiel est l'élimination des matières organique en solution et sous formes colloïdes et la réduction ou l'élimination de la charge microbienne et en particulier les micros organismes pathogène [3].

Les rôles dévolus à cette entité de l'ONA sont :

- Protection des nappes phréatiques.
- Protection de l'oued LAKHAL.
- Un aspect écologique.
- Protection et sauvegarde des ressources en eau et l'enivrement hydrique.
- La préservation de la santé publique [4].

I.4 DONNEES DE BASE DE LA STATION D'EPURATION DE SEG

I.4.1 Descriptif sommaire du procédé utilisé

Tableau I.1 : Procédé : boue activée à moyenne charge (**Source** : ONA Sour EL GHOZLANE).

Procédé à boues activées	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge
Cm (kg DBO ₅ /kg MVS .j)	1 à 5	0.2 à 0.5	0.0 à 20.1
Cv (kg DBO ₅ /m ³ .j)	1 à 6	0.6 à 1.6	0.12 à 50.6
Temps de passage(h)	1 à 2	3 à 6	10 à 20
X dans le bassin (g /L)	1 .5 à 3	3 à 5	5 à 8
Production de boues (kg boues /kg DBO ₅ réduite)	0.4 à 0.7	0.3 à 0.5	0.1 à 0.2
Taux de recyclage des boues (%)	60 à 80	80 à 95	> 95
Consommation d'O ₂ (kg O ₂ /kg DBO ₅ réduite)	0.4 à 0.8	0.8 à 1.2	1.32
Rendement de dépollution (%)	50 à 70	80 à 95	> 90
Nitrification	nulle	Commencée	Très avancée a totale

I.4.2 Description de la chaine de traitement

- Un ouvrage de prétraitement.
- Deux ouvrages biologiques.
- Deux ouvrages de clarification.
- Un ouvrage de désinfection.
- Un poste de relevage.
- Deux digesteurs.
- Des lits de séchages.
- Bâtiment annexes [2].

I.4.3 Données de base : Qualité et quantité des eaux usées à l'entrée de la station

La qualité et quantité des eaux usées à l'entrée de la station de Sour El Ghozlane est représenté dans le tableau I.2.

Tableau I.2 : qualité et quantité des eaux usées à l'entrée de la station (Source : ONA Sour EL GHOZLANE).

Désignation	Unité	Horizon 2015	Horizon 2030
		(phase I : contrat)	(phase II)
Équivalents Habitants	E.H	75 000	130 000
Charges de pollution			
DBO₅	kg/j	4 050	7 020,54
MES	kg/j	5 250	9 100
N	kg/j	750	1 300
P	kg/j	187,5	325
Volumes et débits			
Débit moyen journalier	m ³ /j	11 367	20 348
	m ³ /h	474	848
Débit de pointe horaire	m ³ /h	811	1408
Concentration			
DBO₅	mg/l	356	345
MES	mg/l	461,5	447,21
N	mg/l	66	64
P	mg/l	16,48	15,97

Les eaux traitées seront conformées aux valeurs suivantes :

- DCO =100 mg/l sur 24heures ; DCO=90 mg/l sur 2 heures.
- MES = 20mg/l sur 24 heures.
- Teneur en matières sédimentables = 0.5 cc/l sur 24 heures.
- N- NH₄ = (1-3) mg/l sur 24 heures.
- DBO₅=10 mg/l sur 24heures ; DBO₅=30mg/l sur 2heures.
- N-NO₃= (4-6) mg/l sur 24 heures [1].

I.5 UN POSTE DE RELEVEMENT

A pour le rôle de relever un débit dimensionnel de $504\text{m}^3/\text{h}$ vers la station, elle est équipée de 3 pompes et panier dégrilleur qui empêche l'entrée de gros solide à la station [2].



Figure I.2 : Poste De Relèvement

I.5.1 Poste de refoulement des eaux usées vers la STEP

Cette station est épurée par un panier dégrilleur qui remplace le dé grilleur grossier [2].

Tableau I.3 : Caractéristiques des électropompes du poste de refoulement (**Source** : ONA Sour EL GHOZLANE).

Débit de dimensionnement	504 m^3/h
Nombre des pompes en services	2
Nombre de pompes de secours	1
Capacités unitaires	70 l/s
Htm	16 mecs

I.5.2 Différents équipements mécaniques de la STEP

Station de relevage :

- GEP de relèvement

Prétraitement :

- De grilleur mécanique

- Vis transporteur-compacteur
- Pont racleur Dessabler / déshuileur
- Suppresseur d'air / Lift (embarqué)
- Suppresseur d'air prétraitement
- Calibreur à sable

Traitement secondaire :

- 2 Suppresseur d'air traitement BIO
- Suppresseur d'air traitement BIO
- 2 Compresseur d'air

Traitement tertiaire :

- Unité de chloration
- 4 GEP d'extraction des boues [2].

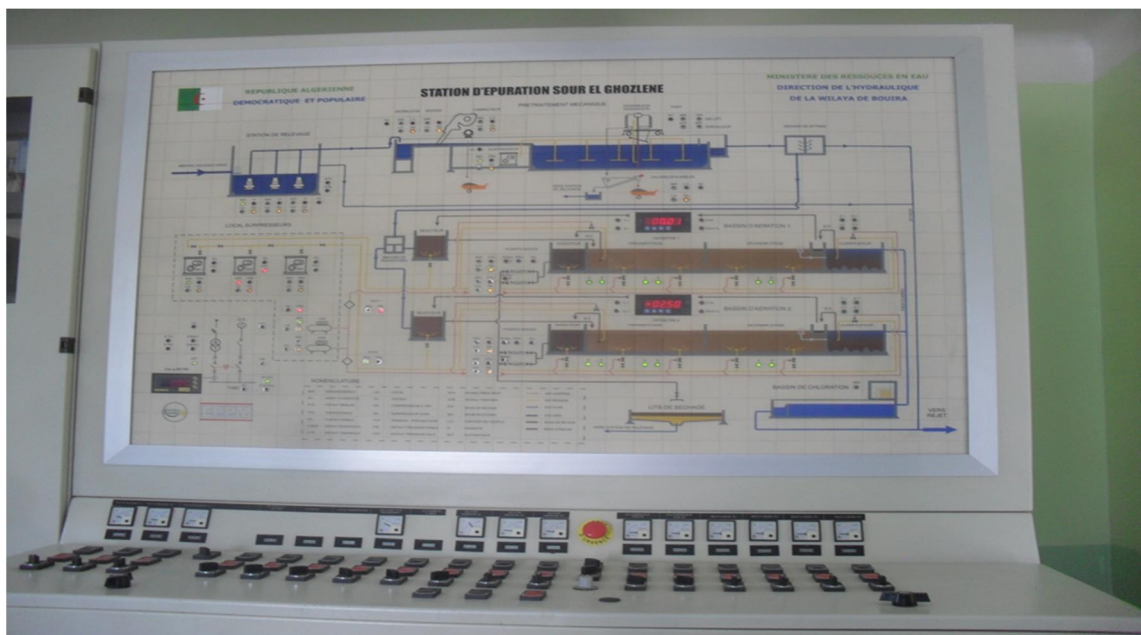


Figure I.3 : Schéma représente les étapes de traitement de la station d'épuration de SOUR EL GHOZLAN

I.6 CARACTERISTIQUE DE STEP

Les eaux usées arrivent à la station par gravité ou par pompage, dans des canalisations qui se trouvent parfois à 10 mètres de profondeur et subissent les différents traitements conventionnels d'un effluent urbain.

Les étapes par lesquelles passent les eaux usées dans la station sont les suivantes :

I.6.1 Arrivées de l'eau

Un poste de relèvement a pour rôle de relever un débit dimensionnel de $704\text{m}^3/\text{h}$ vers la station, elle est équipée de 3 pompes avec 5 rapports de niveau 3 liée à les pompes et les deux autres, l'un pour le niveau très bas et l'autre pour le niveau très haut à l'aide d'un bais basse qui élimine l'excès d'eau brute et un dégrilleur qui empêche l'entrée de gros solide à la station.

Les eaux usées sont amenées par pompage le bassin d'arrivées, ce dernier, est le premier bassin dans la station d'épuration, il équipé par un piège a sable pour éliminer l'excès de sable [4].

I.6.1.1. By-pass et vidange

Un by-pass contrôle l'entrée générale de la station. L'eau brute arrive d'une part par pompage, d'autre part par gravité. Compte tenu de la cote d'arrivé des EB au niveau de la station de pompage et la nécessité d'un dégrillage grossier, certaines dispositions ont dû être prévues pour le nettoyage de la grille grossière, et de l'évacuation des refuse de grille. L'agent proposé au nettoyage de la grille remonte les refus de grille au moyen d'un râteau. Ces refus sont adoptés dans un d'égouttage.

Ensuite, après un certain temps, transféré au moyen d'une fourche dans un conteneur posé sur la pale-forme de travail, le conteneur a refus de grille par un dispositif manuel constitué d'une potence et d'un palan à chaine [4].



Figure I.4 : Arrivées de l'eau

I.6.2. Prétraitement

Le prétraitement a pour effet d'éliminer les éléments les plus grossiers qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des huiles (dégraissage et déshuilage). Le prétraitement comporte le dégrillage, le dessablage et le déshuilage. Ce sont de simples étapes de séparation physique [4].

I.6.2.1. Dégrillages

Le dégrillage est le premier poste de traitement installé pour les eaux de surface. Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (chiffons, matières plastiques, etc.) et qui pourraient perturber le fonctionnement hydraulique de la station [5].

Le processus consiste à faire passer l'eau brute à travers deux linges avec deux dégrilleurs l'un comporte : un dégrilleur automatique à champ courbé, avec espacement entre barreaux de 20 mm. Tous les canaux de dégrilleurs sont isolables en Aluminium, et l'autre dégrilleur comporte : un dégrilleur manuelle avec une brosse manuelle.

- Débit de dimensionnement 1408 m³/h.
- Largeur d'un canal est 1m.
- Epaisseur des barreaux 10mm [4].



Figure I.5 : Dé grilleur (Manuel / Automatique).

I.6.2.2. Dessablage /désuilage

Forme : Rectangulaire aéré. Les eaux usées sont dirigées vers la prochaine étape de traitement, le Dessableur/Désuilleur. Cette étape de traitement est constituée de deux files parallèles et indépendantes :

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 0.2mm de diamètre, pourrait conduire à l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement les pompes, on élimine ces matériaux dans de petits bassins rectangulaire ou circulaire, une partie du sable est recyclé après lavage [6].

Le désuilage est une opération de séparation liquide-liquide. Les eaux usées urbaines contiennent souvent des matières flottantes qui passent à travers les grilles (huiles, hydrocarbures, débris des graisse, fragments de matière plastique...), les huiles et les hydrocarbures forment une couche mince en surface et gênant 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 piéger ces substances au niveau du prétraitement par un dispositif d'écémage [6].

Les eaux usées en provenance du dessableur désuilleur « Le dessablage et le désuilage s'effectuent dans un même bassin » sont scindées en deux canaux. Le dessablage sera réalisé par la réduction de la vitesse d'écoulement combinée à la sédimentation des sables. Par contre le désuilage s'effectué par l'injection de l'air est insufflé dans la partie inférieur, en récupéré les huiles a la surface de bassin a la zone tranquille.

Les caractères de l'ouvrage :

- Longueur de bassin : 13 m
- Largeur de bassin : 1.80 m.
- Hauteur d'eau : 5.00 m.
- Volume : 117 m³.

Les graisses dirigées dans une fosse de stockage. Les matières décantées seront envoyées vers un séparateur de sable, où elle subira un lavage à l'eau, puis déchargées dans un conteneur avant mise en décharge [4].

Tableau I.4 : Les caractéristiques du dessableur (Source : ONA Sour EL GHOZLANE).

Désignation	Unité	Valeur
Données et critères de dimensionnement		
Débit de pointe	m^3/h	1408 (horizon 2030)
Charge surfacique maximale du dessabler	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	17
Temps de séjours moyen dans le dessableur	mn	10
Temps de séjours minimal dans le déshuileur	mn	10
Rapport largeur/hauteur d'eau		0,85
Dessableur		
Type	Dessableur rectangulaire aéré	
Nombre	U	2
Largeur du canal	m	2,4
Hauteur d'eau	m	2,8
Longueur du canal	m	18
Moyen d'évacuation du sable	Pompe suceuse à air lift	2
Capacité d'aération par dessabler	Nm^3/h	126

**Figure I.6** : Dessablage / Déshuilage

I.6.3. Traitement biologique

Les traitements secondaires également appelés traitements biologiques visent à dégrader la matière organique biodégradable contenue dans l'eau à traiter. Des micro-organismes mis en contact avec l'eau polluée assimilent la matière organique qui leur sert de substrat de croissance. L'ensemble de la pollution avec les micro-organismes vivants forme la liqueur mixte ou boue biologique contenue dans les bassins biologiques [7].

Le procédé de traitement appliqué au niveau de la station de S.E.G est le traitement biologique à culture libre : les boues activées qui consiste en un réacteur biologique aérobie ou l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés bio flocons. Après l'aération, la liqueur mixte est envoyée dans les bassins de clarification ou s'effectuent l'élimination des boues et récupération des eaux épurées.

Les bassins d'aérations sont de forme rectangulaire. Il y a 8 bassins biologique de volume unitaire de 2618 m^3 avec les dimensions suivantes : Longueur de bassin : 20.75 m, Largeur de bassin : 3.0 m et de Hauteur d'eau : 5.5 m.

Deux bassins sélecteurs ont un volume unitaire de 342.375 m^3 , temps de séjours 173.35 minute et 4 bassins digesteur de volume 979 m^3 , sont temps de séjours 495.70 [4].



Figure I.7 : Bassin d'aération

I.6.4. Clarification

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les [clarificateurs]. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel. Les boues récupérées fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues (lits de séchage) [4].



Figure I.8 : Clarificateur

I.6.5. Chloration

Les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation, les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires.

Tableau I.5 : Dimensionnement des bassins de chloration (**Source :** ONA Sour EL GHOZLANE).

Débit pointe horaire	811 m ³ /h (0.225 m ³ /s)
Temps de contact	20 min
Volume	270 m ³
Nombre de chicanes	3
Distance entre 2 chicanes	1.5 m
Largeur du bassin	4.5 m
Hauteur d'eau	3 m

Le chlore est un agent désinfectant, il y a des bactéries et des germes pathogènes pour cela il faut désinfecter cette eau à l'aide d'une solution hypochlorite de sodium est appelée l'eau de javel (NaO Cl) cette dernière est ajoutée à l'eau à traiter (l'eau de forage) sous forme commerciale concentrée.

L'injection se fait par une conduite de refoulement vers le réservoir de stockage d'une eau de javel est réagi selon la réaction suivante :



Le HOCL réagit comme étant un oxydant fort, pour cela il est efficace à l'oxydation des micro-organismes présents dans l'eau [4].

