

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A. MIRA – Bejaïa

Faculté des Sciences Exactes

Département de Chimie



Mémoire de Master

Présenté par :

-M^{elle} ZERGUINI Samra

-M^{elle} BOULOUDA katiba

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Thème :

Analyse des boues de la station d'épuration de Souk El Tenine en vue d'une valorisation agricole

Soutenu le : 03/07/2018

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
SAOU Abdelhamid	Hydraulique	Président
HENACHE Zahir	Chimie	Examineur
BOUKEROUI Abdelhamid	Chimie	Encadreur
FERRADJ Abla	/	Invité

2017-2018

Remerciements

En premier Lieu, nous remercions le bon Dieu miséricordieux qui nous a guidé et éclairé notre chemin pour la réalisation de notre mémoire de fin de cycle.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Mr BOUKERROUI, pour l'honneur qu'il nous a fait en nous encadrant, pour sa gentillesse, son aide et le temps qu'il nous à consacré.

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à Mr SAOU qui nous a fait l'honneur de présider le jury.

Nos remerciements également à Mr HANACHE, pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements vont également :

A toute l'équipe de l'ONA de BEJAIA, en tête Mr ATHMANIOU, Toute notre gratitude pour vos efforts. Mr SENNOUN, chef de la STEP de Souk-El-Tenine, mais en particulier Mmlle FERRADJ, laborantine au sein de la STEP de Souk-El, pour sa gentillesse et sa bonne orientation, son aide précieuse, sa disponibilité et les moyens qu'elle a met à notre disposition pour la réalisation de ce travail, a toute le personnel de la STEP de Souk-El-Tenine.

A tous ceux qui nous ont prodigué des conseils scientifiques, fourni une aide matérielle et technique, ou tous simplement humaine. A toute les techniciennes de laboratoire de chimie et agro-alimentaire en particulière Mlle TOUATI.

Katiba et Samra

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A mes très chers parents

*Puisse ce modeste travail constituée une léger compensation
pour tous les nobles sacrifices pour assurer mon bien être et mon
éducation, vous m'avez toujours encouragé et soutenu,
merci pour votre confiance et votre amour.*

A mes frères et sœurs qui mon aider

A tous ceux qui me sont chers : grande famille et mes amis

Samra

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A mes très chers parents

*Puisse ce modeste travail constituée une léger compensation
pour tous les nobles sacrifices pour assurer mon bien être et mon
éducation, vous m'avez toujours encouragé et soutenu,
merci pour votre confiance et votre amour.*

*A mes frères et ma sœur Hassiba et surtout Lamisse qui mon
aider et mon fiancé Zahir*

A tous ceux qui me sont chers : grande famille et mes amis

Katiba

Liste des abréviations

- **BEA** : Bile Esculine Azid
- **CTO** : composés traces organique
- **CO** : Carbone organique
- **DRX** : diffraction des rayons X
- **EDTA** : acide éthylène diamine tétra-acétique
- **ETM** : élément de trace métallique
- **GN** : Gélose nutritive
- **H** : Humidité
- **HPA** : hydrocarbures polycycliques aromatiques
- **MO** : matière organique
- **MS** : matière sèche
- **MSV** : matière sèche volatile
- **Nt** : azote totale
- **PCB** : polychlorobiphényles
- **Pt** : phosphore totale
- **S** : Siccité
- **STEP** : station traitement des eaux polluée.
- **TH** : Titre hydrotimétrique
- **VF** : Vionde fois
- **VRBL** : Violet Red Bile Lactose Agar

Liste des figures

Figure 01 : Maquette de la station de Souk El Tenine.....	13
Figure 02 : Schéma d'organigramme du personnel de la STEP.....	14
Figure 03 : Schéma de fonctionnement de la station de Souk El Tenine.....	15
Figure 04 : Dégrillage mécanique.....	16
Figure 05 : Dégrillage manuelle.....	16
Figure 06 : Désuilage dessablage	16
Figure 07 : Décanteur secondaire.....	17
Figure 08 : Bassin de recirculation.....	18
Figure 09 : Épaississeur.....	18
Figure 10 : Boue ancienne (2017).....	21
Figure 11 : Boue nouvelle (2018).....	21
Figure 12 : Mesure de pH de la boue.....	22
Figure 13 : Mesure de la conductivité de la boue.....	23
Figure 14 : Milieu de culture.....	26
Figure 15 : Calcination de la boue dans le four à moufle.....	27
Figure 16 : Broyage de l'échantillon.....	28
Figure 17 : Dispositif de minéralisation.....	28
Figure 18 : Filtration avec la pompe à vide.....	29
Figure 19 : Solution de boue minéraliser.....	29
Figure 20 : Diffractomètre DRX.....	31
Figure 21 : Les tiges du concombre.....	32
Figure 22 : Variation d'humidité.....	34
Figure 23 : Variation de la valeur du pH des boues.....	35
Figure 24 : Variation de la conductivité électrique.....	35
Figure 25 : Variation de la siccité de la boue.....	36
Figure 26 : Variation de MVS et MS.....	36
Figure 27 : Variation de CO et MO des deux boues.....	37
Figure 28 : La variation des concentrations en calcium et magnésium.....	38
Figure 29 : Variation de l'azote totale.....	38
Figure 30 : Variation de phosphore total.....	39
Figure 31 : Évaluation des cultures en nombre de feuille et de fruit.....	40
Figure 32 : L'évaluation la hauteur et le diamètre min, max de fruit.....	41

