

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed BOUDIAF - M'SILA

Faculté des Sciences
Département de Chimie
N° :...../2019



Domaine : Sciences de Matière
Filière : Chimie
Option : Chimie de l'environnement

Mémoire

Présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par :

BEN SAOUCHA Amira

TEBANI Soumia

MAROUF Samra

Thème

**Caractérisation physico-chimique
et valorisation d'une boue de station
d'épuration de M'sila**

Soutenu devant le jury composé de :

K. CHERIF

Université Mohamed Boudiaf- M'sila

Président

A. KHENICHE

Université Mohamed Boudiaf- M'sila

Rapporteur

M. DJEHICHE

Université Mohamed Boudiaf- M'sila

Examineur

2018-2019

REMERCEMENT

Avant toute, nous remercions Dieu, le tout puissant, pour nous donner la santé, la volonté et la patience pour accomplir ce mémoire.

*En premier lieu, nous remercions mon encadreur **Mr KHENICHE.A** d'avoir accepté de diriger ce travail par ses conseils, sa compétence et sa gentillesse.*

*Nous voudrions remercier **Mr CHERIFE.K** pour l'honneur qu'il nous avons fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous exprimons toute notre gratitude à **Mr M. DJHICHE** d'avoir accepté de faire partie de ce jury et d'examiner ce travail. Et je le remercie aussi pour sa générosité, son aide, et tous ses conseils scientifiques.*

Nous remercions tous les enseignants de département de chimie université de M'sila.

*Un grand merci pour **Mr ARIOUA.N** l'ingénieur des laboratoires de sciences de la matière (SM)*

Nous tenons à remercier aussi tous ceux qui de près ou de loin qui ont contribué à la réalisation de cette étude.

Nous remercions toute la promotion 2019

DÉDICACE

Avant tout c'est grâce à Dieu que je suis arrivé là.

Je dédie ce modeste travail :

*A la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai prononcé le premier mot, source de ma vie et mon bonheur, à **ma mère**.
A **mon père** qui m'ont soutenue tout au long de ma vie.*

A mon fiancé Hicham

A mes frères : Mohamad, Amin et Islam

A mes sœurs : Omayma, Aridj

A mes trinômes : Soumia, Samra.

A âmes sœurs : Abir bentayeb

*A toute la promotion science de chimie de
l'environnement 2018/2019*

Amira

DÉDICACE

Avant tout c'est grâce à Dieu que je suis arrivé là.

Je dédie ce modeste travail :

A la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai prononcé le premier mot, source de ma vie et mon bonheur, à ma mère. A mon père qui m'ont soutenue tout au long de ma vie.

*A mes frères : Abd ELGHANI et MOHAMAD et
BILLAL*

A mes sœurs : CHAHRA ZAD, BOUTHAINA

A mon oncle WALID.

A mes trinômes : SAMRA, AMIRA.

*A toute la promotion science de chimie de
l'environnement 2018/2019*

Soumia

DÉDICACE

Avant tout c'est grâce à Dieu que je suis arrivé là.

Je didie ce modeste travail :

A la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai prononcé le premier mot, source de ma vie et mon bonheur, à ma mère. A mon père qui m'ont soutenue tout au long de ma vie.

A mes grands-parents.

A mes frères : Oussama et Abd Elmoumen

A mes sœurs : Samah, Kanza, Farah et Roufaïda.

A mes trinômes : Soumia, amira.

A mes âmes sœurs : Fatma, Souhila .

*A toute la promotion science de chimie de
l'environnement 2018/2019*

Samra

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1
Chapitre I	
Etude bibliographique	
I. Généralité sur les boues	4
I.1. Définition des boues	4
I. 2. Composition des boues	4
I.2.1. Matière organique	4
I.2.2. Eléments fertilisants et amendements	4
I.2.3. Contaminants chimiques inorganiques et organiques	5
I.2.4. Les micro-organismes pathogènes	5
I.3. L'origine des boues urbaine	5
I.3. Traitement des eaux usées	5
I.4. Les différentes étapes des traitements des eaux usées	5
I.4.1. Le prétraitement	5
I.4.2. Le traitement primaire	6
I.4.3. Le traitement secondaire	6
I.4.4. Traitement tertiaires	7
I.5. Les boues d'épuration	7
I.5.1. Définitions d'une boue d'épuration	7
I.6. Les différents types de boue	8
I.6.1. Les boues primaires	8
I.6.2. Les boues biologiques	8
I.6.3. Les boues physico-chimiques	8
I.7. Les caractéristiques des boues	8
I.7.1. Les caractéristiques chimiques des boues	9
I.7.2. Les caractéristiques physiques des boues	10
I.8. Les métaux lourds	12
I.8.1. Définition	12
I.8.2. Les métaux lourds dans les boues	12
I.9. Les différentes filières de traitement des boues	13

I.9.1 Epaississement	13
I.9.2. La stabilisation	14
I.9.3. La déshydratation	15
I.9.4. Conditionnement	17
I.10. Valorisation des boues	17
I.10.1. Valorisation organique	17
I.10.2. Valorisation énergétique par combustion	18
I.11. Les impacts des boues sur l'environnement	18

Chapitre II

Matériels et méthodes

II. Introduction	21
II. 1. La présentation de la zone d'étude (STEP de la ville de M'sila)	21
II.2. Description générale de la Station d'épuration	21
II.3. Le procédé d'épuration de la STEP de M'sila	22
II.3.1. Le traitement préliminaire (prétraitement)	22
II.3.2 Le traitement secondaire	23
II.3.3 Le traitement tertiaire	23
II.3.4 Le traitement des boues	23
II.3.5 La déshydratation des boues	23
II.4. Origine des boues étudiée	23
II.5. Description des boues étudiées	24
II.6. Prélèvement des échantillons	24
II.7. Conditionnement des échantillons	24
II.8. Préparation des échantillons aux analyses	24
II.9. Techniques expérimentale	25
II.9.1. Caractérisation physique- chimiques	25
II.9.1.1. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)	25
II.9.1.2. Détermination de la conductivité électrique (CE)	26
II.9.1.3. Mesure de l'humidité	26
II.9.1.4. Dosage du calcaire actif (CaCO ₃)	26
II.9.1.5. Dosage du calcaire total (CO ₃ Ca), (Méthode de calcimètre de Bernard)	27
II.9.1.6. Capacités de rétention	29
II.9.1.7. La siccité	29
II.9.1.8. Teneur en matière sèche (MS) et en eau	29
II.9.1.9. Détermination du taux de la matière organique	29
II.9.1.10. Dosage de chrome	30

II.9.1.11. Les nitrates (NO_3^-)	30
II.9.1.12. Dosage des nitrites (NO_2^-)	31
II.9.1.13 Analyses granulométrique	31

Chapitre III

Résultats et discussion

III. Interprétation des résultats des analyses physico- chimiques de la boue	34
III.1. Le potentiel en hydrogène(pH)	34
III.2. L'Humidité	35
III.3. Conductivité électrique	36
III.4. Calcaire totale	36
III.5. Calcaire actif	37
III.6. Matière organique	38
III.7. Capacité de rétention	38
III.8. La siccité	39
III.9. La teneur de chrome	40
III.10. La teneur de nitrate	42
III.11. Teneur de nitrite	43
III.12. Analyse granulométrique de l'échantillon étudié	44
Conclusion	46
Référence bibliographique	
Résumé	

Listes d'abréviations

STEP : Station dépuration des eaux usée /station de traitement des eaux polluées.

ONA: L'office national de l'assainissement.

MES: Matière en suspension.

MS: Matière sèche.

MV: Matière volatile.

MO : Matière organique.

Abs : Absorbance.

Cr²⁺: Chrome.

NO₂⁻ : Nitrite.

NO₃⁻ : Nitrate.

KMnO₄ : Permanganate de potassium.

H₂SO₄ : Acide Sulfurique.

pH : potentiel en Hydrogène .

CE : Conductivités électronique.

ETM : éléments traces métalliques.

H₂O : l'eau.

CH₄ : méthane.

CO₂ : dioxyde de carbone.

N: azote.

P: phosphore.

Na: sodium.

K : potassium.

S : soufre.

H : Hydrogène.

O : Oxygène.

CaCO₃ : carbonate de calcium.

HCL : Acide chlorhydrique.

CaCl₂ : chlorure de calcium.

EDTA : acide éthylène-diamine-tétra-acétique.

NH₃ : ammoniac.

AgNO₃: nitrate d'argent.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1. Shéma d'un traitement préliminaire d'un STEP.	9
Figure I.2. Shéma de traitement d'épuration L'ONA.	7
Figure I.3. Epaisseur gravitaire.	14
Figure I.4. Bassin de stabilisation de la station d'épuration.	15
Figure I.5. le procédé filtre bande.	16
Figure I.6. Shéma de lit séchage.	16
Figure I.7. Technique de traitement des boues et leur destination.	18

Chapitre II

Figure II.1. Situation géographique de la STEP de M'sila	21
Figure II.2. Vue en plan de la STEP (Image satellite Google Earth).	22
Figure II.3. Les processus d'épuration des eaux usées urbaines dans la STEP de M'sila.	23
Figure II.4. broyage de les échantillons.	25
Figure II.5 : Appareil de calcimètre	28
Figure II.6 : Boue dans un four à moufle	30
Figure II.5 .analyse granulométrique par tamisage	32

Chapitre III

Figure III.1. Evolution de pH dans les différents échantillon.	35
Figure III.2. Evolution de l'humidité dans la boue.	36
Figure III.3. Evolution des calcaire total dans la boue.	37
Figure III.4. Evolution de calcaire active dans la boue.	37
Figure III.5. Evolution de matière organique.	38
Figure III.6. Evolution Capacité de rétention.	39
Figure III.7. Evolution de la siccité.	40
Figure III.8. Courbe d'étalonnage du dosage du chrome.	41
Figure III.9. Courbe étalonnage du nitrate.	42
Figure III.10. Courbe étalonnage de nitrite.	43

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 . Défférent type des boues de STEP.	9
Tableau I.2.Le teneur de matière sèche dans les boues.	2
Tableau I.3.Le teneur de la siccité.	11
Tableau I.4.Les valeurs limites des métaux lourds dans les boues.	13

Chapitre II

Tableau II.1. Fiche technique de la station d'épuration	22
---	----

Chapitre III

Tableau III.1.Résultats des analyse physico-chimique des boue.	34
Tableau III.2.concentration de chrome dans les échantillon.	41
Tableau III.3.Concentration de l'échantillon du nitrite.	42
Tableau III.4.Concentration du nitrate dans l' échantillon.	43
Tableau III.5.Résultats d'analyse granulométrique.	44

Introduction

L'eau est un élément vital dans notre vie quotidienne, il est utilisé par l'homme à l'échelle domestique ou industriel génère incontestablement des déchets .En effet les accroissements démographique, économique et urbain sont à l'origine de différentes sources de pollution notamment des eaux, qui usées et sans traitement préalable peuvent jouer le rôle de vecteur d'agents potentiellement dangereux pouvant nuire à la santé de l'homme et à son environnement. Ces eaux usées sont recueillies par les égouts et dirigées vers les stations d'épuration afin d'être traitées avant leur réintroduction dans le milieu naturel. Leur traitement dans les stations permet de séparer une eau épurée d'un résidu secondaire, les boues qui présentent les caractéristiques d'un amendement organique bien pourvu en matière organique, azote, phosphore ainsi qu'en oligo-éléments.