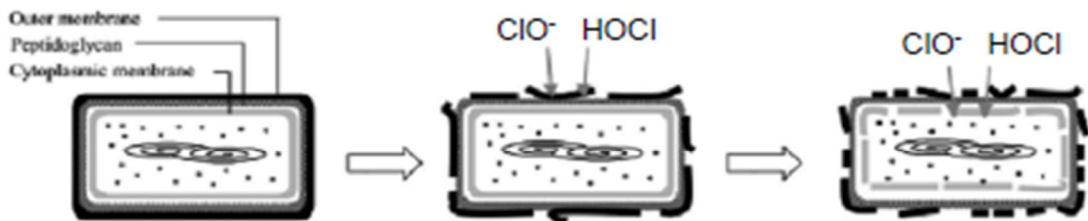


Figure I.9 : Chloration : oxydation des membranes cellulaires

Mais notre station n'utilise pas la désinfection, la dernière étape et le clarificateur ver le milieu (rivières) directement.



Figure I.10 : Bassin De Chloration

I.6.6. Lits de séchages

Le séchage des boues d'épuration s'effectue sur des 17 lits de sable drainés sur fond poreux avec Longueur de bassin : 35 m et de Largeur de bassin : 15 m. Il permet, sans pour autant dépenser de l'énergie, d'obtenir des boues séchées atteignant 60 à 65% de matières sèches. Il est constitué d'une couche de support de 20 cm de gravier sur laquelle repose une couche de 15 cm de sable (diamètre 0.5 à 2 mm) pour un volume de 79 m³. Pompe de drainage : 2 pompes d'une capacité de 5 l/s. Volume : 183.75 m³ [4].



Figure I.11 : Les lits de séchage.

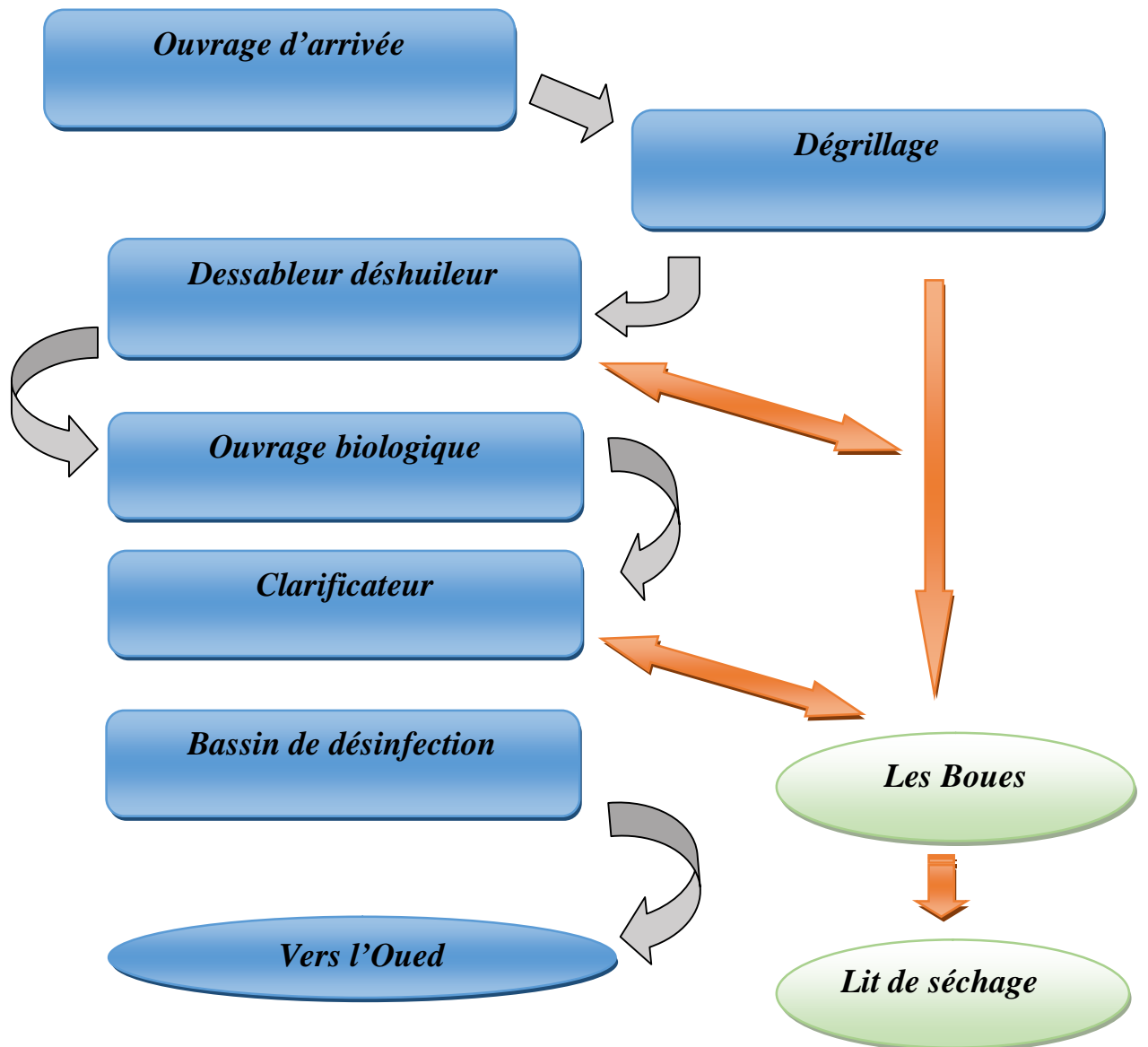
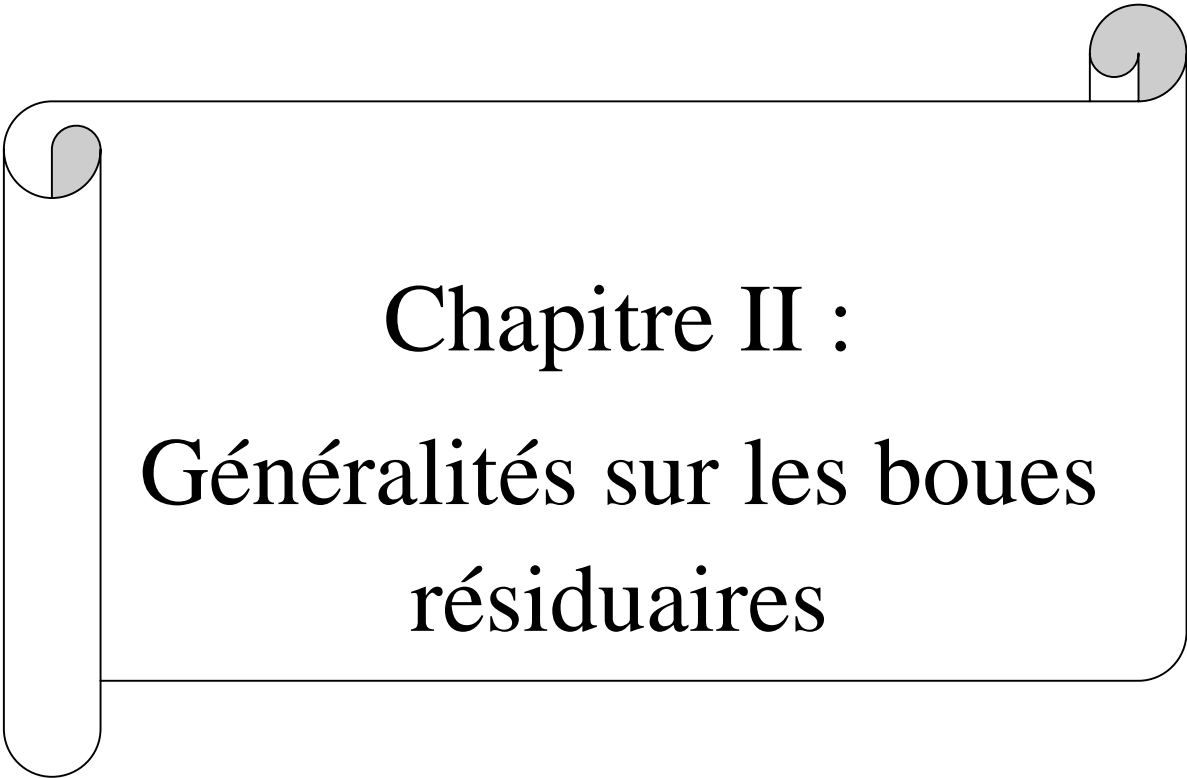


Figure I.12 : Schéma de traitement d'épuration L'ONA.



Chapitre II :
Généralités sur les boues
résiduaires

II.1 INTRODUCTION

Les éléments polluants et leurs produits de transformation retirés de la phase liquide au cours de tout traitement d'eau, quelle qu'en soit la nature, se trouvent finalement rassemblés dans la très grande majorité des cas dans des suspensions plus ou moins concentrées dénommées «boues».

L'élimination des boues résiduaires représente un véritable casse-tête pour les gestionnaires de stations d'épuration. En effet, la production de boues croît d'années en années en raison de la croissance démographique et de la réglementation qui est de plus en plus stricte et exigeante en termes de normes de rejet des eaux usées.

Le caractère commun de toutes ces boues est de constituer un déchet encore très liquide, de valeur généralement faible ou nulle. Certaines d'entre elles sont chimiquement inertes, mais celles qui proviennent de traitements biologiques sont souvent fermentescibles.

II.2 DEFINITION DE BOUE

Les boues d'épurations sont les principaux déchets issus du traitement biologique des eaux usées et sont constituées de matière organique plus ou moins minéralisée, de matière minérale issue de l'effluent, de bactéries et de leurs résidus.

On distingue les boues primaires issues d'une décantation primaire et les boues dites biologiques issues de la décantation secondaire [8].

II.3 COMPOSITION DES BOUES

La composition des boues résiduaires est fonction de nombreux paramètres notamment de la composition des eaux usées, du caractère du réseau d'assainissement, du type de traitement des eaux et des boues. Une boue est composé d'eau ; bactérie ; matière organique et de matière minérale [5].

Le tableau II.4 indique le pourcentage des éléments fertilisants ainsi que le pourcentage de la matière organique continue dans les boues.

Tableau II.1 : Composition en éléments utiles des boues (Source : ADEME, 2001-(dossier documentaire)

	Boues liquide	Boues pâteuses	Boues chaulée	Boues compost	Boues sèche
Teneur en matières sèches MS	2 à 7	16 à 22	90 à 95	25 à 40	40 à 60
Teneur en matière organiques %MS	65 à 70	50 à 70	50 à 70	30 à 50	80 à 90
Teneur en matières minérales %MS	30 à 35	30 à 50	30 à 50	50 à 70	10 à 20
pH	6.5 à 7	7 à 8	6 à 8	9 à 12	6 à 7
Rapport Carbone / azote(C / N)	4 à 5	5 à 6	4 à 6	8 à 11	15 à 25
Azote (Kg N/T brute)	2 à 4	8 à 12	30 à 50	6 à 9	5 à 9
Phosphore kg P ₂ O ₅ /T brute	2 à 3	6 à 9	50 à 70	6 à 10	6 à 8
Potassium (kg K ₂ O/T brute)	0.9	0.8	5	1	1 à 2

II.4 PRODUCTION DE BOUE DE LA STEP

L’augmentation de la production de boue suite au niveau croissant d’épuration et en parallèle au développement des habitant est représenté sur la figure II.1

- 1 EH ⇒ 15 à 20 kg Matières Sèches de boue (MS)

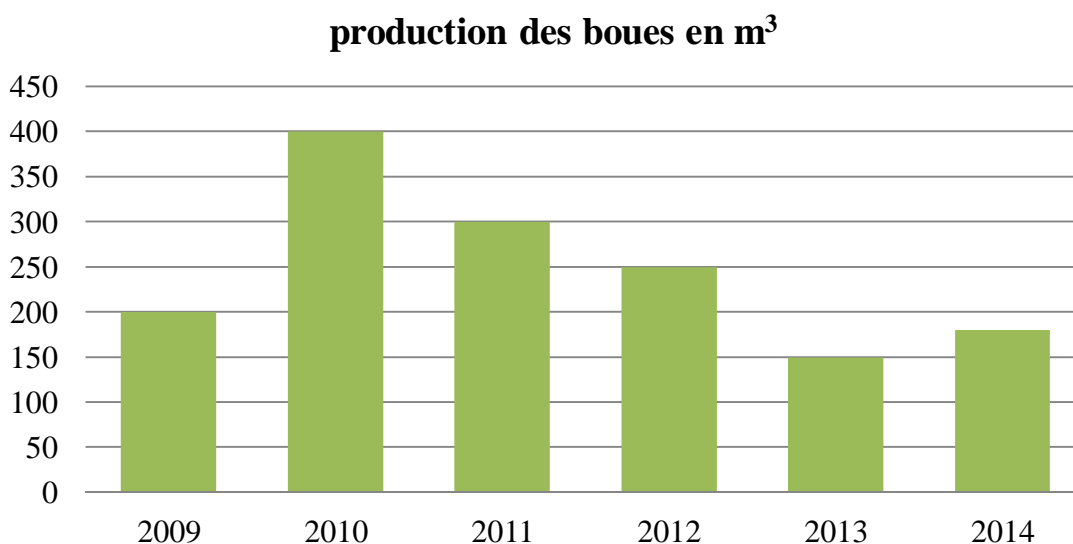


Figure II.1 : La production des boues en fonction de temps (source ONA).

II.5 ORIGINE DES BOUES

Selon le type de traitement des eaux usées une station d'épuration peut produire à l'origine trois catégories de boues :

II.5.1 Boues issues de traitement primaire

Elles sont produites par une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées. 70 % de MES peuvent ainsi être retenues avec l'évolution de la conception des stations, ce type de boues est en train de diminuer [9].

II.5.2 Boues issues de traitement physico-chimique

Variante du type précédent, les matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées sont agglomérées par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium). 90 % de MES peuvent ainsi être captées et séparées par décantation, les boues obtenues renferment une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant. Les boues physico-chimiques sont surtout produites dans des stations balnéaires ou touristiques, aux variations de populations très grandes sur une courte période [9].

II.5.3 Boues issues de traitement biologique

Les boues biologiques (encore appelées boues secondaires) sont les boues issues du traitement biologique que ce soit en culture libre (boues activées) ou en culture fixée (lits bactériens, disques biologiques, etc.).

Elles sont donc constituées essentiellement de corps bactériens et de leurs sécrétions. Très organiques, elles présentent, à la sortie du système d'épuration des eaux, des concentrations médiocres (autour de 10 g/l, soit une siccité de 1%).

Parallèlement, on distingue : [10]

II.5.3.1 Boues mixtes (boues primaires + boues biologiques)

Qui sont issues de la quasi-totalité des filières de traitement complètes. Sur les stations importantes (quelques dizaines de milliers d'équivalents habitants au moins), on peut envisager des traitements séparés des deux types de boues [10].

II.5.3.2 Boues d'aération prolongée

Ces boues existent au niveau des STEP sans décantation primaire. Elles sont moins organiques et donc produisent moins de nuisances ultérieures [10].

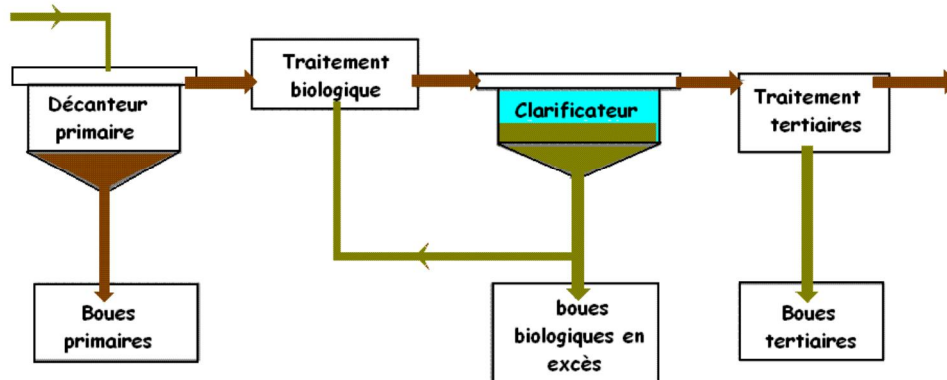


Figure II.2 : les différents types de boues dans un procédé de traitement par boues activées

II.6 CLASSIFICATION DES BOUES

La caractérisation d'une boue est fondamentale pour le choix de la méthode de traitement qui lui est applicable ainsi que pour la prévision des performances des appareils à employer. Le tableau II.5 propose une classification des différentes boues en fonction de leur origine et de leur composition [11].

Cette composition dépend à la fois de la nature de la pollution initiale de l'eau et des procédés d'épuration auxquels cette eau a été soumise ; traitements physiques, physicochimiques, biologiques.

Tableau II.2 : Tableau des différentes classes de boues (Source : Dégrèvement)

Caractéristiques Principales de la boue	Origine-industrie	Traitement d'eau Prétraitement de la boue	Elément de composition de La boue
Organique hydrophile	1-station d'épuration D'eaux résiduaires Urbaines (E.R.U)	1-Décantation primaire (primaire fraîche). Décantation primaire + digestion anaérobie (primaire digérée). Décantation primaire + Biologique (primaire +secondaire (Act) Fraîche). Décantation primaire + Biologique +digestion anaérobie (primaire+ (Act).dig . Anaérobie). Aération prolongée et stabilisation aérobie physique-chimique (floculation – décantation).	Matières organiques Prédominantes : MO/MS : 30% à90% - Matières protéiniques Souvent très fermentescibles. -déchets végétaux ou animaux. -huiles et graisses animale et parfois minérales - hydroxydes hydrophile (Al, Fe) en traitement physique-chimique - hydrocarbures (pétrochimie).
	2- E.R industrie Agricoles et alimentations <ul style="list-style-type: none"> ▪ Brasserie ▪ Abattoirs ▪ Transformation de La pomme de terre ▪ Laiteries ▪ Conserveries ▪ Elevage (lisier de porcherie) 	2- décantation biologique dont : aération prolongée stabilisation aérobie ou digestion anaérobie 3- physique-chimique (floculation – décantation) 4- biologique	
	3- E.R industries Textiles et chimie organique (dont pétrochimie) 4-tout traitement biologique de finition.		
Huileuse hydrophile	1- E.R Raffinerie 2- E.R Ateliers mécanique (huiles solubles). 3- E.R .laminage à froid, métallurgie	-Déshuilage -floculation- décantation /flottation -biologique (raffinerie)	- Huileuse et graisses minérale -hydrocarbures. -hydroxydes (Al, Fe) -M.O biologiques (éventuellement)
Huileuse hydrophobe	E.R .de laminoirs sidérurgiques	Décantation	-M.S.denses et bien décantables (battitures, oxydes Fe)

			-huiles et graisses minérales en forte teneur
Minéral hydrophile	1-Eau potable et appoint industriel (eau de rivières ou forage) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Clarification ▪ Décarbonation partiel ▪ Eluats de déminéralisation 2- E.R .de traitement de surface de métaux <ul style="list-style-type: none"> ▪ Décapage ▪ Anodisation ▪ Galvanoplastie ▪ Peinture 3- E.R .I. Chimie minérale 4- E.R .I. colorants- traitement. 5-E.R .tannerie. 6-traitement finale global E.R .I pour recyclage.	1- physique-chimique (floculation n-décantation) Neutralisation (éluats) 2- Neutralisation+ floculation-décantation détoxification (cyanures, Cr ⁺⁶) + floculation – décantation 3-Id.1 4- Id.1+biologique éventuel 5- Id.4 6- Id.1+filtration	1-prédominance d'hydroxydes métallique hydrophiles (Fe,Al,Cr...) +matière organique (<30% sur M.S) 3-+CaCO ₃ (décarbonations) Ou CaCO ₄ , H ₂ O (Neutralisation H ₂ SO ₄) 4- Minéral+organique 5- +graisse animale et matières organiques
Minéral hydrophobe	1-appoint industriel décarbonations (eaux de rivière ou forage) 2-sidérurgie -aciérie-fonderie-lavage de gaz. 3-lavoir à charbon. 4-Incinération ordures. Lavage de gaz de fumées.	Neutralisation-floculation Décantation	Matière minérales denses. Faible teneur d'hydroxydes Hydrophile (Fe,Al,Mg<5% sur MS.) Faible teneur MO (<5% sur MS.)
Fibreuse	1-E.R papeterie 2- E.R .pâte à papier 3- E.R .cartonnerie	-décantation /flottation récupération de fibres) -floculation – décantation -biologique (éventuel)	Fibres cellulosiques +éventuellement sciure, Copeaux + d'hydroxydes Hydrophiles (teneur plus ou moins importante). +MO biologiques Eventuelle.

II.7 CARACTERISTIQUES DES BOUES

II.7.1 Caractéristiques physico-chimique

II.7.1.1 Matière sèche (MS)

Elle s'exprime généralement en grammes par litre ou en pourcentage en poids et est déterminée par séchage à 105°C jusqu'à poids constant. Pour des boues liquides, elle est généralement proche de la teneur en matières en suspension (MES) déterminée par filtration ou centrifugation [11].

II.7.1.2 Matières volatiles (MV)

Exprimée en pourcentage en poids des MS, elle se détermine par gazéification dans un four à 550 - 600°C. Pour les boues de la classe organohydrophile notamment, elle est souvent proche de la teneur en matières organiques (MO) et est caractéristique de la teneur en matières azotées [11].

II.7.1.3 Indices de Mohlman (Sludge Volume Index : SVI)

L'indice de Mohlman n'est réellement représentatif de la décantabilité d'une boue que si le volume final obtenu, à partir d'un volume initial de un litre, est compris entre 100 et 250 ml. Dans cette zone, l'indice est proportionnel à la concentration en boues.

L'indice de boues (ou *Diluted Sludge Volume Index*) est défini à partir de tests de décantation permettant d'obtenir des volumes de boues compris entre 100 et 250 ml [12].

II.7.1.3 Siccité

La siccité (pourcentage de matière sèche) est un paramètre qui renseigne sur la consistance et la concentration en solides des boues. Donc est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %.

Une siccité élevée a pour avantage de réduire le volume de boues à transporter et de permettre leur entreposage au champ, ce qui n'est pas autorisé avec les boues liquides. Une siccité élevée facilite également l'acheminement des boues vers des sites de compostage spécialisés [13].

II.7.1.4 La charge spécifique

Ce paramètre permet de mesurer l'aptitude à la décantation des boues, il est Exprimé en ($\text{Kg}/\text{m}^2/\text{j}$) .c'est la quantité de la matière sèche décantée sur l'unité de surface, cette charge dépende de la teneur en matières volatiles [5].

II.7.1.5 La compressibilité

Lorsqu'on fait croit la pression au dessus d'un filtre. On obtient un écrasement du gâteau et une augmentation de la résistance à la filtration. La représentation logarithmique de la résistance spécifique en fonction de la pression donne une droite qui permet de déterminer le coefficient S de la compressibilité lorsque la pression augmente et atteint des valeurs de l'ordre de 10 bars. La filtration de l'eau contenue dans la boue est pratiquement bloquée, on atteint alors la siccité limite [15].

II.7.1.6 Les éléments nutritifs

Les boues contiennent certains éléments utiles à la croissance des plantes, il s'agit des teneurs en azote total, phosphore (exprimé en P_2O_5) potassium (exprimé en K_2O) et le Mg, il s'agit des substances qui favorisent la croissance des plantes et donc qui ont une très grande importance pour l'utilisation agricole des boues, soit par compostage avec les ordures ménagères [16].

Tableau II. 3 : caractéristiques agronomiques des boues résiduaires urbaines (primaires+ activées en % sur les matières sèches)

éléments	Azote	phosphore	potassium	Matière organique
Boues fraîches	3.5 - 2.5	2 - 3	0.1 - 1	60 - 80
Boues digérées	2 - 2.5	1 - 2	0.2 - 0.5	40 - 65

II.7.2 Caractéristique Biologique

II.7.2.1 Composition des matières organiques

La connaissance de la composition élémentaire de la boue en terme de C, H, O, N, S permet de déterminer l'aptitude d'une boue à être dégradée biologiquement (digestion anaérobie avec production de biogaz) ou thermiquement (incinération) par écriture de la stœchiométrie de dégradation. Elle est exprimée par rapport aux MV, voire par rapport aux

MV dégradables uniquement si l'on s'intéresse à la stabilisation biologique. $C_5H_7O_2N$ est souvent pris comme « formule brute » d'une boue biologique [17].

II.7.2.2 Le pouvoir calorifique inférieur

Son importance est primordiale en incinération. Généralement exprimé par rapport aux MV, il est à relier au C, H, O, N, S par écriture de la stœchiométrie de combustion. Différentes approches (formule de Dulong, théorie des électrons disponibles, etc.) permettent de le calculer approximativement, à défaut de le mesurer expérimentalement à la bombe calorimétrique [17].

II.7.2.3 Composition des matières minérales

Silice, alumines, carbonates et phosphates constituent les éléments les plus couramment rencontrés, à l'exception des boues minérales d'industries spécifiques. Carbonates et phosphates ont ainsi leur importance pour préciser la qualité agricole d'une boue épandue ; la silice est un élément défavorable en centrifugation.

Par ailleurs les chlorures, essentiellement solubles, sont peu appréciés en cas d'utilisation des cendres de boues incinérées en valorisation dans le béton [18].

II.7.2.4 Les Micropolluants

Ils doivent être caractérisés en cas d'épandage agricole comme en cas d'incinération, car ils peuvent alors se retrouver dans les fumées. Les législations se sont longtemps tenues aux seuls micropolluants minéraux en limitant les rejets des métaux lourds suivants : plomb, chrome, cuivre, manganèse, nickel, arsenic, cadmium et mercure [17].

II.7.3 Caractéristique physique

Afin de concentrer, chauffer, convoier et stocker la boue, il est indispensable de préciser ses propriétés physiques.

II.7.3.1 La résistance spécifique à la filtration RSF

Il s'agit de mesure l'aptitude à la filtration des boues sous une pression donnée, selon Mathian (1986), cette résistance s'exprime en m/kg [19].

II.7.3.2 Conductivité thermique

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser la passade d'un courant électrique et s'exprime en micro siemens par centimètre. Elle est l'inverse de résistance que s'exprime en ohm par centimètre [7].

II.7.3.3 Viscosité

La viscosité peut être considérée comme une mesure de l'intensité des forces Inter particulaires. Elle permet également d'évaluer le caractère thixotropique d'une boue (aptitude de cette boue à se prendre en masse en l'absence de brassage, et à devenir fluide dès qu'elle est légèrement agitée). Cette caractéristique est très utile pour apprécier les possibilités de collecte, de transport et de pompage d'une boue [11].

II.8 TRAITEMENT DES BOUES

II.8.1 Définition

Le traitement des boues est défini 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 de déshydratation et de stabilisation avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou réutilisées à des fins agricoles ou énergétiques [20].

II.8.2 Objectifs du traitement des boues

Les traitements spécifiques des eaux usées engendrent une matière organique hautement fermentescible. Trois principaux objectifs de traitements des boues seront distingués :

- 1- Des traitements d'épaississement et \ou déshydratation 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.
- 2- Des traitements de stabilisation (réduction de nuisance olfactive) pour réduire la fermentescibilité des boues afin de limiter ou d'annuler les mauvaises odeurs
- 3- Des traitements d'hygiénisation qui visent à éliminer la charge des microorganismes pathogènes [20].

Les opérations de traitement des boues sont représentées dans le tableau II.7

Tableau II.4 : les opérations de traitement des boues (**Source** : Duchene, 1990)

Opération	But
Stabilisation	Limiter les évolutions ultérieures s'accompagnant de nuisances.
Concentration	Eliminer 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 finale 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.

II.9 PROCÉDES DU TRAITEMENT

Le traitement des boues consiste en la réduction de leur volume (déshydratation), la réduction de leur caractère fermentescible (minéralisation) et de leur hygiénisation (réduction du nombre de microorganismes). Les différentes étapes sont :

- L'épaississement
- Le conditionnement
- La déshydratation
- Le séchage [8].

II.9.1 L'épaississement : Il vise l'augmentation de la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue, ce procédé peut se faire par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage – flottation – centrifugation). La siccité des boues ne dépasse pas 7% [21].

II.9.2 La déshydratation : Elle correspond en fait à une forte augmentation de la siccité, et modifier l'état physique des boues, celles-ci passent de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Les filtres à bandes et les centrifugeuses donnent des boues plutôt pâteuses en raison de la performance de déshydratation qui plafonnent de 18 à 20 % de siccité pour la première famille de matériels, et de 20 à 25 % pour la seconde. Les filtres presses produisent par contre

des boues de structures solides 30- 35 % de siccité, en conjuguant un conditionnement au lait de chaux et des pressions élevées [22].

II.9.3 Stabilisation des boues : La stabilisation consiste à assurer une qualité constante des boues, sans reprise incontrôlée de fermentation en minéralisant la matière organique résiduelle et complexe [8].

La stabilisation pour empêcher ou réduire les problèmes de fermentation et d'éviter ainsi les nuisances olfactives .On distingue :

- Biologique par voie :
 - Aérobie (compostage)
 - Anaérobie (méthanisation)
- chimique (chaulage ou autres traitements).

La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de composition des boues [23].

II.9.4 Conditionnement

Le conditionnement a pour objectif de préparer les boues à la déshydratation. En conséquence, il en est indissociable. Cette opération permet la floculation des boues en cassant la stabilité colloïdale et facilite ainsi l'évacuation de l'eau libre ainsi que la diminution de la résistance spécifique et l'augmentation du coefficient de compressibilité [8].