En Algérie, le gisement actuel de boues urbaines est vient d'être important, à titre indicatif, à fin 2015, la production des boues, au niveau des 58 STEP de type boues activées gérées par l'ONA, est de 54 000 tonnes de matières sèches par an, et a atteint en 2016, une quantité de 90 000 tonnes de matières sèches par an, produites par 63 stations à boues activées [1]. Parallèlement à cette évolution croissante de la quantité de boues à traiter, les débouchés pour leur élimination sont de plus en plus restreints. En effet, compte tenu de l'absence de réglementation qui ajuste l'utilisation des eaux épurés. Aujourd'hui, il existe une norme qui nous permet de valoriser les eaux épurées dans l'agriculture, mais il est actuellement non possible d'en tirer profit vu que cette eau c'est considérée comme un déchet. Le devenir des boues est donc un problème préoccupant. La voie de recyclage privilégiée est l'épandage agricole en raison des effets positifs des boues sur les propriétés physico-chimiques des sols (structure, stabilité) [2]. Actuellement en Algérie, les teneurs limites admissibles dans les boues de stations d'épuration pour les métaux, les composés organiques et dans le cas de boues hygiénisées, les micro-organismes pathogènes, sont fixées par l'arrêté du 21juin2009(Journal officiel). Les seuls polluants organiques pris en compte sont les HPAs (hydrocarbures polycycliques aromatiques) et les PCBs (hydrocarbures polycycliques aromatiques halogénés de type polychlorobiphényles). De nombreuses d'études ont été réalisées sur le suivi des micropolluants organiques dans les boues [3]. et les polluants d'origine métaux lourds, mais également sur le transfert de ces composés vers le sol et les plantes [4].

Dans cette optique, nous sommes intéressés essentiellement à réaliser une étude sur les propriétés physico-chimiques de la boue de la station d'épuration de M'sila, afin d'obtenir une idée sur le taux de polluants les plus caractéristiques de cette échelle.

Afin d'approfondir les connaissances sur le contenu de polluant d'un large panel de boue résiduaire d'épuration d'origine variée (domestiques, industrielles et agro-alimentaires).

Ce mémoire a été divisé en trois parties. La première partie est une synthèse généraliste sur l'étude des boues de station d'épuration. Elle part du fonctionnement d'une station d'épuration vers une revue bibliographique des méthodes de caractérisation du contenu organique des boues, via une présentation des voies possibles de recyclages de ces déchets

La deuxième partie présente les protocoles de préparation et d'analyse des échantillons utilisés dans le cadre de ce mémoire. La méthodologie analytique appliquée pour l'analyse de différents polluants qu'en peut contacter.

Chapitre I

Etude bibliographique

I. Généralité sur les boues

I.1. Définition des boues

Les boues sont définies comme un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent. Elles sont issues du traitement des eaux usées domestiques et/ou industrielles. En effet, l'eau consommée ou utilisée par l'homme à l'échelle domestique ou industrielle génère inévitablement des déchets. Les eaux usées sont recueillies par les égouts et dirigées vers les stations d'épuration afin d'être purifiées avant leur réintroduction dans le milieu naturel [4].

Les grandes catégories de boues sont constituées :

- Des boues urbaines.
- Des boues industrielles.

I. 2. Composition des boues

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration [5].

I.2.1. Matière organique

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

I.2.2. Eléments fertilisants et amendements

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésium, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle en potassium. Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux [7].

I.2.3 Contaminants chimiques inorganiques et organiques

Ces mêmes éléments traces métalliques (cuivre, le zinc, le chrome et le nickel) indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses D'autres, tels que le cadmium et plomb sont des toxiques potentiels Ainsi, un polluant peut-être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. [8].

I.2.4 Les micro-organismes pathogènes

Les boues contiennent des milliards des microorganismes vivants qui jouent en tout un rôle essentiel dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes, etc.) et provient en majorité des excréments humains ou animaux [9].

I.3. L'origine des boues urbaine

I.3.1. Traitement des eaux usées

Les eaux usées représentent toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxique qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux des pluies et leur charge polluante engendrant au milieu récepteur toutes sorties de pollution et de nuisance [10].

Les eaux usées sont classées en quatre types :

- **Les eaux usées domestiques** : produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères.
- **Les eaux usées industrielles** : qui proviennent des locaux utilisés à des fins industriels commerciales, artisanales ou des services,
- **Les eaux pluviales** : qui proviennent des précipitations atmosphériques, elles sont chargées des matières minérales en suspension.
- **Les pollutions d'origine agricoles** : qui proviennent des terres cultivées après

Les sivages et ruissèlement, ces eaux sont riches en éléments fertilisent [11].

I.4. Les différentes étapes des traitements des eaux usées

I.4.1. Le 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 :

- **Le dégrillage** : est la première étape de traitement des eaux, son objectif est la Séparation des grosses particules, des plastiques, des fibres, etc.
- **Le dessablage** : Il a pour objectif l'extraction des sables et des substances minérales Ceci afin d'éviter l'abrasion et le colmatage des installations
- **Le déshuilage** : Consiste à séparer les produits de densité inférieure à l'eau par effet de flottation [12].

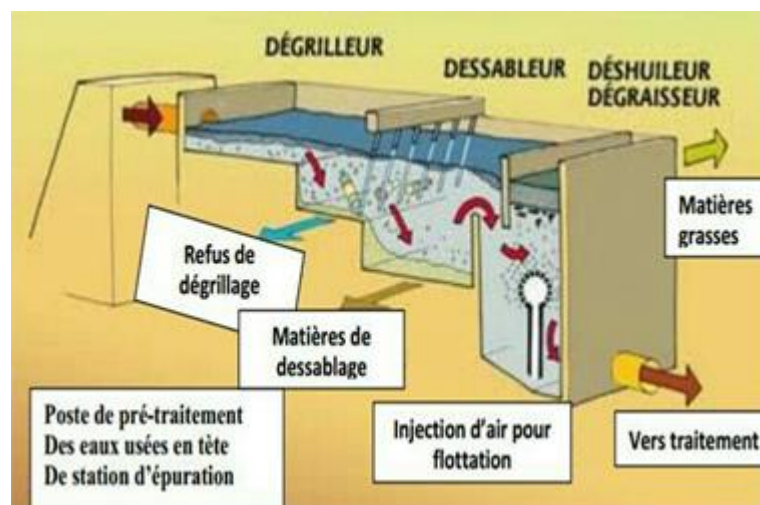


Figure I.1:Schéma d'un traitement préliminaire d'un STEP.

I.4.2. Le traitement primaire

Il consiste à éliminer une grande partie des matières en suspension qui n'ont pas été retenues par dégrillage ou dessablage. Ces particules ont généralement des densités relatives proches de 1 et leur vitesse de décantation est plus faible que celle du sable.

Il est nécessaire des décanteurs relativement grands avec des volumes qui correspondent à des temps de séjour hydraulique (TSH) de quelque heure [13].

I.4.3. Le traitement secondaire

Pendant ce traitement s'effectue principalement la dégradation de la matière organique. Des procédés biologiques (aérobie, anaérobie) et physico-chimique (Coagulation /floculation) peuvent être mis en place. Le principe de procédés biologiques est de faire dégrader les substances organiques présentes dans l'eau par les microorganismes qu'elle contient [12].

I.4.4. Traitement tertiaires

L'expression (traitement tertiaire) peut désigner plusieurs types de traitement ou différentes fonctions en vue d'atteindre un niveau de traitement de qualité supérieure à ce que l'on pourrait normalement atteindre d'un traitement secondaire. Le traitement tertiaire peut viser un enlèvement plus poussé pour des paramètres conventionnels comme les matières en suspension ou encore certains paramètres pour lequel il y a peu d'élimination dans un traitement secondaire comme le phosphore, les nitrates...etc. Parmi les étapes qu'on peut trouver dans un traitement tertiaire La déphosphoration, La désinfection et La dénitrification [11].

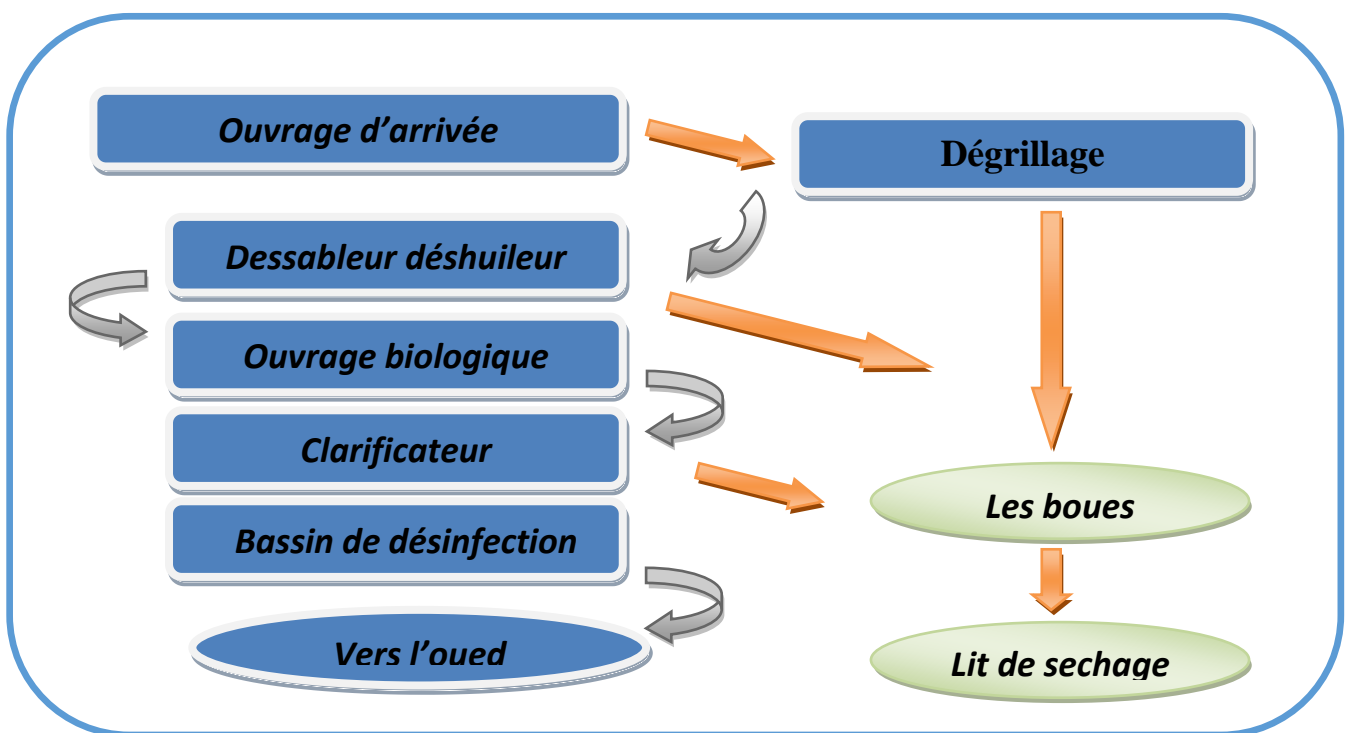


Figure I. 2:Schéma de traitement d'épuration L'ONA.