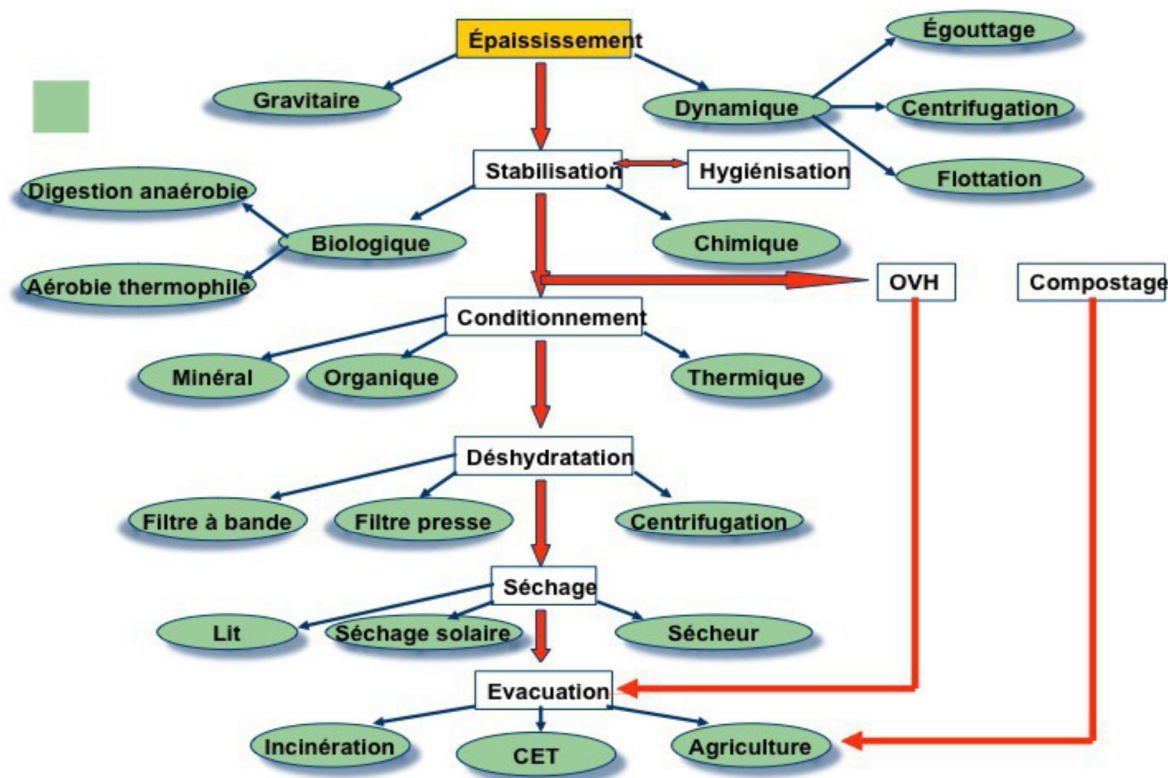


Figure II.3 : les différentes étapes du traitement des boues.

II.10 VALORISATION DES BOUES

La valorisation des boues est souvent aléatoire et leur évacuation constitue Presque toujours une charge d'exploitation importante. Sur le plan économique le but à atteindre est en réalité de limiter les frais de leur traitement et de leur transport. Cette optimisation dépend des conditions d'écoulement du produit, des besoins en énergie et du coût de celle-ci, du prix de la main d'œuvre, des réactifs de conditionnement, etc. Parallèlement, l'hygiène du travail et la protection de l'environnement imposent le développement de solutions provoquant le minimum de nuisances tout en restant économiquement supportables [11].

Les principales destinations des boues et sous-produits issus de leur traitement sont les suivantes :

II.6.1 Amendement des sols

Les boues sont généralement plus intéressantes par les matières humiques qu'elles apportent et par l'amélioration du pouvoir de rétention d'eau du sol que par le seul apport de matières nutritives. La forme sous laquelle se présentent ces matières nutritives est également importante car la vitesse d'assimilation en dépend : l'azote, par, exemple n'est assimilable

qu'en partie la première année environ 30 à 50% pour les boues liquides et 20 à 40% pour les boues déshydratées. Les taux d'assimilation annuelle vont ensuite en décroissant.

L'intérêt de l'utilisation des boues dépend de la culture des sols, (en particulier pH, teneur en Ca), des cultures, et des types d'exploitation, ainsi que du mode d'épandage. Du fait des besoins cycliques des cultures, une politique d'utilisation agricole des boues n'est viable que si une solution a été trouvée à la variabilité des besoins en agents nutritifs tout au long de l'année rotation de cultures, stockage, existence d'une autre voie d'évacuation des boues.

En dehors de la présence excessive dans certains cas de graisses ou fibres le risque potentiel le plus important de l'utilisation des boues en culture est celui lié à la présence de métaux lourds dont l'origine est essentiellement industrielle (en particulier traitement des surfaces métalliques). Les cations dangereux les plus fréquemment rencontrés sont Zn, Cd, Cu, Ni, Cr, Hg [11].

II.10.2 Récupération de produits

La récupération n'est envisageable que sur certains éléments contenus dans les boues. En particulier :

- récupération de fibres dans les industries du papier-carton et du bois,
- récupération de protéines (en particulier dans les industries de la viande) à des fins de production d'aliments du bétail, ou pour la pisciculture,
- récupération de produits coagulants dans les boues provenant de la clarification d'eaux de rivière (par exemple acidification de boues d'hydroxydes d'Al),
- réutilisation du carbonate de calcium et de la chaux des boues provenant d'un traitement massif à la chaux. Tel est le cas, par exemple des boues de décarbonatation d'eau potable utilisées pour le conditionnement avant déshydratation de boues à prédominance organique provenant du traitement biologique d'ERU.
- récupération de Zn, Cu, Cr, dans les boues provenant d'une épuration d'eaux de traitement de surfaces métalliques,
- réutilisation des boues minérales après séchage thermique ou des cendres d'incinération dans la construction des revêtements routiers, des produits stabilisateurs de sol ou de béton (mais, une telle réutilisation n'a jusqu'à ce jour reçu que des applications limitées) [11].

II.10.3 Récupération d'énergie

La récupération d'énergie n'est pas normalement le but premier du traitement des boues. L'emploi des boues comme combustible exportable en dehors de l'usine d'épuration est

rare. Tel peut être le cas pour des boues déshydratées provenant de la décantation de certaines eaux usées très chargées en combustible (poussière de charbon par exemple) pour des suspensions huileuses ou des graisses récupérées par flottation ou même encore pour des boues organiques séchées sous forme de granulés ou de poudre. La production de granulés (voire de poudre), à partir de boues très organiques, est également proposée pour la fabrication de combustibles transportables.

La récupération d'énergie se réalise essentiellement sous deux formes principales :

- production de gaz méthane par fermentation. Le gaz est utilisé pour le chauffage, l'alimentation des groupes électrogènes et le conditionnement thermique des boues elles-mêmes,
- production calorifique dans les fours d'incinération. L'énergie ainsi produite sert essentiellement, sinon totalement, à sécher préalablement les boues. Lorsque la siccité initiale des boues le permet, l'énergie thermique excédentaire peut être transformée en énergie électrique.

Toute récupération d'énergie s'accompagne de la réduction partielle ou totale du germe pathogène dans les boues [11].

II.10.4 Décharge

C'est encore sans doute la destination finale la plus fréquente des boues produites. Le résidu peut être plus ou moins important, mais même dans le cas d'incinération il demeure un sous-produit de volume non négligeable et rassemblant normalement tous les métaux lourds contenus dans les boues. Cette décharge peut aller de la simple "lagune à boues liquides" alimentée en boues stabilisées et dont le drainage et l'évaporation nécessitent des mois ou des années, jusqu'au remblaiement d'excavations ou de dépressions à l'aide de boues sèches dont le compactage est plus rapide.

Une solution parfois envisagée, en particulier sur les boues toxiques, est, avant décharge, d'incorporer aux boues liquides des produits solidifiant (silicates, ciments, etc.). Ce mode de traitement présente l'inconvénient de condamner définitivement des surfaces au sol important. De plus, les risques de lixiviation par les eaux de ruissellement ne semblent pas totalement écartés.

Enfin, la mise en décharge commune des boues avec les ordures ménagères est une pratique encore fréquente. Les législations en la matière varient suivant les pays. Il convient de ne pas dépasser une teneur maximale en eau du produit, de veiller à son homogénéité et de

prendre les dispositions nécessaires à la protection de la nappe, avec collecte et traitement du lixiviat [11].

II.10.5 Rejet en mer

Cette solution expéditive consiste le plus souvent en un déversement discontinu au large au moyen de barges et chalands. Dans quelques cas cette évacuation est réalisée par un émissaire sous-marin suffisamment long et immergé en profondeur.

Le choix d'un rejet en mer nécessite au préalable un examen minutieux et prolongé des courants ainsi que des études bactériologiques, biologiques et piscicoles de qualité. La destruction des germes pathogènes et la dégradation des matières organiques en milieu marin sont lentes. Les boues déversées en mer doivent être débarrassées des matières flottantes. La digestion anaérobie est le prétraitement préalable le plus souvent adopté [11].

II.10.6 Réinjection dans le sol

Cette solution envisagée essentiellement sur des boues toxiques ou des eaux très concentrées consiste à injecter les boues à l'état liquide à grande profondeur dans les poches poreuses du sous-sol isolées entre des couches continues perméables. Une étude géologique très sérieuse est évidemment indispensable [11].

II.10.7 L'incinération

L'incinération est une oxydation poussée haute température de la matière organique volatile en un mélange gazeux ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{AOx} + \text{COx} + \text{SOx}$) et en eau. La matière minérale peut faire l'objet d'une oxydation mais reste minérale (cendres) [8].

L'incinération peut offrir certains avantages par rapport aux autres moyens d'élimination, comme la réduction à environ 20% du volume que constituent les solides des boues. Elle élimine aussi quelques problèmes environnementaux potentiels comme la présence de micro-organismes pathogènes et des substances organiques toxiques. Cependant, il s'agit d'un procédé coûteux par le fait qu'il consomme une grande quantité d'énergie, en plus des problèmes de contamination de l'air par l'émission de substances toxiques (mercure et cadmium) à la suite de la combustion et l'enfouissement des cendres générées [24].

II.10.8 Utilisation agricole des boues

La valorisation agricole des boues résiduaires peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimique (C, N, P...), pour la

protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges. Les boues résiduaires peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux [23].

II.10.9 Le compostage

Le compostage est un procédé prometteur de valorisation de déchets puisqu'il permet d'obtenir, à partir de déchets organiques, un produit stable, hygiénisé et pouvant être utilisé comme amendement agricole [26].

Le compostage des boues consiste à aérer un mélange de boues fraîches et de coproduits de type cellulosique (déchets verts, copeaux de bois broyés ...) puis à laisser évoluer l'ensemble pendant quelques semaines. Il se déroule en deux étapes :

-la fermentation : c'est une phase d'aération dynamique avec dégradation de la matière volatile, stabilisation et hygiénisation des boues.

-la maturation : c'est une phase de stockage qui complète la dégradation pour conférer au compost sa qualité agronomique.

Le compostage permet une stabilisation, une hygiénisation et un séchage partiel de la boue. Il transforme la boue en un amendement organique proche d'un terreau [27].

II.11 LES CONTRAINTES LIEES A L'UTILISATION DES BOUES

La présence des métaux lourds est le principal facteur négatif par rapport à l'emploi des boues d'épuration en agriculture ; l'accumulation des métaux lourds dans le sol est absolument irréversible et les conséquences négatives peuvent en apparaître à long terme en fonction des conditions physiques et chimiques [20].

II.11.1 Notions sur les métaux lourds

On appelle métal lourd, l'élément naturel (métal ou métalloïde dans certains cas) caractérisé par une masse volumique assez élevée, supérieure à 5 g/cm^3 . Actuellement dans la nature, 41 métaux et 5 métalloïdes sont identifiés. Les métaux lourds sont des micropolluants de nature à causer des problèmes même présents sous formes de traces de l'ordre du microgramme par litre [25]. Les métaux lourds sont des éléments traces qui peuvent se rencontrer naturellement dans les sols mais a des teneurs relativement faibles.

L'agriculture moderne représente une importante source de pollution des sols par l'usage massif des engrais chimique et les recours systématique aux pesticides.L'utilisation

agricole des déchets urbains (boues de la station d'épuration) ; conduit à des risques accrus de pollution par suite de l'apport au sol de cations métalliques véhiculés par les amendements organiques [20].

Tableau II.5 : origine probable des éléments traces contenue dans certaines boues (**Source** : Pommel, 1979).

Cuivre	Canalisation d'eau Fabrication de fils électriques ; radiateur ; bain Marie, appareil de cuisson
plomb	Canalisation d'eau Fabrication bacs de batterie, peinture, additifs
zinc	Produits pharmaceutiques ; cosmétiques ; conduits de l'eau ; lavage de toits (eau de pluie ; réseau unitaire)
Bore	Détergents ; lessivage ; industrie du verre, ciment, faïences, porcelaine et émaux lubrifiants
Mercure	Produits pharmaceutiques ; production et utilisation anti-fongique ; fabrication d'appareils électriques ; production électrolyte de Cl et NaOH Peinture fabrication de pâte à papier
Cadmium	Traitement de surface des métaux et stabilisation des matières plastiques, fabrication d'accumulateurs, fabrication de caoutchouc
Nickel	Fabrication d'acier et alliage, hydrogénation des huiles et substances organiques, fabrication de peinture laquée, produits cosmétiques.
Chrome	Tannerie : fabrication d'alliages spéciaux : industrie de traitement de surface.

II.11.2 La toxicité des métaux lourds

La toxicité des métaux lourds a conduit les pouvoirs publics à réglementer les émissions en fixant des teneurs limites. Cette réglementation n'est cependant d'aucun secours pour déterminer sans ambiguïté une liste de métaux à surveiller car la liste varie selon les milieux considérés : émissions atmosphériques rejets dans l'eau, règles sur l'épandage des boues ou la mise en décharge, etc. Le quart de la contamination par les métaux lourds est dû aux ordures ménagères (piles au cadmium, batteries au plomb, cuivre et zinc des pesticides, etc.). Le devenir des métaux lourds dépend de nombreux facteurs parmi lesquels la nature du sol et son acidité.

La toxicité des métaux lourds n'est plus à démontrer. Par exemple celle du mercure est connue depuis l'antiquité. Dans la majorité des cas les effets toxiques de ces métaux lourds se manifestent au niveau du système nerveux, le sang ou la moelle osseuse. Ils sont généralement cancérigènes [25].

II.11.3 Limites rigoureuses à l'utilisation des boues contenant les métaux lourds

Les boues d'épuration ont des propriétés agronomiques utiles dans le domaine de l'agriculture. Leur utilisation doit tenir compte des besoins nutritionnels des plantes sans toutefois compromettre la qualité des sols ni celle des eaux superficielles et souterraines. En effet, certains métaux lourds présents dans les boues d'épuration peuvent être toxiques pour les plantes et pour l'homme. L'utilisation des boues d'épuration est interdite lorsque la concentration d'un ou de plusieurs métaux lourds dans les sols dépasse les valeurs limites[17].

Tableau II.6 : norme pour le sol valeurs relatives au sol **Source :** R. Cambier et Just, 1994.