I.5. Les boues d'épuration

I.5.1. Définitions d'une boue d'épuration

Les boues des stations d'épuration sont des produits résiduaux qui résultent du traitement des eaux usées dans la station d'épuration. Les effluents urbains, comprennent les eaux résiduaires urbaines d'origine domestiques et éventuellement industrielle et les eaux pluviales, subissent un traitement de dépollution avant leur rejet dans le milieu naturel. L'épuration consiste essentiellement à éliminer les pollutions organique, minérale des effluents et par le biais de divers prétraitements et traitements [14].

I.6. Les différents types de boue

Au cours des traitements primaires et secondaires des boues sont produites, elles sont classées en trois grandes catégories de boues urbaines [15].

I.6.1. Les boues primaires

C'est les boues de traitement primaire appelées boues fraîches, elles sont obtenues au niveau de décanteur primaire par simple décantation des matières en suspension (MES) contenue dans les eaux usées [14].

I.6.2. Les boues biologiques

Ce sont les boues issues du traitement biologique des eaux usées. Elles sont issues des purges en sortie des bassins d'aération et sont également appelées boues activées en excès. On distingue aussi :

a. les boues mixtes

C'est le mélange des boues biologiques et des boues primaires. Ce mélange est généralement réalisé avant la stabilisation des boues [16].

b. les boues d'aération prolongée

Ces boues existant au niveau de STEP sans décantation primaire. Elles sont moins organiques et donc produisent moins des nuisances ultérieures [14].

I.6.3. Les boues physico-chimiques

Sont générées par l'ajout d'un réactif injecté soit en tête de traitement, soit en traitement de finition, en tertiaire, on retrouve souvent dans ces boues des oxydes, voire d'autres métaux dans le cas des industries des traitements des surfaces. Ces boues peuvent donc présenter certaine similitude avec des boues d'eau potable [16].

Tableau I.1 . Défférent type des boues de STEP.

Type de boue	Boues primaires	Boues biologiques (boues secondaire ou boues activées)	Bouesmixtes	Bouesphysico chimiques
Origine	Traitement primaire par decantation	Traitementbiologi que secondaire	traitement primaire et secondaire	décantation après traitement avec un réactif
Composition organique	Matière inorganique	Composition organique avec un petit pourcentage de compose inorganique.	Mélange de boues primaire et biologique	
couleurgrisesic cité 5%	Couleur grise siccité 5%	Boue granulaire de couleur brun-jaunâtre pulvérulente et de decantation difficile 1-2%	Siccité 5%	Siccité 4-5%

I.7. Les caractéristiques des boues

I.7.1. Les caractéristiques chimiques des boues

I.7.1.1. Les éléments nutritifs :

Les boues contiennent certains éléments utiles à la croissance des plantes, il s'agit des teneurs en azote total, phosphore, potassium et le Magnésium, 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 épandage direct, soit par compostage avec les ordures ménagères.

- **Teneur en azote (N)**

L'azote est un élément auquel le rendement de la production végétale est le plus sensible tant par excès que par défaut, ce qu'il est l'un des éléments qui permet de valoriser le plus de boue. L'azote se trouve dans des boues sous différentes formes plus ou moins rapidement assimilable par la plante. L'azote de la matière en suspension est essentiellement organique, celui contenu dans la phase liquide et souvent sous forme minérale représentée par l'ammonium ou nitrate [17].

- **Teneur en phosphore (p)**

Le phosphore des boues représente de 3 à 8% de matière sèche. Il se trouve pour l'essentiel dans la phase solide des boues sous forme minérale et peut donc être assimilé rapidement par les plantes, le taux d'assimilabilité est donc de l'ordre de 60 à 80% [18].

- **Teneur en potassium (k)**

En règle générale, les boues sont pauvres en potassium qui n'est pas retenu lors du traitement des eaux résiduaires et même l'épandage des fortes doses des boues ne dispense pas l'agriculteur d'apporter un engrais minéral potassique [16].

- **Teneur en sodium (Na)**

Le sodium est présent dans les boues à des quantités faibles (0.4% de la matière sèche en moyenne). Cependant, les teneurs apportées en cet élément ne seraient pas de nature à entraîner des effets préjudiciables au niveau de la structure des sols fragiles en cas d'épandages raisonnés [19].

I.7.1.2. Matière organique

Par tonne de matière sèche, une boue à 6% de matière contient à peu autant de matière organique (carbone) qu'un fumier mais sa nature est différente. Dans le fumier, elle est constituée de lignine et de la cellulose, dans les boues, ce sont des corps microbiens et des produits de métabolisme. Il s'agit donc de carbone organique contenu stable peu ou lentement biodégradable.

I.7.2. Les caractéristiques physiques des boues

A la sortie de la station d'épuration, les boues renferment beaucoup d'eau, par des procédés mécaniques ou elles peuvent perdre une partie de l'eau et prendre l'un des états physiques dans le tableau suivant :

Tableau I.2. Le teneur de matière sèche dans les boues.

L'état physique	La teneur de matière sèche
Liquide	2 à 10 %
Pâteuse	15 à 25
Solide	25 à 50
Poudre	Plus de 85%

- **La viscosité**

Les boues ne sont pas des liquides newtoniens, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement, cette viscosité permet de définir leur caractère Thixotropes qui est important pour leur transport .

- **La siccité**

Les boues sont constituées d'eau et de matière sèche. La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90% [20].

Tableau I.3. Le teneur de la siccité.

Boues liquide	0-10%
Boues pâteuses	10-25%
Boues solides	25-85%
Boues sèches	Supérieure à 85%

- **Le pouvoir calorifique**

Les teneurs en matières organique des boues leur donnent une aptitude à la combustion non négligeable qui permet de l'incinérer [15].

- **Le pouvoir calorifique inférieur**

Son importance est primordiale en incinération, généralement exprime par rapport aux COV, il est relié au C, H, N, O, S, par écriture de la stœchiométrie de combustion.

- **La teneur de matières volatile**

On mesure cette teneur par la différence entre le poids de boues sèches (105°C) et celui de cette même boue après le chauffage jusqu'au poids constant à 550°C, cette teneur varie de 60 à 85 % des matières sèches [21].

I.8. Les métaux lourds

I.8.1. Définition

Un métal est une matière issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal doté un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, pas biodégradable et toxique cumulatif (accumulation dans les tissus des organismes vivants), se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie. La notion d'éléments des traces métalliques ou (ETM) tend à remplacer celle des métaux lourds qui a été et qui reste un concept mal défini il s'associant des métaux toxiques réellement lourds avec d'autres l'étant moins [22].

I.8.2. Les métaux lourds dans les boues

L'importance des métaux lourds dans les boues dépend de l'importance des métaux lourds dans les eaux entrant en station issues elles-mêmes de quatre origines : des activités domestiques, de l'activité urbaine, de l'activité commerciale (ex: laboratoires) et de l'activité inertielle. Cette importance est surtout liée aux effectifs (taille de la population ont raccordée au réseau assainissement), et au type d'activité.

Les éléments traces évoluant sous différents états physiques : sous l'état particulier (matières solides décantable), sous un état colloïdal matière solides non décantables et sous un état dissous 45% de plomb, du zinc, du cadmium du chrome, se trouvent à l'état dissous dans les eaux usées, et sont par conséquent difficilement éliminable [22].

La concentration des métaux dans les boues dépend du type de l'eau résiduaire qui est traité, le cadmium, Chrome, plomb, Nickel, mercure, argent et zinc peuvent être présents [23].

Tableau I.4. Les valeurs limites des métaux lourds dans les boues.

Métaux	La valeur limite dans les boues (ppm) MS
Cadmium	10
Chrome	1000
Cuivre	1000
Plomb	800
Mercure	16
Nikel	200
Zinc	3000
Chrome + Cuivre +Nikel +Zinc	4000

I.9. Les différentes filières de traitement des boues

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.
- La déshydratation.
- Le séchage.
- Le conditionnement [24].

I.9.1 Epaississement

L'épaississement est la première étape du traitement par concentration, il réduit le volume à transférer sur la filière et permet d'obtenir une boue dont la concentration varie de 15 à 100 g/L.

a. L'épaississement statique gravitaire

Il s'effectue par décantation dans une cuve cylindrique à fond conique, sous la seule action de la pesanteur, la boue épaissie est évacuée par le bas.

b. L'épaississement dynamique

Il est réalisé sous l'action de forces mécaniques, et s'effectue selon différentes méthodes :

- **Par flottation** : de fines bulles d'air permettent à la boue de remonter en surface, par captation. Ce procédé est principalement réservé aux boues biologiques de faible densité.
- **Par égouttage** : la boue flocculée est épaissie par égouttage sur une toile filtrante.
- **Par centrifugation** : la boue flocculée est épaissie sous l'effet de la force centrifuge [25]



Figure I. 3.Épaisseur gravitaire.

I.9.2. La stabilisation

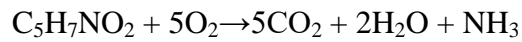
Vise la neutralisation des matières organiques susceptibles de subir des phénomènes de fermentation. Quand la composition des boues reste constante au cours du temps, celle-ci sont alors dites stabilisées. La stabilisation peut être biologique aérobie ou anaérobie ou par stabilisation chimique [26].

La stabilisation elle permet d'éliminer 20 à 50% de la matière organique. Elle peut se faire par :

- **Digestion anaérobie** : celle-ci a lieu dans le digesteur où les matières organiques subissent une transformation en dioxyde de carbone et méthane avec également.



- **Digestion aérobie**: c'est une transformation de la matière organique par oxydation en milieu aérobie avec dégagement de chaleur et production des dioxydes de carbone, pour cela les boues séjournent dans des bassins dites stabilisation [27].



- **Par stabilisation chimique** : c'est une méthode peu onéreuse, qui permet une diminution du pouvoir fermentescible de la boue, au moins temporairement, par ajout de l'oxyde de carbone à la boue, à des doses bactériostatiques. Une stabilisation chimique efficace passe par un mélange intime de la chaux et des boues [28].



Figure I.4. Bassin de stabilisation de la station d'épuration.

I.9.3. La déshydratation

La déshydratation constitue la deuxième étape de réduction du volume des boues. Elle correspond en fait, à une forte augmentation de la siccité (30 à 40 % de matière sèche), et modifier l'état physique des boues, celles-ci passent de l'état liquide à l'état pâteux ou solide.

Généralement, une boue est jugée apte à être déshydratée lorsque sa concentration est au minimum de 15g/L.

Les techniques d'hydratation sont :

a. Séchage par des procédés mécaniques (déshydratation mécaniques)

On distingue deux modes de déshydratation mécanique:

1-La déshydratation sur décanteuse centrifuge

L'eau est séparée de la boue sous l'effet d'une accélération de plusieurs milliers de gamme en termes de siccité, cette technique permet généralement d'obtenir de meilleures performances que le filtre à bandes.

2- La déshydratation par filtration

Il existe deux techniques :

- **Sur filtre à bande:** la boue floculée est déshydratée par compression et cisaillement entre deux toiles.
- **Sur filtre à plateau:** la boue conditionnée est déshydratée par compression entre deux plateaux [29].



Figure I. 5 .le procédé filtre bande.

b. Séchage sur lit

La technique des lits de séchage se pratique à l'air libre sur des boues liquides et combine l'évaporation naturelle et le drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable ou de graviers. Ce système extensif donne des boues solides à 35 – 40 % de siccité mais reste fortement dépendant des conditions météorologiques [30]

Le lit de séchage est composé de plusieurs couches (Figure I.6) à s'avoir :



Figure I.6. Shéma de lit séchage.

I.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 encaissant 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.

I.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 [31].

I.10.1. Valorisation organique

I.10.1.1. L'épandage

L'épandage des boues d'épuration consiste leur utilisation comme des éléments nutritifs, sur les sols inertes, érodés ou faiblement végétalisés à l'aide de matériels appropriés. L'épandage des boues d'épuration reste une pratique courante. Cette technique est recommandée pour permettre la réhabilitation des sites stériles tels que les décharges, les carrières. L'aménagement des espaces verts urbains est aussi envisageable.

I.10.1.2. Le compostage des boues

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

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

I.10.2. Valorisation énergétique par combustion

Les boues de stations ne sont pas auto-combustibles, elles nécessitent un mélange avec d'autres déchets tels que les déchets ménagers pour qu'elles puissent être incinérées dans des fours spécifiques, et traitées dans des installations de traitement thermique de déchets non dangereux.

L'incinération consiste à la matière organique des déchets par combustion à haute température (plus de 500 °C) produisant de la chaleur qui est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité pour le fonctionnement du four lui-même, pour le chauffage urbain ou industriel. Les résidus de l'incinération (Mâchefer) sont utilisables pour les travaux

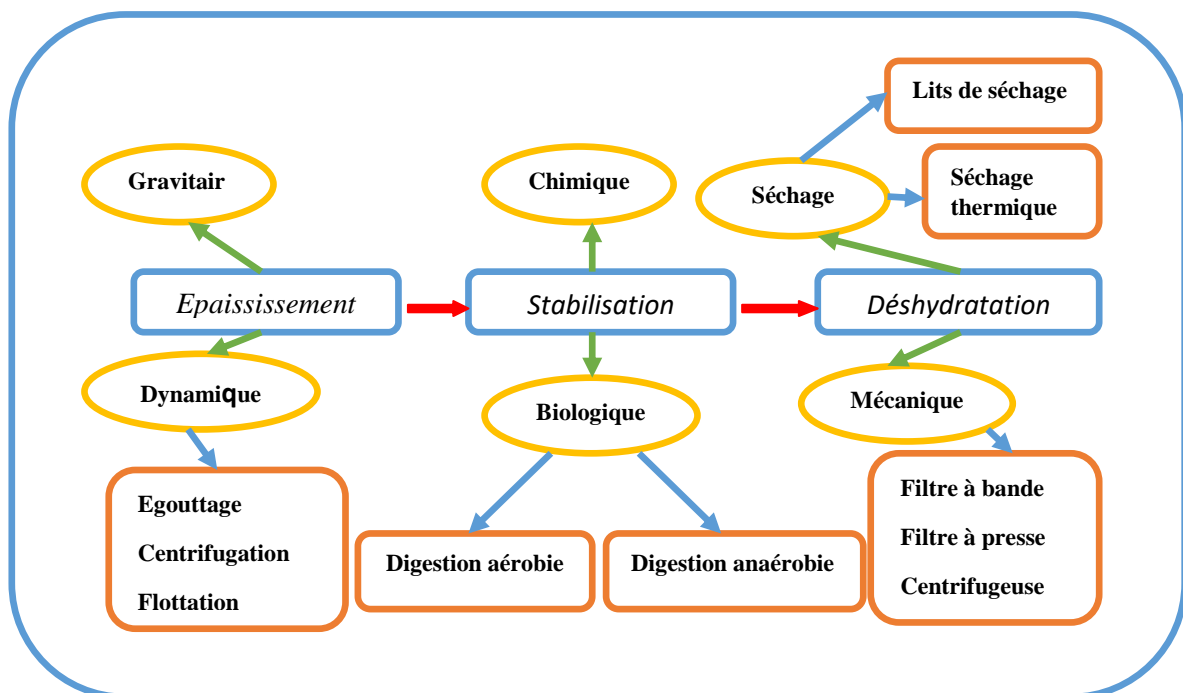


Figure I.7. Technique de traitement des boues et leur destination.

I.11. Les impacts des boues sur l'environnement

Les boues d'épuration sont considérées comme des déchets dangereux, qu'ils tendent à se concentrer les métaux lourds et les composés organiques faiblement biodégradables ainsi que, des organismes pathogènes (virus, bactéries. Ets). Présent dans les eaux usées.

La plupart des polluants présents dans les boues d'épuration sont adsorbés par les particules du sol. Les modifications de la composition du sol vont essentiellement

dépendre des propriétés du sol récepteur (sol de décharge), le substratum de la décharge de situation géographique dans la quelle se trouve et de climat du milieu.

Les lixiviats ou jus de décharge constituent le principal contaminant de la nappe phératique. Les boues contiennent notamment des eaux et des éléments polluants les lixiviats qui peuvent percoler dans les nappes phératiques, lors d'une période fortement pluvieuse et suivant au l'écoulement des eaux, ils vont affecter les eaux de surface, Le transport des quantités importantes des boues d'épuration et la mise en décharge présent l'impact le plus important à cause de la dispersion des substances toxiques dans l'atmosphère et principalement l'émission gazeuse de sulfure et de l'azote qui peuvent être dangereuses pour la santé humaine et animale.

Chapitre II

Matériels et méthodes

II. Introduction

Ce chapitre est structuré en deux parties comprenant la présentation de la zone d'étude (STEP de la ville de M'sila) et les méthodes analytiques réalisées au laboratoire de chimie de l'université de M'sila. Dans ce dernier, on a effectué des analyses tel que : le pH, la conductivité, l'humidité, la siccité, et le carbone organique...etc.

II. 1. La présentation de la zone d'étude (STEP de la ville de M'sila)

La ville de M'sila est située au Nord Est de la Wilaya de M'sila et à une distance d'environ 248Km au Sud Est de la capitale d'Alger (Figure II1) aux coordonnées géométriques suivantes :

35°45N et 4°35'E.

Elle est limitée : au nord par la wilaya de Bordj Bou Arreridj Commune d'(El aach), au sud par la commune Ouled Madhi, à l'Ouest ; par la commune de Ouled Mansour et à l'Est par les communes de Metarfa.

La station d'épuration (STEP) de la ville de M'sila est située au sud à environ 9Km du centre de la ville de M'sila et sur la rive droite d'Oued M'sila. Elle s'étend sur une superficie de 4,16ha.



Figure II.1. Situation géographique de la STEP de M'sila

II.2. Description générale de la Station d'épuration

Le tableau ci- dessous, présente la Fiche technique de la STEP du M'sila.

Tableau II.1. Fiche technique de la station d'épuration

Ville	M'SILA
Nom	Station d'épuration de M'sila
Date de mise en service	Avril-2013
Procédé d'épuration	Boue activée à faible charge
Capacité actuelle et à l'horizon en (EQ/Hab)	200,000au 300,000
Volume nominal actuelle et à l'horizon en (m3 /J)	32000au futur 48000
Communes raccordées à la STEP	M'sila
Impacts	Elimination des rejets et lutte contre les MTH
Devenir des boues (décharge/aire de Stockage/agriculture)	Aire de stockage
Oued	Oued M'sila

**Figure II.2.** Vue en plan de la STEP (Image satellite Google Earth).

II.3. Le procédé d'épuration de la STEP de M'sila

La station d'épuration des eaux usées de la ville de M'sila se compose principalement des ouvrages assurant le traitement sous les étapes suivantes Figure II.3

II.3.1. Le traitement préliminaire (prétraitement)

A l'arrivée à la station d'épuration, les eaux brutes subissent un prétraitement visant essentiellement à l'élimination des matières flottantes ou en suspensions, qui peut constituer une gêne pour les traitements ultérieurs à savoir : Dégrillage grossier, Poste de relevage, Dégrillage fin et Dessablage/déshuilage.

II.3.2 Le traitement secondaire

Le traitement se fait dans deux filières de bassins biologiques. Chaque filière comportant:

- Bassins biologiques
 - Un bassin anoxique
 - Un bassin aérobie
- Décantation secondaire

II.3.3 Le traitement tertiaire

Qui consiste à la désinfection par chloration

II.3.4 Le traitement des boues

- Station de pompage des boues
- L'épaississement

II.3.5 La déshydratation des boues

Il existe deux méthodes de déshydratation des boues dans la STEP :

- La déshydratation naturelle (lits de séchage)
- La déshydratation mécanique des boues



- 1 -entrée (station de relevage).**
- 2-Prétraitement.**
- 3-Répartition.**
- 4-Bassin d'aération.**
- 5-décanteur.**
- 6-Puits à boues.**
- 7-épaisseur.**
- 8-canal par chal.**

Figure II.3. Les processus d'épuration des eaux usées urbaines dans la STEP de M'sila.

II.4. Origine des boues étudiée

L'ensemble des boues étudiées ici provient d'un échantillonnage à partir de la même station d'épuration des eaux usées urbaines (STEP) de la ville de M'sila.

Cet échantillonnage représente quatre boues résiduaire de même station, cependant, avec des durées de stockage différentes.

Notre étude et s'intéresse aux boues qui ont subi un traitement dont les étapes successives sont les suivantes :

- Epaissement par gravitation
- Stabilisation aérobie
- Déshydratation naturelle (lits de séchage).

II.5. Description des boues étudiées

La boue utilisée dans notre expérimentation à été produit dans la station d'épuration des eaux usée de la ville de M'sila, elle est d'un couleur sombre, odeur désagréable, elle est utilisée par les agricultures de la région à l'état frais.

II.6. Prélèvement des échantillons

Les prélèvements ont été effectués manuellement dans des boites en plastique de quatre (4) campagnes d'échantillonnage :

- 1^{er} Echantillon : solide (3 jours).
- 2^{ème} Echantillon : solide (3 mois).
- 3^{ème} Echantillon : solide (une année).
- 4^{ème} Echantillon : solide (deux année).

Les échantillons ont été conservé dans des flacons à l'abri de la lumière jusqu'à leurs acheminements au laboratoire.

II.7. Conditionnement des échantillons

Durant le stockage des échantillons (pendant le transport, lors de son arrivée au laboratoire avant le lancement des analyses ou après le dosage pour d'éventuelles vérifications), il est indispensable de minimiser toutes les causes de pertes liées aux propriétés physico-chimiques des polluants recherchés.

II.8. Préparation des échantillons aux analyses

On prépare la poudre de boue en broyant l'échantillon dans un mortier, pour le tamiser ensuite afin d'éliminer les éléments grossiers, Cette poudre sera utilisée pour les différentes analyses chimiques.



Figure II.4. broyage de les échantillons.

II.9. Techniques expérimentale

II.9.1. Caractérisation physique- chimiques

II.9.1.1. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

Cette méthode est basée sur le fait que si deux électrodes spécifiquement choisies sont plongées dans une solution il se développe entre eux un potentiel qui dépend de l'activité des ions H^+ de la solution et dont la mesure permet de connaître apparaît entre les électrodes lorsqu'elles sont plongées dans une solution est traduit en unités de pH.