Eléments	NF U 44-041 France 1985	Directive CEE1986-1988 Terme supérieur
Cd	2	3
Cr	150	200
Cu	100	140
Hg	1	1.5
Ni	50	75
Pb	100	300
Zn	300	30

Concentrations maximales au-delà desquelles les épandages sont interdits (mg/Kg de sol sec). Le Tableau II.10 représente les Normes des métaux lourds relatives aux boues :

Tableau II.7: Normes des métaux lourds relatives aux boues (**source :** J .Rodier 2002)

Métaux	NF u 44-041					
	Mg/kg matières sèches			Directives CEE		
	Valeurs de référence (ppm)	de	Valeurs de limites (ppm)	Kg/ha 10 ans	10 ans	Kg/ha 10 ans
Cd	20		40	0.6		1.5
Cu	1000		2000	30		120
Cr	1000		2000	30		45
Ni	200		400	6		30
Zn	3000		6000	90		30
Cu+Cr+Ni+Zn	400		800	120		-

NF : Norme France

II.11.4 Effets sur le végétal

Le rôle de ces éléments dans la vie des plantes est important, car ils interviennent dans plusieurs réactions cellulaires, ce sont donc des éléments essentiels ou oligo-éléments auxquels on peut attribuer un effet bénéfique seulement à de très faibles concentrations.

En revanche, leur quantité globale assimilée selon les conditions du milieu et en fonction de leur solubilité, peut provoquer un effet toxique en perturbant les systèmes chlorophylliens.

A ce titre inductif, les conséquences de la par les métaux lourds sont illustrées dans le tableau suivant : [22]

Tableau II.8: Effets de quelques éléments métalliques (**Source** : Meinck et al, 1977).

éléments	Effet des métaux lourds
Zinc	Provoque une détérioration de l'appareil chlorophyllien et par la suite compromettent l'activité d'assimilation
Chrome	-Empoisonne l'homme, une nette atténuation de la respiration. -Inhibe la décomposition des matières organiques
Nickel	-Action toxique se manifeste par un dépérissement général de toutes parties du végétale et destruction graduelle de l'appareil chlorophyllien. - Cancer des voies respiratoires.
Cadmium	-Empêche le développement des végétaux, ou même provoque la mort des plantes à des doses élevées. -Cancer des voies respiratoires.
Plomb	-provoque la maladie d'ITAI-ITAI chez l'homme en combinaison avec le zinc se produit une addition anormale des effets toxiques. -en combinaison avec le cuivre, l'action toxique est potentialisée.

II.11.5 Les risques liés à la valorisation agricole des boues

II.11.5.1 Les risques environnementaux

Selon Aprifel en 2001 ; jusqu'à maintenant la plupart des études sur la dynamique des éléments traces métallique apportées par épandage des boues dans les sols, avait pour objectif

les transferts sol/plante et pour finalité les risque de contamination de la chaine alimentaire. C'est pourquoi en dispose de peu des données publiées.

Pour estimer les conséquences sanitaires chez l'homme de l'accumulation des polluants dans les sols à moyen et long terme. Il est importants de entraine les différente voies de dispersion de ces contaminants et de pouvoir quantifier leur transfert d'un compartiment à l'autre (boue, sol ; micro-organisme du sol ; animal domestique....etc) [20].

II.11.5.2 Risque pour la santé humaine

La non maîtrise du plomb, mercure, cadmium entraine parfois des risques pour la santé, évaluation de ces risques s'interprète par la prise en compte de plusieurs éléments tels que le niveau de contamination alimentaire par estimation des quantités ingérées (dose hebdomadaire tolérable à long terme), sans oublier les données métalliques(le foie ; le tissu adipeux système nerveux....) [20].



Partie Expérimentale



Chapitre III : Matériels et méthodes

III. MATERIEL ET METHODES

III.1 Matériels

III.1.1 Boues résiduaires

Les boues utilisées dans notre expérimentation ont été produit en , elles sont d'une couleur gris, sans odeur désagréable.

Les boues ont été prélevées sur lits de séchage.

III.1.2 Le sol

Prélevée à partir de l'auntourage de sour el ghouzlane.

III.1.3 Matériel végétéal

Pour notre expérimentation, on utilisé le persil.

III.1.4 Matériel utilisés

-Equipments :

- Balance(OHAUS SHANGHAI AR124CN 120g)
- Broyeur
- Conductimètre multi-paramètre (PH, T°, conductivité) ;HANNA
- Dessiccateur
- Etuve (BINDER)
- Four (Nabertherenme)
- Plaque chauffante et Agitateur (stuart T=440°C A 9)
- Tamis

-Verreries :

- Bécher 20ml, 50ml, 100ml, 500ml.
- Burette
- Entonnoir
- erlenmeyer de 30ml, 250ml
- Fioles 50ml, 100ml, 200 ml, 500ml, 1L
- Flacon

- Papier filtre
- Pipette jaugé de 10ml, 15ml, 20ml, 25ml
- Pissette

-Réactifs :

- Acide chlorhydrique (HCl) pur
- Acide sulfurique H₂SO₄ pur
- Bichromate de potassium
- Carbonate de calcium(CaCO₃)
- Acide borique
- D'indicateur de Tchiro
- Diphenylamine
- Bar manganate de sodium KMnO₄ (N/5)
- Hydroxyde de sodium NaOH)
- Oxalate d'ammonium (N/5)
- Sulfate ferreux ammoniacal 2N, 1N

III.2 Méthodes

III.2.1 Substrats utilisés

La préparation des substrats est résumée dans les étapes suivantes :

III.2.2 Le tamisage

Les boues sèches et le sol ont été tamisés dans un tamisage leur diamètre est de 2mm, pour éliminer les résidus non broyés et avoir un matériau homogène.

III.2.3 Mélanges et choix des substrats

Les mélanges utilisés sont composés de sol et des boues résiduelles. Par cet essai, nous cherchons à faire une caractérisation physico-chimique et microbiologique de la boue, et voir quel sera le comportement des plants vis-à-vis ces substrats. Le tableau suivant donne la composition des différents substrats testés.

Tableau III.1 : la composition des différents substrats testés.

substrats	sol	boues
Vase n° : 01	50 g	0 g
Vase n° : 02	45 g	5 g
Vase n° : 03	40 g	10 g
Vase n° : 04	35 g	15 g
Vase n° : 05	30 g	20 g
Vase n° : 06	25 g	25 g
Vase n° : 07	20 g	30 g
Vase n° : 08	15 g	35 g
Vase n° : 09	10 g	40 g
Vase n° : 10	5 g	45 g
Vase n° : 11	0 g	50 g

Pour chaque vase , il existe deux replicats ce qui représente 3 essais pour chaque mélange On remplit la moitié de vase par sol et l'autre moitié par le mélange (sol+boues) suivant différentes proportions. Ensuite on arrose d'eau de robinet par dose de 10ml par vase tous les jours.

Le persil a été semé le 23/04/2015

A partir de l'apparition des plantules, on mesure leur hauteur tous les deux jours après l'arrosage.

III.3 Méthodes d'analyses

III.3.1 Propriétés de la boue

III.3.1.1 Propriétés physiques

III.3.1.1.1 pH : c'est un paramètre important pour l'utilisation ultérieure de la boue en agriculture. Il détermine partiellement la charge électrique des particules solides, et par conséquent, influe sur leur stabilité colloïdale.

L'échantillon auquel nous avons ajouté de l'eau distillé, subit une agitation magnétique durant deux heures, puis une décantation pendant deux heures.

La mesure du pH est ensuite effectuée Conductivimètre multi-paramètre (PH, T°, conductivité).

La conductivité électrique donne une idée sur la salinité du milieu. Déterminée à l'aide d'un conductimètre à 25°C [14].

III.3.1.1.2 Résidu sec à 105°C

C'est la masse de substance obtenue après séchage à 105°C de l'échantillon brut rapporté à la masse de résidu. En générale Détermination des la matière sèches [14].

III.3.1.1.3 Résidu sec à 550°C

En générale Détermination des la matière volatiles. La teneur en matière volatiles gazéifiées à 550°C des boues épaissies et des boues déshydratées ce facteur nous renseigne sur la stabilité de boues. ,a partire de Résidu sec à 105°C [14].

III.3.1.2 Propriétés chimiques

III.3.1.2.1 Carbone organique totale (COT)

Les déchets résultant de traitement des eaux usées urbaine sont d'abord et surtout des matériaux .el doivent être considérés avant tout comme amendement organique, au même titre qu'un fumier [14].

Il consiste à doser le carbone organique par la méthode ANNE. A comme principe l'oxydation du carbone organique par le bichromate de potassium en milieu sulfurique. Le bichromate KCr_2O_7 doit être en excès la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique [20].

III.3.1.2.2 Élément Majeur

Il s'agit des éléments : Phosphore total, l'azote KJEDAHL, potassium (K), sodium(Na), calcium(Ca), magnésium (mg) et chlorure (Cl).

- l'azote total : est dosé par la méthode de Kjeldahl La méthode de dosage (NK) permet

D'analyser globalement la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal présent dans l'échantillon qui fait appel à une minéralisation de l'échantillon en présence d'un catalyseur au sélénium, permet de déterminer les composés azotée [12].

- Phosphore total : l'élément phosphore existe en quantité à peu près équivalente à celle de l'azote dans les boues.

Le Phosphore total des boues se trouve sous forme de phosphate organique et que le phosphore minéral étant surtout constitué par des associations avec les composés du Fe, d'Al du Ca et du Mg qui abondent dans la plus part des boues [20].

III.3.1.2.3 Rapport C/N

Le rapport C/N donne une idée sur la vie biologique des substrats. Il est déterminé à partir du carbone organique et l'azote total [6].

III.3.1.2.4 Les métaux lourds

Sont des métaux formant des précipités insolubles avec les sulfures. Métaux dont la masse volumique est supérieure à 6 g mL^{-1} , métal dont le numéro atomique est supérieur a 20. Les métaux lourds sont réputés toxiques, alors que certains sont des oligo-éléments (Cu, Zn, Fe). C'est pourquoi le terme de métal lourd est souvent appliqué à tort à des éléments en raison de leur toxicité [25].

III.3.2 Méthode d'analyses des sols

III.3.2.1 Propriétés physiques :

III.3.2.1.1 pH et conductivité

Le pH a une incidence sur la facilité du plant à se nourrir, Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH mètre à électrodes avec un rapport sol/ eau (1/5).

La conductivité électrique donne une idée sur la salinité du milieu. Déterminée à l'aide d'un conductimètre à 25°C

III.3.2.2 Propriétés chimiques

III.3.2.2.1 Dosage du calcaire actif

Le calcaire actif est déterminé selon la méthode décrite par Drouineau 1942 [6].

III.3.2.2.2 la matière organique (MO)

Le dosage de la matière organique est réalisé à partir de ces constituants qui est le carbone. La méthode de détermination du carbone organique est basée sur l'oxydation à froid de ce dernier, par le bichromate de potassium en milieu acide (méthode de Walkley et black, 1934 ; cité par Duchaufour, 1970 [6]).

III.3.2.2.3 Capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange cationique est un paramètre global, qui représente la quantité maximale de cations de toutes sortes qu'un poids déterminé de sol est capable de retenir ou, autrement dit, le total des charges négatives du sol disponibles pour la fixation de cations métalliques ou d'ions H^+ [25].



Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1 INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, nous allons procéder à l'analyse physico-chimique des boues issues de la station d'épuration des eaux usées de Sour El Ghozlane afin de déterminer le type de ce déchet, puis sa valorisation la plus économique possible.

Les analyses effectuées sur les boues résiduelles de la station d'épuration des eaux usées de SEG.

IV.2 RESULTAS D'ANALYSES DES BOUES**IV.2.1 Propriétés physiques :**

IV.2.1.1 pH et conductivité : les résultats des paramètres du pH et conductivité de la boue représente dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Résultats des analyses de la boue

Paramètres	boue
pH	7.78
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	72.0



Figure IV.1 : préparation d'échantillon



Figure IV.2 : Conductimètre multi-paramètre

Le pH est un paramètre important en agriculture et ce pour le bon développement de la plante, il est de l'ordre de 7.78 considéré comme neutre et relativement favorable à toutes les espèces.

La conductivité électrique relevée de la boue est de l'ordre de 72 μs et présenté dans le tableau IV.1 la boue est considérée faiblement conductrice dénotant là faible salinité de cette dernière.

Les résultats des paramètres de la boue de la STEP de Sour El Ghozlane par rapport la boue d'une STEP en France d'après J.M. FRANCOIS (1978) sont indiquée dans le tableau IV.2 suivant :

Tableau IV.2 : résultats des analyses de la boue

Paramètres	boue	Boue d'une STEP en France d'après J .M. FRANCOIS (1978)
Humidité (%)	47	39
Ms (%)	53	61
COT (%)	6.4	10.7
Azote total (%)	0.76588	1.20
Phosphore total	38 ,75 ppm	3.7%
C/N	8.35	9
MV (%)	1.24	16
CaCo3(%)	0,5	/

IV.2.1.2 Matière sèche et humidité

Plus les boues sont humides, plus elles causent des problèmes de transport et de stockage car on sait que tout milieu humide favorise le développement de micro-organismes multiples.

Le taux d'humidité est de 47% et par conséquent la matière sèche est de 53%. Le taux d'humidité est élevé par rapport aux boues d'une STEP en France d'après J .M. FRANCOIS (1978) dans le (tableau IV.2) et la matière sèche est de 53% proche que 61%.



Figure IV. 3 : séchage des boues

IV.2.2 Propriétés chimiques

IV.2.2.1 carbone organique totale (COT)

La teneur en matière organique présente une importance pour l'évaluation de l'aptitude des boues à devenir un engrais organique, et lui donne un intérêt important en agriculture et horticulture .

La méthode de ANNE utilisée pour la détermination du carbone organique Totale a donné une teneur de 6,4%. (voire annexes)

IV.2.2.2 Elément Majeur

- **L'azote total** : l'azote se présente sous de nombreuses formes dans les boues (acide aminée, nitrates, nitrites et ammonium) la détermination de la teneur en azote et des types de substances qui le contiennent permet d'estimer la valeur agricole d'une boue et d'évaluer les risque de pollution.

D'après les résultats (tableau IV.2) les analyses ont montré que les boues referment environ 0.76588 % d'azote total, donc les boues sont pas trop riches en azote.

- Phosphore total :

Le phosphore provient des détergent synthétique après traitement des eaux usées urbaines dans la station d'épuration 50 % du phosphore présent initialement dans ces eau usées se retrouve dans les boues et il serait sous forme minéral de 65 à 85% du phosphore totale car une partie est perdu par les eaux drainantes au niveau des lit de séchage.

D'après les résultats enregistrés dans le tableau IV.2, nous constatons que la teneur en phosphore assimilable est moyenne, elle est de l'ordre de 38.75 ppm.

IV.2.2.3 Rapport C/N

Le rapport C/N en agriculture renseigne sur la richesse en azote et sur l'activité biologique du milieu. Plus le rapport est faible, plus la biodégradation des boues est facile. Le rapport C/N de la boue est de 8.35 % (inférieure à 9) ce qui signifie que la minéralisation de la matière organique s'effectue rapidement, et par conséquent, nous pouvons utiliser la boue comme un amendement organique.