Le pH de la boue préparée est déterminé par le pH-mètre en diluant une portion de cette dernière dans l'eau distillée.

Mode opératoire :

- Peser 20g de terre fine séchée à l'air (élément $\leq 2\text{mm}$) et les introduire dans un bécher de 100ml.
- Ajouter 50ml d'eau distillée bouillie.
- Brasser énergiquement la terre de manière à obtenir une suspension, soit avec un agitateur en verre, soit avec un agitateur magnétique durant quelques minutes.
- Avant de procéder à la mesure du pH, à l'étalonnage du pH mètre.
- Juste avant d'introduire l'électrode dans la solution, remettre en suspension toute la terre à l'aide d'un agitateur.

- La lecture du pH se fait lorsque l'aiguille de l'appareil s'est stabilisée .En général la stabilisation est acquise au bout d'une minute, parfois elle ne se fait qu'au bout de 2.3 ou 4 minutes.
- Après chaque mesure, rincer les électrodes avec de l'eau distillée et les essayer avec du papier Joseph.

II.9.1.2. Détermination de la conductivité électrique (CE)

La CE est déterminé par un conductivimètre dans la même solution préparée pour laDétermination du pH.

II.9.1.3. Mesure de l'humidité

L'humidité est obtenue après séchage de l'échantillon à 105°C jusqu'à un poids constant dont il est rapporté à la masse de la boue.

Mode opératoire

- Peser l'échantillon contenu dans un bocal fermé, soit P1.
 - Enlever le couvercle et mettre à l'étuve à 105°C pendant 24h.
 - Refroidir en dessiccateur.
 - Peser le bocal avec le couvercle, soit P2.
- Vider le bocal, le laver, le sécher à105°C et le peser, soit P3.

CALCULS

$$\text{Humidité en \%} = (P1 - P2) / (P2 - P3) \times 100$$

II.9.1.4. Dosage du calcaire actif (CaCO₃):

Pour le dosage du calcaire actif, on utilisé la propriété de calcium de se combine aux oxalates pour donner de l'oxalate de calcium. L'excès de solution d'oxalate d'ammonium est ensuit dosé par une solution de permanganate de potassium (KmnO₄) en milieu sulfurique.

Mode opératoire :

- Peser 10g de sol (boue) séché à l'air, les introduire dans un flacon de 500ml.
- Ajouter 250ml d'oxalate d'ammonium à 0,2N.
- Agiter durant 02heures à l'agitateur magnétique.
- Filtrer la suspension en rejetant les premiers ml du filtrat.

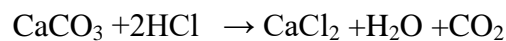
- A l'aide d'une pipette, prélever 10ml de filtrat que l'on versera dans un bêcher de 100ml.
- Ajouter dans Ce dernier 10ml de H₂SO₄ au 1/10.
- Porter le contenu du bêcher à une température de 60°C.
- Placer le bêcher sur un agitateur magnétique surmonté d'une burette graduée au 1/20 de ml et contenant du permanganate de potassium en solution decinormale.
- Titrer par le permanganate jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante. Soit n le nombre de ml de KMnO₄ versé.
- Titrer de la même façon, 10ml de la solution d'oxalate d'ammonium utilisé. Soit N le nombre de ml de KMnO₄ versé pour le témoin.

Calcul :

Calcaire actif =(N-n) *1.25(en gr/1000gr de terre).

II.9.1.5. Dosage du calcaire total (CO₃Ca), (Méthode de calcimètre de Bernard) :

Cette méthode consiste à mesurer le pourcentage de calcaire total contenu dans l'échantillon afin d'apprécier leur activité.

**Mode opératoire:**

- Prendre une fiole pour calcimètre de Bernard (Erlen Meyer muni d'une expansion latérale en doigt).
- Introduire dans le doigt 5ml de HCL au ½ ou 2,5ml de HCL concentré (utiliser soit une pipette coudée, soit une pipette droite selon la forme et l'emplacement du doigt).
- Suivant la teneur présumée en carbonate de calcium, peser de 0, 2g à 10g de terre finement broyée.
- Introduire la prise d'essai de poids P dans la fiole.
- Humidifier la terre avec de l'eau déminéralisée sans excès.
- Fermer la fiole en la raccordant au calcimètre.
- Avant de fermer le robinet « R » du calcimètre, s'assurer que le niveau du liquide arrive à la hauteur repère zéro .
- Fermer le robinet, puis incliner la fiole pour faire couler l'acide sur la terre.

Si la terre contient du carbonate de calcium, il se produit un dégagement rapide de gaz carbonique refoulant l'eau dans la colonne du calcimètre .

Lorsque le dégagement de CO₂ est terminé, on attend quelques instants pour que l'équilibre thermique entre l'appareil et l'atmosphère soit réalisé. Abaisser ensuite l'ampoule du calcimètre jusqu'à ce que le niveau de l'eau dans cette dernière soit dans un même plan horizontal que celui de l'eau située dans la colonne. Lire le volume « V » de gaz carbonique dégagé à la pression atmosphérique et à la température du moment de l'expérience.



Figure II.5 : Appareil de calcimètre

Connaissant le volume « V », procéder immédiatement à un étalonnage de l'appareil afin d'éviter les corrections de température et de pression.

Prendre un poids « p » de CaCO₃ pur et anhydre, tel qu'il provoque un dégagement gazeux dont le volume « v » sera voisin de « V ».

Pour la prise d'essai de CaCO_3 , opérer de la même manière que précédemment

La teneur du carbonate de calcium est exprimée en % et obtenue à partir de la formule suivante:

V = Le teneur en calcaire totale pour le témoin.

V = Le teneur en calcaire totale pour la boue.

P = pois choisi de la boue d'après la réaction avec HCl .

II.9.1.6. Capacités de rétention

Déterminé par la méthode de laboratoire qui consiste à mettre dans un bêcher du sol Jusqu'à une hauteur de 1cm puis on complète jusqu'à la surface par l'eau. Après 24heures, faire peser à l'état humide puis mettre l'échantillon à l'étuve à 105 °C et peser à l'état sec. La différence de poids correspond au poids d'eau retenue par le sol

II.9.1.7. La siccité

La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10% présente une humidité de 90% Elle est déterminée à partir du Pourcentage en poids obtenu après séchage à l'étuve à 105°C pendent une nuit, soit environ 15heures. La différence entre le poids avant et après séchage exprime la teneur en eau de l'échantillon initial.

II.9.1.8. Teneur en matière sèche (MS) et en eau

La teneur en matière sèche et en eau dans les boues, prélevées à la sortie de la bande.

$$1000 \rightarrow 100\%$$

$$MS \rightarrow \text{Siccité}$$

$$MS = \text{Siccité} \times 10$$

II.9.1.9. Détermination du taux de la matière organique

On détermine le taux de matière organique avec le même échantillon séché pour le calcul de l'humidité du poids m_2 en le brulant dans le four à 500°C pendant 2 heures. On le laisse refroidir et on pèse pour obtenir un troisième poids m_3

$$M0(\%) = (m_2 - m_3) \times 100$$



Figure II.6 : Boue dans un four à moufle

II.9.1.10. Dosage de chrome

Mode opératoire :

Effectuer la mise sous tension du spectrophotomètre

Ajuster la longueur d'onde à 549 nm.

Dans un tube de verre, ajouter 5,00 ml d'échantillon, 4,00 ml d'acide

Sulfurique 2,0 N, 0,20 ml de la solution de diphényle-carbazyde et 0,80 ml d'eau

Note : Si l'échantillon est coloré, préparer un témoin d'échantillon en ajoutant, dans Le tube de verre tous les réactifs sauf la solution de diphényle-carbazyde.

- Visser les bouchons sur les tubes et inverser quelques fois.
- Nettoyer et bien essuyer l'extérieur des tubes.
- Attendre entre 5 et 10 minutes pour le développement de la couleur.
- Ajuster le 100 % de transmittance avec un blanc de réactif. Mesurer la transmittance à 549 nm.

II.9.1.11. Les nitrates (NO_3^-)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de Sodium, coloré en jaune susceptible d'un dosage spectrométrique

Mode opératoire :

On introduit dans un bécher, 10ml d'eau à analyser et 1ml de salicylate de sodium, le mélange est amené à une évaporation à 75°C jusqu'à la vaporisation total du liquide. Après refroidissement, on ajoute 2ml d'acide sulfurique, la solution est alors laissée au repos pendant 10 min pour le déroulement total des réactions. On ajout 15 ml d'eau distillée et 15 ml de la solution de tartrate de Na OH. Après 10 min de repos finalement obtenue est passée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415 nm.

II.9.1.12. Dosage des nitrites (NO_2^-)

Par diazotation des nitrites avec l'acide sulfanilique à pH 2,5 puis par copulation du composé formé avec l'1-Naphthylamine (réactif de Griess), on obtient un colorant azoïque rouge stable au moins 12 heures dont on mesure l'intensité à 520nm.

Mode opératoire :

Si l'échantillon est coloré par des acides humiques, on l'acidifie par l'acide sulfurique (1ml/l d'acide sulfurique) et on filtre Dans une fiole de 100ml verser :

- 50 ml de prise d'essai
- 1ml de solution d'E.D.T. A
- 1ml d'acide sulfanilique
- Agiter et attendre 10mn
- 1ml d'1-naphtylamine
- 1ml de la solution de tampon acétate
- Agiter et attendre 30mn
- Effectuer la mesure colorimétrique à 520nm

Le droit étalon est obtenu avec des étalons préparés à partir de la solution à 1mg/L.

II.9.1.13 Analyses granulométrique

Le principe de cette manipulation consiste à prendre un échantillon séché au préalable et de le verser dans une colonne de tamis dont les tamis sont classés dans l'ordre croissant des ouvertures de bas en haut. La pesée des refus des tamis permet de tracer la courbe granulométrique.

Mode opératoire :

- Commencer par dresser la colonne des tamis. Les ouvertures des tamis doivent être croissantes de bas en haut. Les tamis en comptent en mm :

12.5-10-8-6.3-5-3.15 -2-1-0.5-0.08

- Prendre 500g de boue.
- Verser la boue sur le tamis supérieur.
- Procéder à l'agitation mécanique pendant environ 10 min.
- Procéder à la pesée cumulée des refus des tamis en commençant par le tamis supérieur.



Figure II.5 .analyse granulométrique par tamisage

Chapitre III

Résultats et discussion

III. Interprétation des résultats des analyses physico- chimiques de la boue :

Les résultats des analyses physico-chimiques des boues de la station d'épuration de la ville de M'sila sont regroupés dans le tableau suivant nous avons remarqué dans les résultats obtenus une variation de plusieurs paramètres comme illustré par le tableau suivant :

Tableau III.1. Résultats des analyse physico-chimique des boue.

L'échantillons	1 ^{er} Echantillon	2 ^{ème} Echantillon	3 ^{ème} Echantillon	4 ^{ème} Echantillon
Age de boue	3 jours	3 mois	12 mois	2 année
pH	7.1	7.51	7.53	7.05
Humidité(%)	10.07	9.78	9,62	9,40
M.O(%)	26.17	26.78	28.20	41.63
Conductivité (ms /cm)	4.35	3.93	2.26	1.87
Calcaire total(%)	45	74	80	67
Calcaire actif (%)	80.5	121,83	57.5	102,08
Siccité (%)	95.4	91.7	90.7	90.4
Capacité de retention	12,88	19,24	18,55	37,67
Chlorure(%)	14,2	48,8	63,9	71

III.1. Le potentiel en hydrogène (pH)

Le pH des boues ne connaît pas des grands changements durant le temps, les boues fraîches sont caractérisées par un pH acide qui va à la basicité après certain mois de stockage. Généralement le pH des boues est situé dans un intervalle de valeurs bien précis: $7 < \text{pH} < 8$. Pour nos échantillons, la moyenne se situe à 7,2.

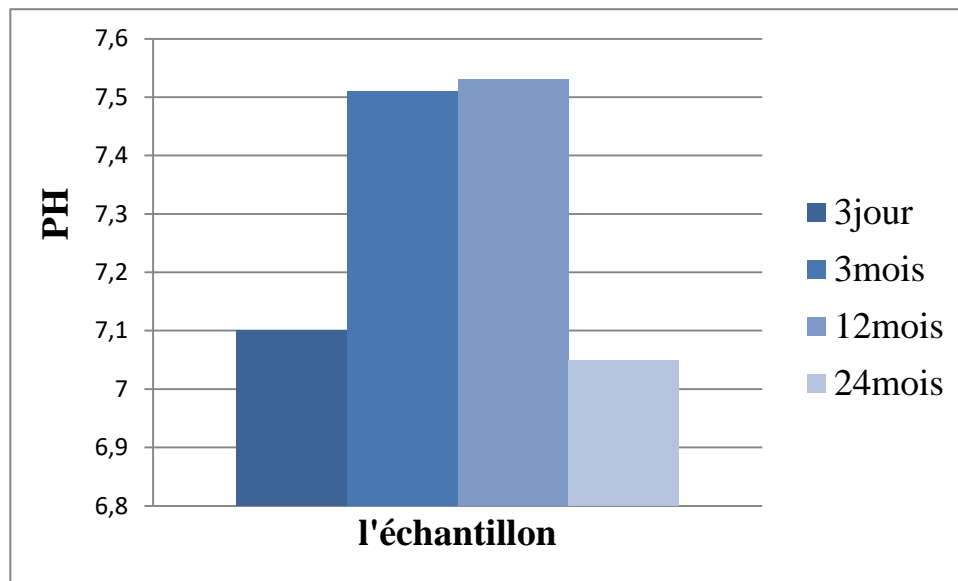


Figure III.1. Evolution de pH dans les différents échantillon.

III.2. L'Humidité

L'humidité contenue dans les boues est fonction du type de station d'épuration, certaines mettent en œuvre des moyens importants pour les opérations de déshydratation des boues. Pour notre station le système de déshydratation est rudimentaire (lit de séchage) cela conduit à une variable. Selon le temps de séjour sur lit et les conditions météorologiques. La figure.III.2 montre que l'humidité diminue en fonction de l'âge de la boue. Une bonne humidité est primordiale pour que l'activité des micro-organismes soit la plus importante. Ceci accélère le processus de dégradation de la matière organique. Le taux d'humidité diminue significativement au cours du temps. Cette diminution est attribuée à la perte d'eau par évaporation provoqué par une hausse de la température et par l'activité microbienne intense.

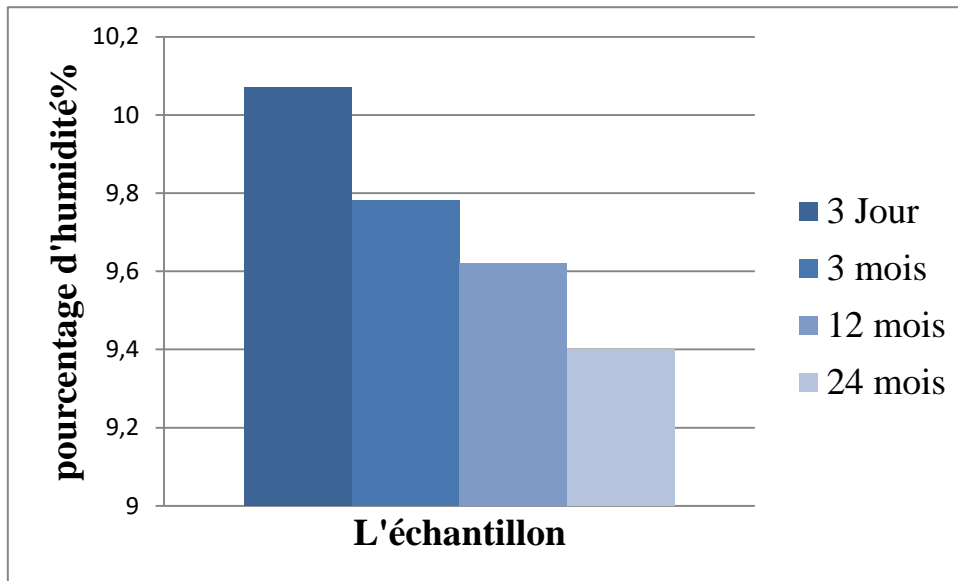


Figure III.2. Evolution de l'humidité dans la boue.

III.3. Conductivité électrique:

La conductivité électrique nous informe sur la composition chimique en matière des ions constituant la boue. La conductivité électrique des boues détermine leur degré de salinité. L'échelle de à été utilisée pour indiquer la classe de salinité de l'extrait de la boue étudiée.

Dans la figure la conductivité de la boue de l'échantillon de 3 jour est 4.35 ms/cm qu'est supérieure à la boue de l'échantillon de 24mois est 1.80 ms/cm, alors il ya une augmentation la conductivité de la boue au cours de temps, cela dû à la libération de sels minéraux tels que les phosphates et les ions ammonium par la décomposition des substances organiques, résultats de notre analyse montrent que la boue de la STEP de M'sila a une conductivité électrique classant la boue dans la zone des non salins. De plus, Sa valeur élevée dans les boues fraîches est due aux additifs chimiques et des sels ajoutés lors du traitement et son évolution décroissante raisonnable par l'intermédiaire des précipitations qui diminuent cette salinité peu à peu.

III.4. Calcaire totale :

Le calcaire total est présent en des proportions variables avec des valeurs prouvent être parfois élevées une teneur comprise entre 45 et 80% On des horizons très fortement calcaire. Ceci permet de dire que le calcaire total est abondant dans la boue.

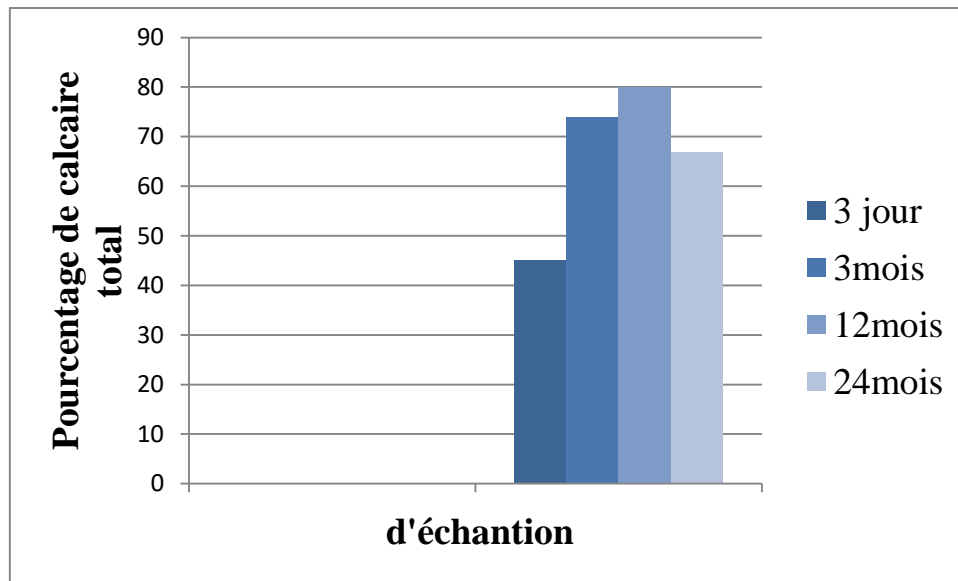


Figure III.3. Evolution des calcaire total dans la boue.

III.5. Calcaire actif

Les résultats obtenus montrent que notre échantillon est riche en calcaire actif ceci permet de dire que les boues représentent les effets dépressifs en cet élément sur la croissance des plantes.

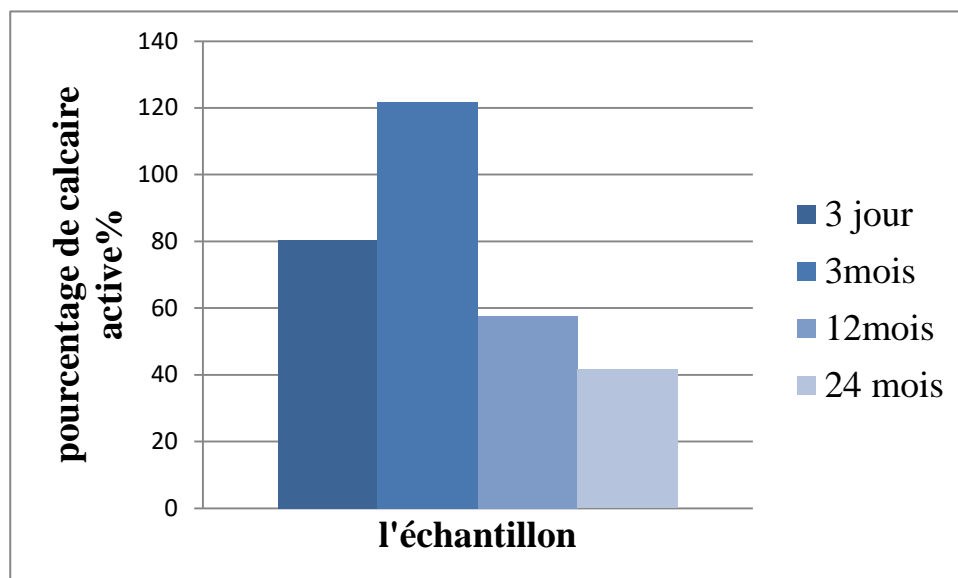


Figure III.4. Evolution de calcaire active dans la boue.

III.6. Matière organique :

La teneur en carbone organique permet d'évaluer le taux de matière organique de la boue, la boue 24 mois est riche en carbone organique et en matière organique, par contre les boues de 3 jour et 3 mois et 12 mois sont inférieures à la boue de 24 mois cela est expliqué par le fait qu'au cours d'entreposage des boues les micro-organismes ont dégradés le carbone organique.