IV.2.2.4 Calcaire actif :

Les résultats obtenus (tableau) montrent que notre échantillonnage est pauvre en calcaires actifs (<5), ceci permet de dire que les boues ne représentent aucun effet dépressif en cet élément sur la croissance des plants.

IV.2.2.5 Les métaux lourds : nous avons préparé l'eau régale pour déterminer la quantité des métaux présents dans la boue et le sol (voir les annexes).



Figure IV.6 : préparation de l'eau régale

Tableau IV.3 : les résultats des métaux lourds des boues (en mg/Kg)

Zn	Mn	Cr	Ni	Cd	Hg
2500	351,2	150	57	10,2	2,5

Les boues ont toujours été considérées comme substrats toxiques car elles referment souvent des quantités en métaux lourds, cependant les analyses de ces derniers (Tableau IV.3) nous ont permis de conclure que les boues de la station d'épuration de la STEP de Sour El Ghozlane répondent aux normes.

IV.3.2 résultats d'analyses des sols

IV.3.2.1 Propriétés physiques

IV.3.2.1.1 pH et conductivité : les résultats des paramètres (pH et conductivité) du sol représente dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : résultats des analyses de sol

Paramètres	sol
pH	8 ,25
Conductivité μ s	189

La concentration en ions hydrogène H^+ du milieu détermine sa réaction mesurée par le pH. Le pH eau s'obtient en mesurant la concentration en ions H^+ dans la phase liquide du sol ou du substrat.

Le pH optimal en pépinière dépendra bien sur des végétaux cultivés, la réaction du sol ayant une grande influence sur la disponibilité des divers ions minéraux, dont la plante à besoin pour sa croissance.

Un pH élevé supérieur à 8, est également préjudiciable à la croissance d'un grand nombre de végétaux entraînant une mauvaise assimilation de certains éléments (dont le Magnésium) et surtout le fer, avec comme conséquence, les symptômes bien connus de la chlorose ferrique.

Lorsque la concentration saline de la solution aqueuse d'un sol ou d'un substrat est trop élevée, les racines se développent mal et la croissance de la plante est ralentie, on aboutit même dans les cas graves, au dépérissement des plantes.

IV.3.2.2 Propriétés chimiques

Tableau IV.5 : résultats des analyses de sol

Paramètres	sol
C.E.C (meq/100g)	20,25
Na ⁺ (meq/100g)	4,15
Mg ⁺⁺ (meq/100g)	3,25
K ⁺ (meq/100g)	0,59
Ca ⁺⁺ (meq/100g)	10,25
Matière organique (%)	7,67
CaCO ₃ (%)	2,5

D'après la classification de la matière organique qui se présente dans le tableau suivant :

Tableau IV.6 : classification de la matière organique (Source : BAIZE ,1988).

la matière organique (%)	Type du sol
0.5	Très pauvre
0.5 - 1.5	Pauvre
1.5 - 2.5	Moyennement pauvre
2.5 - 6	Riche
6 - 15	Très riche

La teneur en matière organique présente dans le sol est de l'ordre de 7.67%, donc le sol est très riche en carbone.

IV.3.2.3 Les métaux lourds

Les résultats des métaux lourds présents dans les sols sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau IV.7 : les résultats des métaux lourds des sols (en mg/Kg)

Cu	Co	Cr	Cd	Pb	Zn	Ni	Mn	Fer
56,6	104	150	1,15	270	450	150,7	5803,1	6120,5

IV.4 L'EFFET DE L'AMENDEMENT SUR LA CROISSANCE DES PERSILS

La croissance et le rendement massique nous renseignent sur la dose optimale de la boue qui doit être ajoutée comme amendement pour le sol.

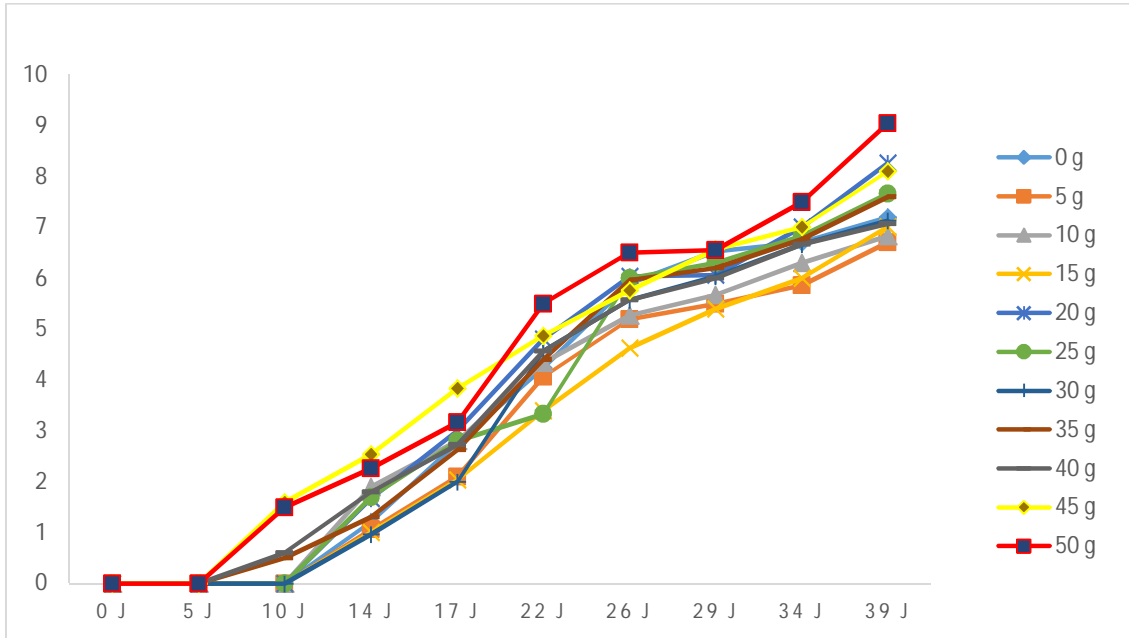


Fig IV.7 : Croissance de persil

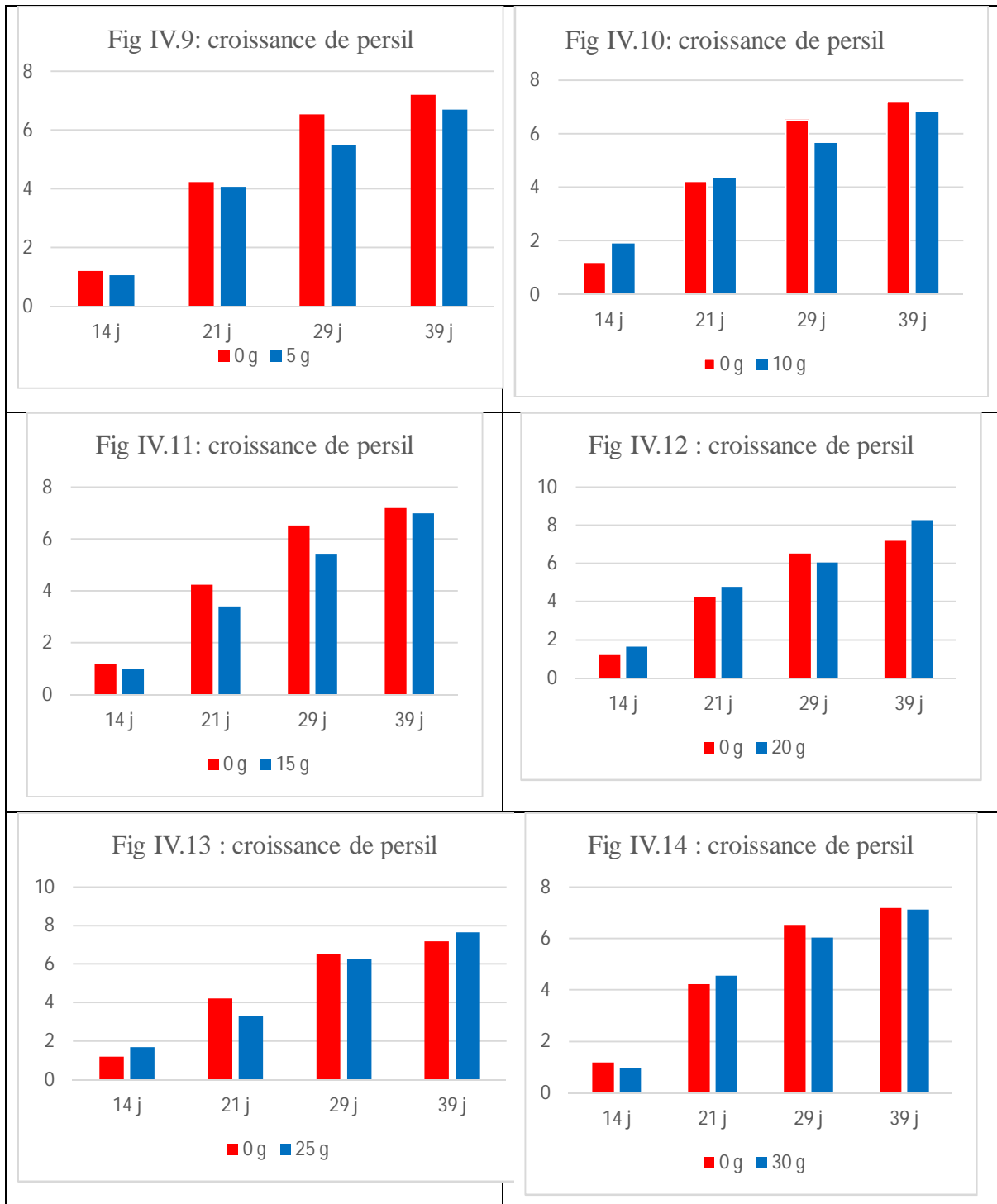
On a observé le maximum de hauteur dans le vase 50 g.



Figure IV.8 : les vases de persil

On a représenté la croissance de persil dans les le Tableau IV.10

Tableau IV.8 : la croissance de persil



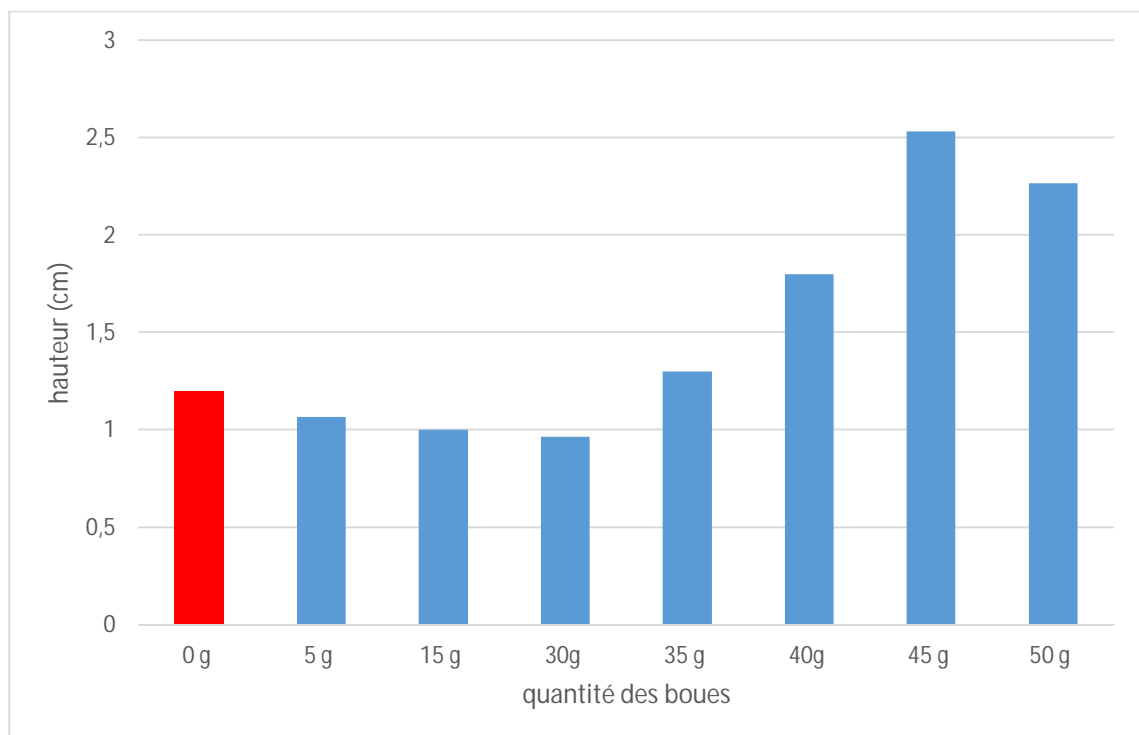
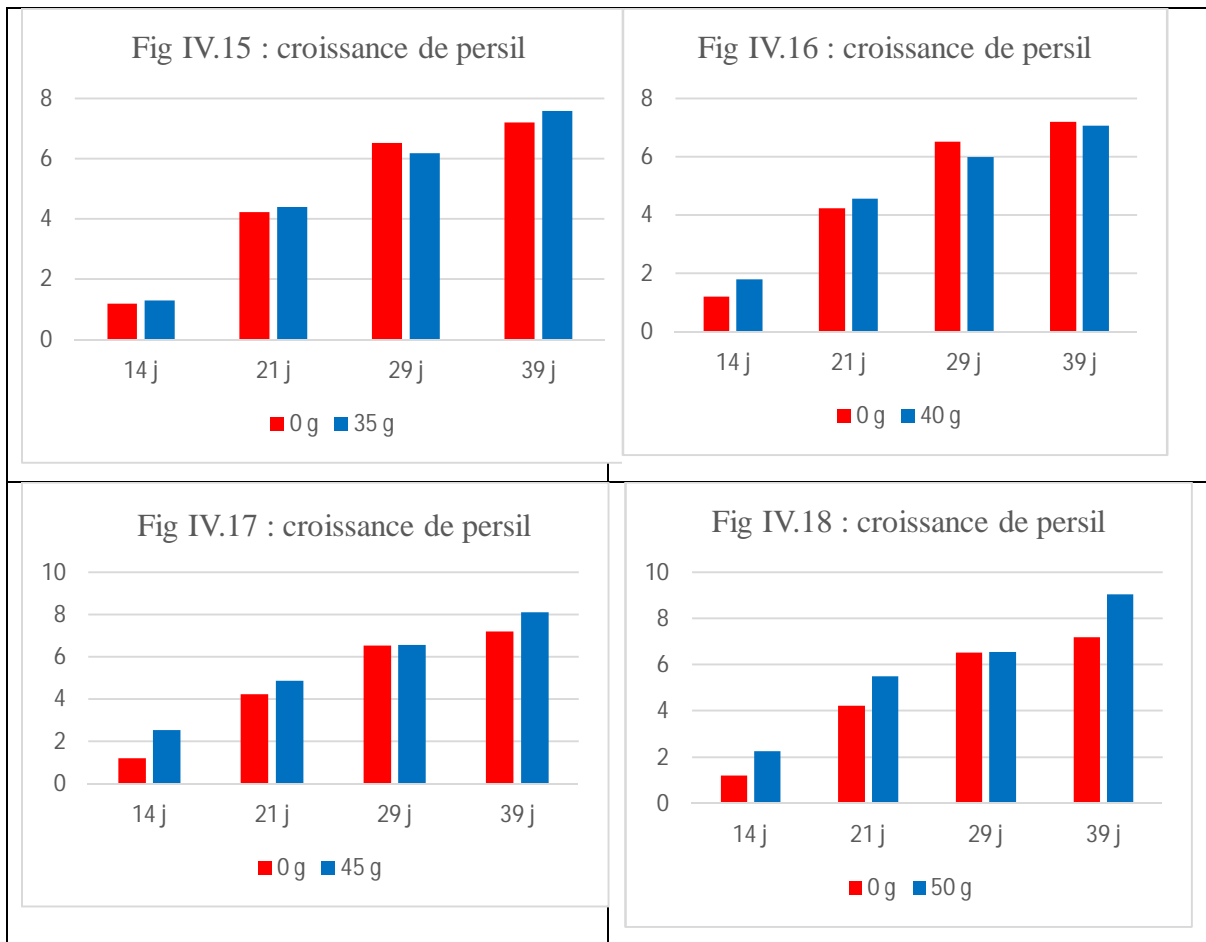


Fig IV.19 : Croissance de persil après 14 jours

IV.4.1 Effet des boues sur la croissance en hauteur

La hauteur de persil après 14 jours diffère d'un substrat à un autre, la longueur maximale est enregistrée chez le substrat 45g, puis cette longueur diminue avec la diminution de la quantité de boues dans les substrats jusqu'au témoin, cependant la valeur la plus faible de cette longueur est enregistrée pour le substrat 30g de boues.