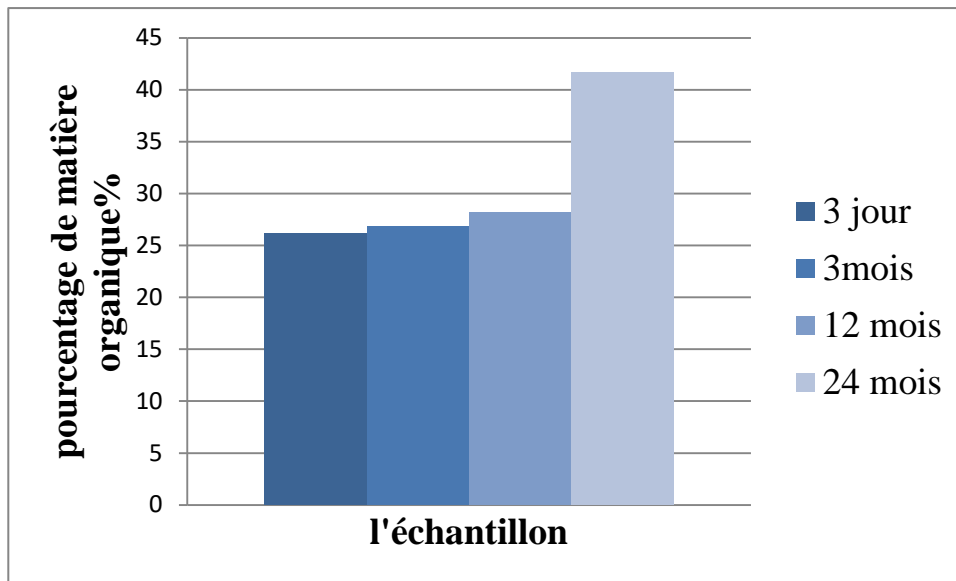


Figure III.5. Evolution de matière organique.

III.7. Capacité de rétention

Le résultat : la boue d'âge de 3 jour, 3 mois et 12 mois à une faible capacité de rétention par contre la boue d'âge 24 mois expliquer par le nombre d'espace qui se trouve entre le particule de boue.

La capacité de rétention dépend essentiellement de la texture du sol et sa profondeur

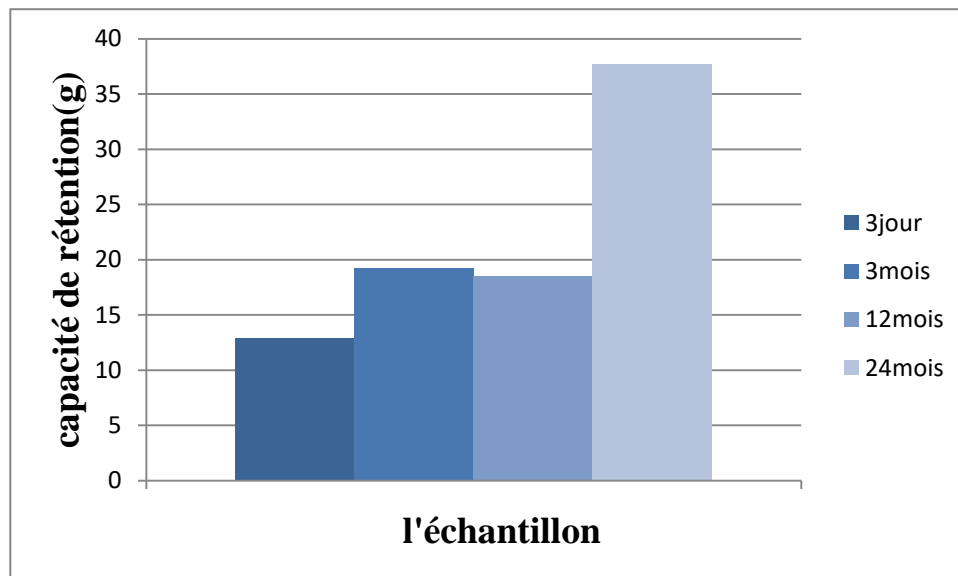


Figure III.6. Evolution Capacité de rétention.

III.8. La siccité

La siccité des boues est un paramètre qui est considéré le plus importants Les valeurs de la siccité sont relatives car dépendent essentiellement des méthodes de séchage et de déshydratation adaptées lors du traitement, du facteur temps et des facteurs climatique (température, précipitations). Qui changent l'état physique de la boue en général (pâteuse, liquide, sèche ...) Pour les boues de STEP-M'sila le pourcentage de la siccité dans les boues du lit de séchage est très élevé généralement égale ou supérieure à 90% grâce à le séchage naturel par les rayonnements solaire.

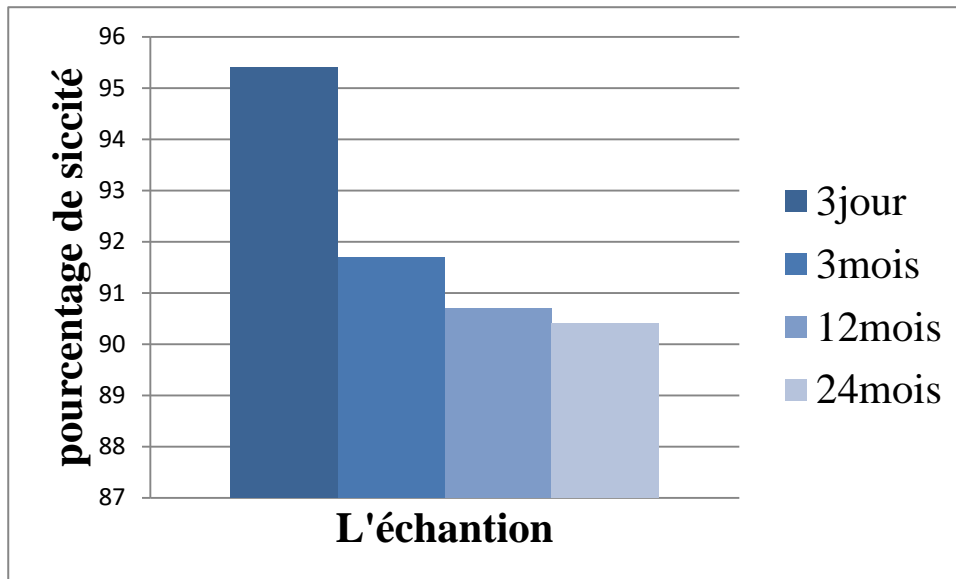


Figure III.7. Evolution de la siccité.

III.9. La teneur de chrome

A partir de la solution étalon de chrome (VI) à 1000mgL^{-1} , nous avons préparé les solutions standards de concentration 0,2; 0,4 ; 0,8 et 1mgL^{-1} . Ces solutions sont laissées au repos pendant au moins 10 minutes. Le témoin est l'eau permutée. Les essais sont répétés trois fois et nous avons calculé l'absorbance moyenne de ces étalons. A partir de ces valeurs moyennes, nous avons tracé la courbe d'étalonnage de la figure

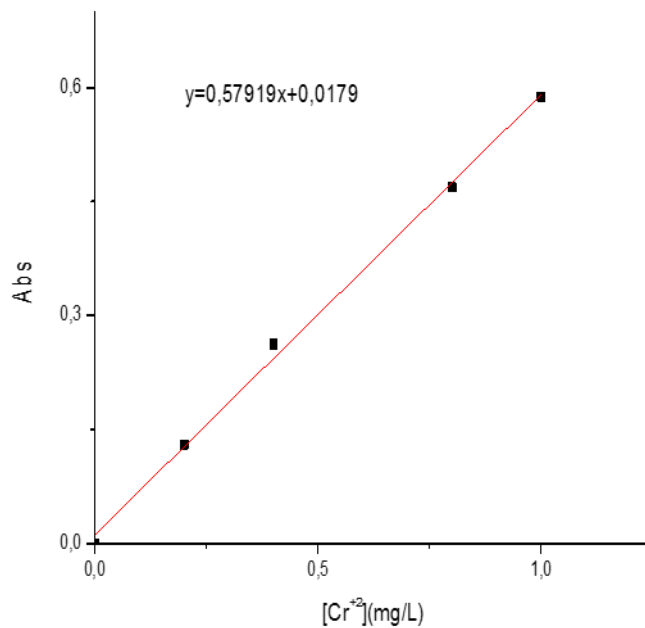


Figure III.8. Courbe d'étalonnage du dosage du chrome.

Tableau III.1. concentration de chrome dans les échantillon.

Echantillon	Concentration (mg/l)
3 jour	0,837
3 mois	1,262
12 mois	0,918
24 mois	1,432

La détermination des métaux lourds s'effectue après mise en solution de la boue après séchage dans un mélange d'acides forts par spectrophotomètre d'absorption moléculaire UV-vis flamme puisque ces métaux lourds existent en traces. D'après les résultats de teneurs limites en métaux lourds obligatoires et recommandées pour l'épandage agricole et les résultats étude par métaux lourds des boues résiduelles de *La STEP* du complexe

GP1/Z avec les valeurs limites, selon les normes AFNOR nous avons vu que les boues actives de la raffinerie de M'sila contiennent un faible teneur en métaux lourds de caractère polluant par rapport des autres raffineries. Donc, on peut utiliser cette boue étudiée dans le domaine agricole.

III.10. La teneur de nitrate

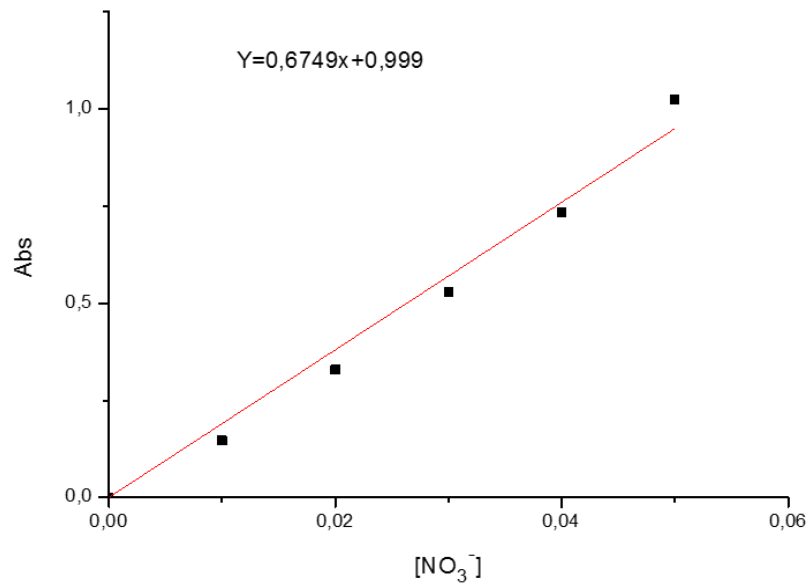


Figure III.9. Courbe étalonnage du nitrate.

Tableau III.3. Concentration du nitrate de l'échantillon .

L'échantion	Concentration (mg/l)
3 jour	0,002
3 mois	0,004
12 mois	0,03
24 mois	0,02

III.11. Teneur de nitrite

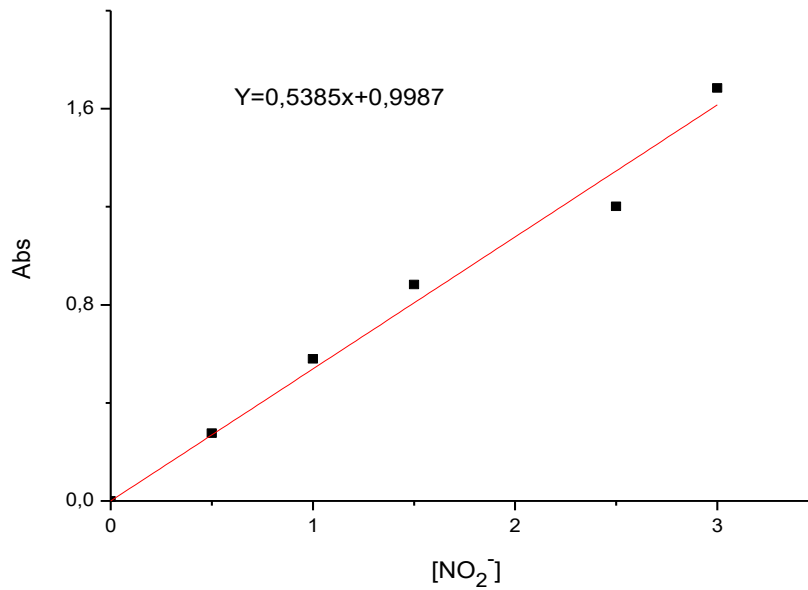


Figure III.10. Courbe étalonnage de nitrite.