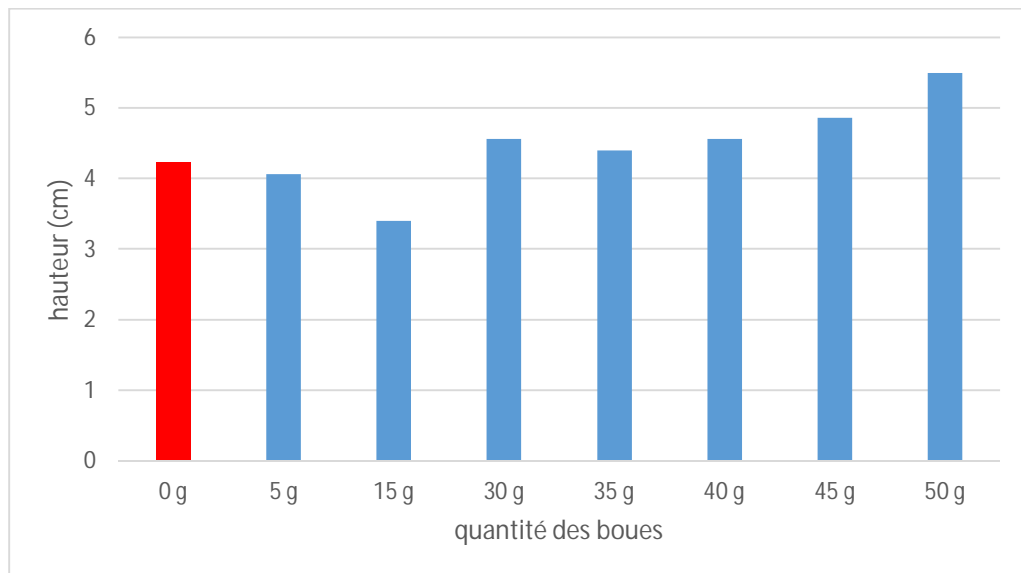


Fig IV.20 : Croissance de persil après 21 jours

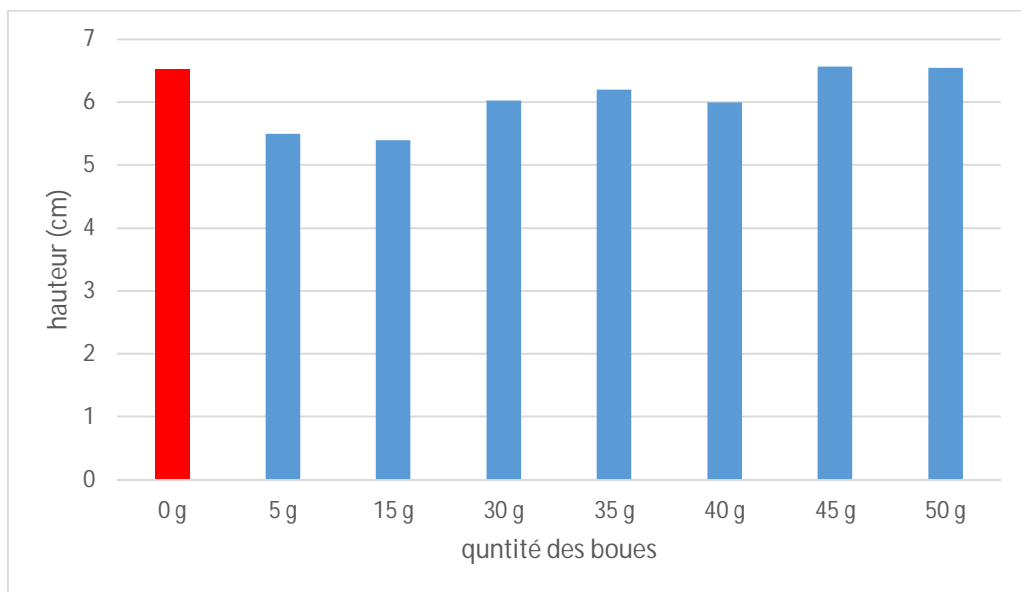


Fig IV.21 : Croissance de persil après 29 jours

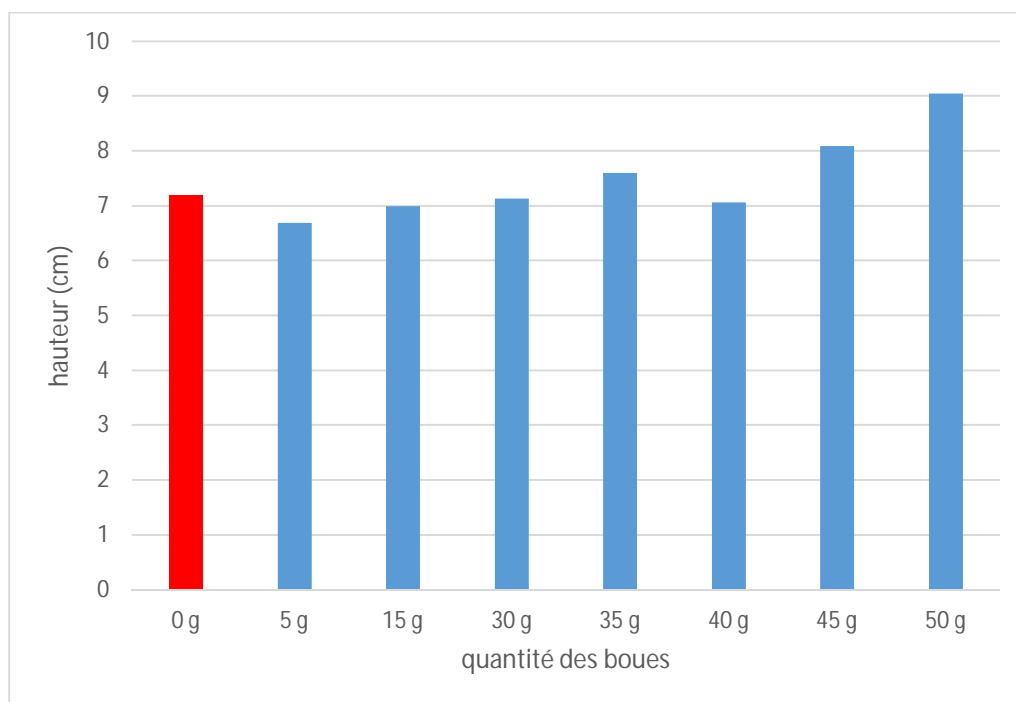


Fig IV.22 : Croissance de persil après 39 jours

IV.4.2 Les métaux lourds de persil :

IV.4.2.1 La partie aérienne : les résultats des métaux lourds de partie aérienne sont résumé dans le tableau suivant :

Tableau IV.9 : les résultats des métaux lourds de partie aérienne (en $\mu\text{g} / \text{g MS}$)

Substrats	Al	fer	Pb	Mn
0 g	0,85	4,02	0,11	0,11
5 g	0,87	4,3	0,1	0,12
10 g	0,9	4,41	0,12	0,1
15 g	0,98	4,49	0,13	0,12
20 g	0,9	4,55	0,12	0,11
25 g	1,03	4,6	0,13	0,12
30 g	1	4,65	0,12	0,12
35 g	1,02	4,76	0,11	0,12
40 g	1,02	4,72	0,14	0,15
45 g	1,05	4,75	0,14	0,14
50 g	1,1	4,8	0,14	0,13

IV.4.2.2 La partie racinaire :

Tableau IV.10 : les résultats des métaux lourds de partie racinaire (en $\mu\text{g} / \text{g MS}$)

substrats	Al	Fer	Pb	Mn
0 g	0,7	3,9	0,3	0,3
5 g	0,68	3,92	0,31	0,3
10 g	0,67	3,95	0,36	0,3
15 g	0,72	4	0,35	0,3
20 g	0,77	3,99	0,36	0,3
25 g	0,8	4	0,39	0,3
30 g	0,8	4,02	0,4	0,3
35 g	0,8	4,01	0,39	0,3
40 g	0,82	4,12	0,41	0,3
45 g	0,84	4,2	0,41	0,3
50 g	0,82	4,19	0,42	0,3

Après les résultats obtenue des métaux lourds dans les deux partie du persil on remarque que pas d'accumulation important dans les conditions qu'on a travaillons.

Les analyses physico-chimiques des boues de la station d'épuration S .E .G et des différents mélanges nous ont permis en premier lieu de s'assurer que ces dernières ne sont pas toxiques pour les plants (persil)car elles renferment une quantité très minime de métaux lourds, et cette quantité est largement inférieure aux normes AFNOR. Donc les boues de STEP de SEG pas d'effet inhibiteur sur là croissance de persil.



**CONCLUSION
GENERALE**

Conclusion

CONCLUSION

Quelque soit le système d'épuration adopté, le traitement des eaux usées s'accompagne d'une production de quantité des boues non négligeables dont il faut les utiliser à travers une transformation secondaire. Il peut arriver qu'on retrouve dans les boues produites un certain nombre d'éléments biologiques, organiques ou métalliques.

Les résultats obtenus tout au long de ce travail nous permettent d'affirmer que les boues résiduelles de la station de Sour el Ghoulane peuvent être valorisées.

Le sol est le milieu récepteur d'une grande variété de déchets produits par l'activité humaine ; c'est le cas des boues de stations d'épuration des eaux usées urbaines qui peuvent être éliminées et valorisées en agriculture. Cependant, ces boues renferment parfois des quantités importantes de métaux lourds. L'évaluation de l'impact des épandages de boues sur les sols demande le développement de méthodes d'analyses et d'études, en laboratoire et sur le terrain, qui permettent de prévoir les possibilités de mobilisation et d'accumulation des métaux apportés par les boues.

Notre travail concerne l'étude de l'effet des boues résiduelles de la station d'épuration de Sour el Ghoulane sur le persil pour avoir son impact sur la productivité de certains paramètres phénologiques de la plante et aussi sur quelques propriétés physico-chimiques du sol et la valorisation des boues résiduelles des stations d'épuration des eaux usées d'autre part. Pour cela, nous avons apporté 11 doses croissantes des boues résiduelles (5-50g) et un témoin sans apport des boues. .

Les principaux résultats obtenus montrent un effet non significatif de l'épandage des boues résiduelles sur le développement et la productivité de persil d'une façon générale, le témoin a déterminé globalement un meilleur comportement par rapport aux autres doses.

Tous ces résultats restent au stade expérimental, mais restent tout de même significatifs car ils ont apporté un plus par rapport à ceux obtenus chez le témoin, chose qui pourrait être bénéfique et en même temps encourageante pour les chercheurs, qui veulent trouver un moyen pour recycler les boues résiduelles. Donc les boues peuvent, en quelque sorte, avoir un rôle écologique, qui se résume dans l'amélioration de la texture du sol, et économique du fait que ces boues résiduelles ne sont pas coûteuses comparées aux engrais.

Mais la direction de l'agriculture préfère l'utilisation des boues comme engrais qui sera utilisé pour l'horticulture.

Conclusion

Ce double rôle doit nous pousser à élargir notre champ d'action en rapportant ces résultats obtenus au laboratoire et essayé de les concrétiser et de les appliquer sur terrain



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

[1] - (ONA), Station d'épuration des eaux usées de SEG, (2009)

[2] - Réalisation de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Sour El Ghozlane, Groupement EPPM/El Moustakbel/Bonna, 21/06/2005.

[3] - SIDI MOHAMED. TELLI , Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA)- Tlemcen, Mémoire du Master, Génie énergétique et environnement, Université de Tlemcen, Soutenu le ,19 Septembre 2013.

[4] - Manuel D'épuration et entretien de la station d'épuration des eaux usées, Sour El Ghozlane, Bouira, Algérie.

[5] - Nadia. RAMDANI, Contribution à l'étude des boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduaires, Effet sur la fertilité d'un sol sableux, Mémoire de magistère en science de l'environnement et climatologie, université d'Oran, 2007.