Tableau III .2. Concentration du nitrite dans l' échantillon.

L'échantillon	Concentration (mg /l)
3 Jour	0,305
3mois	0,904
12mois	0,626
24 mois	1,331

Interprétation des nitrates NO₃⁻ et nitrite NO₂⁻ :

Après la mesure colorimétrique suivant les longueurs d'ondes, nous avons lit les absorbances. A l'aide de la courbe d'étalonnage, on obtient directement le résultat, nous pouvons conclure que la boue de la station d'épuration de M'sila est de nature azoté car elle contient une grande concentration en azote (NH₄⁺, NO₃⁻ et NO₂⁻).

La proportion d'azote ammoniacal (N-NH₄⁺) par rapport à l'azote total est essentiellement fonction du traitement des boues (épaississement, déshydratation, séchage, chaulage, compostage...). Toutefois, pour un type de boue donné, la composition initiale en azote et le rapport N total/N ammoniacal peuvent évoluer au cours du stockage. Au niveau de la station

d'épuration, ils varient aussi selon les fluctuations de charge et de composition des effluents admis.

Dans les boues, l'azote est présent sous deux formes l'azote organique, l'azote. Minéral (N-NH_4^+). Les boues ne contiennent généralement pas d'azote nitrique (N-NO_3^-) ou d'azote nitreux (N-NO_2^-). (mg/l).

III.12. Analyse granulométrique de l'échantillon étudié

Les boues résiduaires subissent différents traitements sur différents bacs (dégrillage, dessablage et le déshuilage) : Compte tenu que ces bacs ne fonctionnent pas correctement nous essayons de faire la granulométrie de ces boues, afin de quantifier les quantités de sable, Gravier contenues dans le produit final de ces boues.

Le tableau ci-dessous présente les résultats d'analyse de la granulométrie.

Tableau III.5. Résultats d'analyse granulométrique.

Eléments		Echantillon de 3 jours.	Echantillon de 3 mois.	Echantillon de 12 mois.	Echantillon de 2 années
Gravillons	Gros	6.7	15	22.9	11.1
	Petite	45.9	40	7.9	56.5
Sable	Gros	45.6	42.6	66.5	30.2
	Petite	1.8	2.4	2.7	2.2

- Pour l'échantillon de 3 jours
 - La fraction de gravillons est 45.9% et la fraction de sable Gros est 45.6%.
 - L'échantillon est un gravillon petit.
- Pour l'échantillon de 3 mois
 - La fraction de gravillons petits est 40% et la fraction de sable Gros est 42.6%.
 - L'échantillon est un gravillon petit.
- Pour l'échantillon de 12 mois
 - La fraction de gravillons Gros est 22.9% et la fraction de sable Gros est 66.5%.
 - L'échantillon est un Sable Gros.
- Pour l'échantillon de 2 années
 - La fraction de gravillons petits est 56.5% et la fraction de sable Gros est 30.2%.
 - L'échantillon est un gravillon petit.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude s'est intéressée à la caractérisation du contenu en matière organique et minérale de boues résiduaire de stations d'épuration de la région M'sila. Les résultats obtenus de l'analyse de différents échantillons de boue, ont révélés un certain nombre de points qu'on peut les citer comme suit :

- Le taux de matière organique augmente avec le temps séjour des boues
- l'examen des résultats d'analyse des métaux lourds, notamment le chrome, indique la présence de ce métal, mais à des concentrations faibles.
- L'analyse quantitative de différents ions tels que le nitrite, nitrate montre qu'ils ont des concentrations proches des normes appliquées.
- Le pH et la conductivité de différents types de boue (3jours, 3mois, 12 mois et 24 mois)

Références bibliographiques

- [1] Organisation National D'assainissement(ONA).
- [2] LAZILI H., (2011). Gestion des boues issues des stations d'épuration des eaux usées urbaines Centre de Formation aux Métiers de l'Assainissement (CFMA). Magister, université U.S.T.H.B. p :37.
- [3] VELLAU P., (1981). La valorisation agricole des boues des stations d'épuration, revu. La technique de veau et de l'assainissement.
- [4] Chih-Huang, W., Yi-Fong, P. (2006). Adsorption of a cationic dye (méthylène blue) onto spent activated clay, *Journal of Hazardous Materials* 144 ,355–362
- [5] Jarde, E., Mansuy, L., Faure, P., 2003. Characterization of the macromolecular organic content of sewage sludges by thermally assisted hydrolysis and methylation-gas chromatography-mass spectrometer (THM-GC/MS). *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 68-69, 331-350.
- [6] Inoue, S. Sawayama, S. Ogi, T., Yokoyama, S-Y. 1996. Organic composition of liquidized sewage sludge. *Biomass and Bioenergy*, 10, 1, 37-40.
- [7] Zebarth, B.J., McDougall, R., Neilsen, G., Neilsen, D., 2000. Availability of nitrogen from municipal sewage sludge for dryland forage grass. *Can. J. Plant Sci.* 80, 575–582.
- [8] Chang, A.C., Granato, T.C., Page, A.L., 1992. A methodology for establishing phytotoxicity criteria for Cr, Cu, Ni, and Zn in agricultural land application of municipal sewage sludges. *J. Environ. Qual.*, 21, 521–536.
- [9] Sahlström et al., (2004). Sahlström, L., Aspan, A., Bagge, E., Tham M.L.D., Albihn, A., 2004. Bacterial pathogen incidences in sludge from Swedish sewage treatment plants. *Water Research*, 38, 1989-1994.
- [10] BOUSSALIA A., (2010). Contribution à l'étude de séchage solaire de produits agricoles locaux. P.775
- [11] CHAHIDI ELOUAZZANI D. KHALIFA M. CHRISTIAN B., (2013). Etude préliminaire de la valorisation des boues de papeterie comme matières premières secondaires dans les mortiers de ciment Portland, *Nature & Technologie*. P: 18.
- [12] Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique. Gouvernement du Québec. (2002).
- [13] Le Comité Européen de Normalisation (CEN).

[14] ADDOU A., (2009). Traitement des déchets, valorisation, élimination, éditions ellipses. P : 284.

[15] Agence De l'Environnement et de la Métrise de l'Energie (ADEME), (2001). Les boues chaulées des stations d'épuration municipales : production qualité et valeur agronomique, Ademe édition, Paris. P : 224.

[16] GLEMAS. P (1980) -Fertilisation boue, gудue, composts de finition fabrication et caractéristique. Revue cultivar n° 132 :44-51

[17] ANDED., (1982) -La valorisation agricole des boues de la station d'épuration cahier technique ,63p.

[18] MOREL. GUCKER T.A. et SEDEGO M ., (1978) – Effet de l'épandage des boues urbaines sur l'état physique des sols. Comm. XIème cong. Del' AISS Edmontion, pp : 13-19.

[19] SEDKI A., (1995). Etude éco-toxicologique de la contamination. Thèses Doct. Etat, Univ. Cadi Ayyad, Fac. SCI. Semlalia, Marrakch, Maroc. p : 140

[20] ASMAHANE B., (2011). Valorisation des poussières de four à ciment dans le procédé solidification / stabilisation des déchets.

[21] ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ETUDE DES EAUX., (1974) -Utilisation agricole des boues d'origine urbaine, synthèse bibliographique. Centre nationale de documentation et d'information sur l'eau, 2rue de Madrid, 750089 PARIS. (DJAMONET ,1987) DJAMONET B.,

[22] EVELINA D., Mineralogy and environmental geochemistry ; international journal of coal geology. Volume 71, issues 2-3. P: 302

[23] SLIMANI K., (2007). Suivi d'une boue dans une station d'épuration des eaux usées urbaine. Universities. M. B. Boumerdas. P : 123

[24] Baes, C. F., Mesmer, R. E. (1976). The hydrolysis of cations. Wiley, New York, 496 p.

[25] (2001) Office International de l'eau (OIE).

[26] MERCIIECCA M., (1984). Hygiène et sécurité du travail dans les stations d'épuration. P : 84.

[27] FAYOUX C., (1995). Valorisation des boues et déchets : les approches européennes. Séminaire des 8-9 juin 1995 -2- les législations concernant le traitement et l'élimination des boues.

[28] Perry, R.H, (1997). Perry's Chemical Engineers Handbook, 6th Edt, MC Graw-Hill, USA,.

[29] Treybal, R.E. (1981). Mass Transfer-Operations, 3rd Ed, MC Graw-Hill, New York,

[30] Dégrèvement, Mémento technique de l'eau, 9ème édition, p 119-130,198

[31]L. Jocteur Monrozier . (2001). Conséquences de l'anthropisation des sols. Les boues : quels risques ? Colloque Marseille. Mouvement National de Lutte pour l'Environnement éd, P22.

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier les procédés de traitement des eaux usées et des boues d'épuration, effectués au niveau de la raffinerie de M'sila, ainsi qu'à l'analyse physico-chimiques (composé organique, éléments nutritifs et métaux lourds) de ces boues avant leur valorisation agricole. Celle-ci constitue une alternative très bénéfique pour les collectivités locales puisqu'elle va permettre d'économiser les frais de la décharge publique et de sauvegarder l'environnement. Les résultats de cette étude montre que les boues de la raffinerie de Sbaa nécessitent un traitement avant de leur réutilisation en agriculture. Malgré sa resseche à élément nutritifs.

Mots-clés : Raffinerie de M'sila, boues d'épuration, analyse, valorisation agricole.

Abstract:

The objective of this works is to study the processes of water treatment worn and clarification Sludge, carried out on the level of the refinery of M'sila, as with the analysis physicochemical of these muds before their re-use. This one constitutes a very beneficial alternative for the Local communities since it will make it possible to save the expenses of the refuse tip and to Protect the environnement. The results of this study show that sewage sludge of the refinery of Sbaa required a treatment before their reuse in agriculture.

Key-words: Refinery of M'sila, sewage sludge, analyzes, agricultural valorization.

ملخص

الهدف من هذه العمل هو دراسة عمليات معالجة مياه الصرف الصحي والحماة، التي تجري في مصفاة المسيلة، وكذلك التحاليل الفيزيوكيميائية للحماة قبل إعادة استخدامها في الفلاحة والتي تمثل إستراتيجية بديلة و مفيدة جدا للمجتمعات لأنها سوف تساعد على توفير تكاليف دفن هذه النفايات و الحفاظ على البيئة. نتائج هذه الدراسة اظهرت أن الحماة الناتجة من مصفاة المسيلة تتطلب معالجة قبل إعادة استخدامها في الزراعة.