[6] - Samira KAROUNE, Effets des boues résiduaires sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber* L), Mémoire de magistère en Ecologie Végétale, Université Mentouri Constantine. **Soutenu en 2008.**

[7]- Mohammed Saïd .Metahri, élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes .cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou, thèse de doctorat en agronomies, université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou .**Soutenu 01-07-2012.**

[8] - Christophe Dagot , Julien Laurent,Module d'enseignement ASTEP, Version 1.0, p88. **25/03/2014**

[9] -Zohra. FEDDANE, Kheira HALIMI, Valorisation des boues de la station d'épuration du complexe GP1/Z en engrais. Mastère II, Université d'Oran Mohamed Boudiaf « USTO-MB », **2013-2014.**

[10] - Revue des filières de traitement/valorisation des boues, Critères de choix d'une filière adaptée et arbre de décision associé, RECORD 05-0132/1A, p 57, **septembre 2007.**

[11] - Dégagement, Mémento technique de l'eau, 9ème édition, p 119-130,**1989**

[12] - Jean RODIER, Analyse de l'eau ,9ème édition, pp 419 ; 1066 ,**2009**

BIBLIOGRAPHIE

- [13] - A .N'Dayegamiye, A. Drapeau, S. Huard et Y. Thibeault , Intégration de boues mixtes et de fumiers dans des rotations agricoles , Réponse des cultures et interactions avec les propriétés du sol, Agrosol, 15 (2), p 83-90, **2004**.
- [14] - Amel keltoum . HOUAIDJI, Ame l. REBAH, utilisation des boues résiduelles de la STAOUELI comme amendement pour sol, .mémoire d'ingénieur en écologie et environnement, université de la science et de la technologie HOUARI BOUMADIENNE ,**2004**.
- [15] - Dégagement, Mémento technique de l'eau, p1236, 8ème édition, **1978**(relié).
- [16]-Salah Eddine. Roula, caractérisation physico-chimique et valorisation des boues résiduelles urbaines pour confection de substrat de culture en pépinière hors –sol, Mémoire de magistère en science agronomique, Batna ,**2005**.
- [17] - Zouleikha .Guerfi ,Impact de l'utilisation des boues résiduelles sur les propriétés physico-chimique des sols de la haute Vallée de la Medjerda wilaya de Souk Ahras, Mémoire Magistère en écologie et environnement, Université Badji-Mokhtar Annaba ,**2012**.
- [18] - C .TAUZIN, C. JUSTE, Effet de l'application à long terme de diverses matières fertilisantes sur l'enrichissement en métaux lourds des parcelles , Rapport du contrat 4084/93 Ministère de l'environnement, France ,**1986**.
- [19] - A.F.E.E, Assainissement industriel en station d'opération des eaux usées urbaine, p122, paris,**1974**
- [20] - Fatma .Drouiche , Contribution à l'étude des boues résiduelles comme amendement organiques pour les cultures maraichères, magistère, Université d'Oran, **2011-2012**.
- [21] - Sabrina .ATI ,Etude de l'effet des boues résiduelles sur sol cultivé :Dynamique du phosphore et son utilisation en zone semi – aride, mémoire de magistère en science agronomique , Université El Hadj Lakhdar. Batna.**2010**.
- [22] - ADEME, Les boues d'épuration municipale et leurs utilisations en agriculture, Dossier documentaire, 3 (1) Ademe, Angers. **2001**
- [23] - Soumia. Amir , contribution à la valorisation des boues de station d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost, Thèse de doctorant en science Agronomie l'institut national polytechnique de toulouse, France, soutenue le **14 mars 2005**.
- [24]- Faouzi .Ben Rebah , utilisation des boues d'épuration comme milieu de culture pour la production d'inoculants à base de rhizobium, Thèse de doctorant en Sciences de l'eau, Université du Québec INRS-Eau, soutenue le **16 octobre 2001**.

BIBLIOGRAPHIE

[25] - Anne Tremel- Schaub et isbelle Feix ,Contamination des sols

Transferts des sols vers les plantes ADEME Éditions2, pp10 ; 33,**2005**.

[26] : remy. albrecht , Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique , Thèse de doctorant en Sciences de l'Environnement , université Paul Cézanne Aix-Marseille III , France,**11 mai 2007**

[27] : Sébastien Renou, Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées Thèse de doctorant en Génie des procédés, Institut national polytechnique de lorraine,**4 janvier 2006** .

[28] : Khalfaoui Amel : Etude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Matériaux Naturels : Application aux Peaux d'Orange et de Banane., Thèse de doctorant en Génie des procédés, Université MENTOURI de Constantine, 2012.



ANNEXES

ANNEXES

METHODE D'ANALYSE DES BOUES ET DES SOL :

1-Détermination de potentiel redox (pH) et conductivité :

Mode opératoire :

- On pèse un échantillon de boue (10g) dans capsule tarée.
- On ajouté 100 ml de l'eau distillée
- la mélange s'effectue par agitation légère à l'aide d'un agitation magnétique pendant deux heures .laisser le mélange se décantée pendant deux heures .

La mesure de pH et conductivité c'effectué à l'aide d'un Conductimètre multi-paramètre (PH, T°, conductivité).

2-Détermination des la matière sèches :

Objectif :

Vérification de séchage des boues extraites pour les évacuer et l'efficacité des lits de séchage, sachant que le taux d'humidité final après 5 à 6 jours de séchage devrait être de 60%.

Mode opératoire :

- on introduire dans une coupelle en porcelaine de poids connue (p_0), une quantité de boue.
- on pèse de nouveau la coupelle : c'est le poids (p_1)
- la différence (p_1-p_0) correspondant au poids de boues humide.
- on place le coupelle dans une étuve à 105°C jusqu'à évaporation totale de l'eau.
- refroidir au dessiccateur puis peser c'est le poids P_2 .

La siccité est le pourcentage de MS par rapport au poids de boues humide

La différence (p_2-p_0) détermine le poids de MS.

$$\text{MS} = (p_2 - p_0) / (p_1 - p_0) * 100 \%$$

Remarque :

On peut déterminer le taux d'humidité selon la relation

$$\text{HU} = 100 - \text{MS}$$

ANNEXES

3-Détermination de la matière volatile :

Objectif :

La teneur en matière volatiles des boues épaissies et des boues déshydratées ce facteur nous renseigne sur la stabilité de boues.

Mode opératoire :

- On pèse le creuset séché à 105°C et note p_sg
- On introduit le creuset dans un four à moufle à 550°C pendant 2 heures.
- On fait sortir le creuset à l'aide d'une pince.
- On introduit le creuset dans un dessiccateur.
- On pèse le creuset et noter p_c g

$$MV = (ps - pc / ps) * 100$$

On peut déterminer la matière non volatile selon la relation :

$$MNV = 100 - MV$$

4- Détermination du carbone organique totale :(COT)

C'est le carbone contenu dans la matière organique, naturelle ou de synthés

Principe :

La Détermination du carbone organique totale se fait par le principe d'oxydation (la méthode ANNE modifié)

La matière organique est oxydée par $k_2Cr_2O_7$ en milieu acide.

L'oxydation se fait à chaud (chauffage à reflux), les échantillons soit maintenues pendant 5 minutes à ébullition pour que l'oxydation soit complète.

Les réactifs :

La solution oxydante $k_2Cr_2O_7$ à 8% + H_2SO_4 pur.

Préparation : 8g de bichromate de potassium dans 100ml d'eau distillée

Mode opératoire :

La prise d'essai ne doit pas contenir plus de 30 mg de carbone :

- Mettre l'échantillon dans un ballon de 100 à 150 ml.
- Ajouté 10ml de solution aqueuse de bichromate de potassium et 15ml de l'acide sulfurique .
- Laisser 5 minutes à l'ébullition lente à reflux.

ANNEXES

- Transvaser dans une fiole jaugée et amener à 100ml
- Rinçage du ballon.
- Prélever 20 ml dans un bécher et doser par le sel de Mohr.
- Essai témoin : le témoin est constitué des réactifs seuls selon le même mode opératoire.

Le dosage volumétrique au sel de Mohr :

Réactifs :

Solution titrée de sulfate ferreux ammoniacal 0,2N :

Dissoudre 78,5g de sulfate ferreux ammoniacal dans 500 ml d'eau distillée, ajouter 20ml d' H_2SO_4 pur, juste à 1 litre.

Solution sulfurique de diphénylamine dissoudre 0,5 g de diphénylamine en poudre dans 20ml de l'eau distillée. Ajouter lentement 100ml d'acide sulfurique pur, homogénéisé, conservé dans flacon brun fluorure de sodium pulvérisé.

Protocole d'analyse :

Verser 20 ml de solution d'attaque dans un bécher, ajouter 200 ml d'eau distillée, une pincée de fluorure de sodium et 8g goutte de diphénylamine.

Titrer par le sel de Mohr 0,2 N. Le virage se fait lentement du marron au bleu-violet, le point d'équivalence étant marqué par le passage brutal de violet au vert.

Le dosage du témoin permet de connaître la quantité de bichromate décomposé par chauffage.

La quantité de carbone présente dans l'échantillon est :

$$3,075 \cdot N \cdot (V - V') \cdot 5 / P \text{ en mg de C}$$

V : Le volume de sel de Mohr versé pour doser le témoin.

V' : Le volume de sel de Mohr versé pour doser l'échantillon.

N : Le titre de la solution de sel de Mohr

P : Le poids de la prise d'essai en g.

5-Dosage du calcaire actif

On met 1g de substrat dans un erlenmeyer de 250ml ; on ajoute 100ml d'oxalate d'ammonium (N/5), agiter mécaniquement pendant 2 heures et filtrer en rejetant les premiers ml du filtrant considéré comme impur.

ANNEXES

Prélever 22ml du filtrant clair dans un erlenmeyer de 250ml. Ajouter 100ml d'eau distillée et 5ml de H₂SO₄ concentré. Titrer avec KMnO₄ (N/5), continuer le titrage goutte à goutte : le virage est atteint si la coloration se maintient pendant au moins 50 secondes.

Pour le calcul du pourcentage du calcaire actif, il suffit d'appliquer la formule suivante :

$$\% \text{ CaCO}_3 \text{ actif} = 5(V' - V)$$

Où :

V' : volume de KMnO₄ ajouté au blanc

V : volume de KMnO₄ ajouté au sol

6-Détermination de la matière organique (MO) :

On met 1g de sol dans un erlenmeyer de 30ml, on ajoute 10ml de k₂Cr₂O₇, on agite pour disperser le sol, on ajoute 20 ml de H₂SO₄ et on agite pour assurer un mélange intime, on laisse reposer pendant 15 à 30 minutes.

On ajoute 200ml d'eau distillée, 10ml de H₃PO₄ et 1ml d'indicateur (diphénylamine), et on termine par la titration avec une solution de sulfate ferreux 1N (FeSO₄) jusqu'au virage de l'indicateur au vert .Un essai à blanc doit être effectué. Le pourcentage de la matière organique est déduit à partir de la formule suivante :

$$\text{MO}\% = 4.1725 \times (a - b) / a$$

Où :

a : volume en ml de la solution de FeSO₄ ajoutée au blanc.

b : volume en ml de la solution de FeSO₄ ajouté au sol.

7-Détermination de la capacité d'échange cationique (CEC)

La méthode utilisée est celle décrite par AFNOR (1994). Pour la préparation de la Solution du sol, on met 5g de sol dans un flacon, on ajoute 750mg de carbonate de calcium (CaCO₃) et 50ml de la solution d'oxalate d'ammonium, on agite pendant 3 heures et on laisse reposer 12 à 16 heures dans un réfrigérateur. Après ce temps, on prend 10ml de la solution du sol qu'on a préparé, on rajoute 10ml de NaOH, 190ml d'eau distillée et quelques gouttes du phénol phtaléine, dans un ballon d'un litre qu'on met dans une chauffe ballon.

Dans un bêcheur de collecte, on met 40ml d'acide borique, plus quelques gouttes

ANNEXES

D'indicateur de Tchiro. Dans la colonne de titration on met la solution de H₂SO₄. Au moment où la couleur violette vire au vert, on commence la titration par H₂SO₄ et on note le volume de ce dernier, puis on applique la formule de calcul suivante :

$$T = (V_2 - V_1) \times 2 \times C \times 50 \times 100 / m \times V$$

Où :

V₂ : volume du témoin

V₁ : volume de l

C : concentration de H₂SO₄ = 0.025mol/l

V : 10ml de la solution

8-Dosage de l'azote KJEDAHL :

Il ne permet pas de doser l'azote total mais seulement les composés non oxudés de l'azote, surtout l'ammoniaque et l'azote organique (pouvant être convertis en ammoniac par un solution d'acide sulfurique concentré)

Méthode titrimétrique après minéralisation et distillation

Principe :

Minéralisation des matières organique contenues dans la boue en présence d'acide sulfurique et d'un catalyseur à base de sélénium

- Entrainement à la vapeur de l'ammoniac libéré
- Dosage par titrimétrie directe ou en retour par H₂SO₄
- Prise d'essai de 50ml d'échantillon

Minéralisation :

- Prise d'essai dans un ballon KJEDAHL (500ml) muni d'un dispositif régulateur d'ébullition.
 - Ajoute de 1g de catalyseur (mélange de 995g de sulfate de potassium K₂SO₄ et 5g de sélénium en poudre).
 - ajoute de 10 ml d'acide sulfurique concentré.
 - placer un entonnoir.
 - porter lentement à ébullition et évaporer jusqu'à apparition de fumées blanches.
- Forcer ensuite le chauffage pendant au moins deux heures. Laisser refroidir à température ambiante.

ANNEXES

Distillation :

-transvaser si nécessaire dans l'appareil de distillation le contenu du ballon et les eaux de rinçage (200ml à 250ml).

-Introduire 50ml de NaOH (solution à 400g /l).

Dosage :

200ml de distillat transvasé dans un récipient contenant 10ml de solution d'acide borique (solution à 10 g /l) et 3 à 4 gouttes d'indicateur (100mg de rouge de méthyle et 500mg de vert bromocrésol dissous dans 500ml d'éthanol à 95 %) ; titrer en utilisant la solution titrée d'acide sulfurique.

Essai à blanc :

Dans la même condition de minéralisation et de dosage que pour la prise d'essai.

Expression des résultats

$$(V_1 - V_0) c * 1000 * 14 / p$$

En mg de N /Kg de boue et mg /de MS.

V_1 : volume de H_2SO_4 utilisé pour le dosage (ml).

V_0 : volume de H_2SO_4 utilisé pour le l'essai à blanc (ml).

9-Préparation de la solution pour les différentes analyses des métaux lourds (l'eau régale) :

Nous avons pris 1g de la boue poudre dans un bécher, nous avons ajouté 60 ml de HCl et nous avons chauffé ce mélange sur la plaque chauffante pendant une demi-heure avec une température de 200°C.

Verser le mélange dans une fiole de 1000 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau déminéralisée (pure).

RESUME

Le traitement des eaux usées s'accompagne de la production d'une quantité énorme de Boues résiduelles. Cependant, lorsque certaines valeurs limites en éléments métalliques sont dépassées, leur valorisation agricole devient interdite. L'objectif principal de cette étude est de déterminer les sources d'émission des métaux dans les eaux usées qui déclassent la qualité des boues. Plusieurs origines peuvent être identifiées tel que les activités domestiques, industrielles et urbaines. Dans une deuxième partie, on s'intéresse à étudier les contraintes d'exploitation dues à la présence de boues contaminées ainsi que le risque sanitaire et environnemental. Dans une autre partie, on s'intéresse à identifier les différentes filières de valorisation autre que l'épandage agricole. Finalement, on recensera les moyens de prévention en vue de préserver la qualité des boues.

MOTS CLES : boues d'épuration, métaux lourds, station d'épuration, réseau d'assainissement, eaux usées.

Abstract

Waste water treatment results in the production of large amounts of surplus sludge. However if certain limits for the content of heavy metals in sludge are exceeded their agricultural reuse become prohibited. The primary objective of this study is to determine the sources of metal emission in urban wastewater. Several origins could be identified such as domestic, industrial and urban activities. In the second part we will study the impact of contaminated sewage sludge on wastewater treatment and also on health and environment. Another part is devoted to identify the different ways of sludge reuse. Finally, we will quantify the measures that should be taken in order to keep low the heavy metal load.

KEYWORDS: Sewage sludge, heavy metals, wastewater treatment plant, sewer system, wastewater