Figure 33 : Le spectre DRX combiné de la boue calciné.....	41
Figure 34 : Le spectre DRX combiné de la boue brute.....	42
Figure 35 : L'identification du spectre DRX de la boue.....	43
Figure 36 : Le spectre infra rouge de boue.....	43
Figure 37 : Le spectre infra rouge de fruit.....	44
Figure 38 : Le spectre infrarouge de la pelure.....	44
Figure 39 : les spectres combinés de boue, fruit et pelure 2018.....	45
Figure 40 : les spectres combinés de boue, fruit et pelure 2017.....	45

Liste des tableaux

Tableau I : les différentes classes de boues.....	7
Tableau II : Caractéristiques des boues en fonction de la siccité et de certaines propriétés....	8
Tableaux III: Norme de rejet de la station de Souk El Tenine.....	14
Tableau IV : Espèces bactériennes prétendument présentes et leur milieu de culture respectifs.....	25
Tableau V: Résultat d'analyse microbiologique des boues, de fruit et pelure.....	39

Sommaire

Remerciement et Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Introduction 1

Partie théorique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Introduction 3

I.2. Définition des boues..... 3

I.3. Les origines des boues..... 3

I.3.1. Les eaux usées industrielles.....3

I.3.2. Les eaux usées domestique.....3

I.2.3. Les eaux usées de ruissellement.....4

I.4. Les type des boues 4

I.4.1. Les boues primaires.....4

I.4.2. Les boues de traitement physicochimique4

I.4.3. Les boues de l'épuration biologique.....4

I.4.4. Les boues mixte.....4

I.4.5. Les boues d'aération prolongée5

I.5. La composition des boues 5

I.5.1. Éléments indésirable.....5

I.5.2. Éléments fertilisants et amendements6

I.5.3. Matière organique (MO6

I.6. Classification des boues 6

I.7. Caractéristiques des boues 7

I.7.1. La siccité des boues.....7

I.7.2. Le taux de matière volatile sèche (MVS7

I.7.3. Consistance de la boue.....8

I.8. Traitement des boues..... 8

I.8.1. Épaississement9

I.8.2. Déshydratation	9
I.8.3. Séchage	9
I.8.4. Stabilisation des boues.....	10
I.8.5. Pasteurisation des Boues	10
I.9. Devenir des boues	10
I.10. Valorisation des boues	11
I.11. Matériel végétal.....	11
I.11.1. Le Concombre	11
I.11.2. Classification botanique de concombre.....	11
I.12. Conclusion	12

Partie pratique

Chapitre I : Présentation de la SETP

I.1. Introduction	13
I.2. Historique de la STEP de Souk El Tenine.....	13
I.3. Situation géographique de la station de Souk El Tenine.....	13
I.4. Les caractéristiques de la STEP de Souk El Tenine	14
I.5. Le fonctionnement de la STEP	15
I.6. Description de la station d'épuration de Souk-El-Tenine.....	16
I.6.1. Le prétraitement.....	16
I.6.2. Bassin d'aération (Bassin biologique	17
I.6.3. Décanteur secondaire (clarificateur)	17
I.6.4. Bassin de recirculation	18
I.6.5. L'épaisseur	18
I.6.6. La déshydratation des boues.....	19
I.7. Principe de l'épuration biologique	19
I.8. Le laboratoire de la station de Souk El Tenine.....	19
I.9. Les analyses fréquents et indispensable au laboratoire de la STEP de Souk El Tenine	19
I.10. Conclusion.....	20

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1.	Introduction	21
II.2.	Prélèvement des échantillons.....	21
II.3.	Conditionnement des échantillons	21
II.4.	Les paramètres physicochimiques de la boue brute.....	22
II.4.1.	L'humidité	22
II.4.2.	Mesure de PH.....	22
II.4.3.	Mesure de la conductivité	22
II.4.4.	La Siccité	23
II.4.5.	La Matière volatile sèche (MVS)	23
II.4.6.	Analyse de carbone organique et de la matière organique	24
II.4.7.	Analyse microbiologique	25
I.5.	Analyse sur la boue calcinée.....	27
II.5.1.	Prétraitement des échantillons	27
II.5.2.	Mesure des paramètres de pollution sur la boue calcinée	29
II.5.2.1.	L'Azote totale.....	29
II.5.2.2.	Mesure Phosphate total	30
II.5.2.3.	Dosage des bases échangeables (Ca²⁺, Mg².....	30
II.5.4.	Analyse par DRX	31
II.5.5.	Analyse par infra rouge.....	31
II.6.	Dispositif expérimental du concombre	32
II.6.1.	Germination des graines.....	32
II.7.	Conclusion	33
 Chapitre III : Discussions des résultats		
III.1.	Introduction	34
III.2.	Résultats des physicochimique de la boue	34
III.2.1.	L'humidité.....	34
III.2.2.	Le pH	34
III.2.3.	La conductivité électrique	35
III.2.4.	La siccité.....	36
III.2.5.	La matière volatile sèche (MVS)	36
III.2.6.	Le carbone organique (CO	37
III.2.7.	Calcium et Magnisme	37

III.2.8. L'azote total (Nt).....	38
III.2.9. Phosphore totale (Pt).....	39
III.3. Interpretation des resultats microbiologique.....	39
III.4. Le suivie de devloppement du concombre	40
III.4.1. Nombre des feuilles et de fruits 2017	40
III.4.2. La hauteur et diamétre de plants	41
III.5. L'analyse minéralogique de la boue pas DRX.....	41
III.6. L'analyse par infrarouge.....	43
III.7. Conclusion	46
Conclusion générale	47
Références bibliographique	
Annexes	
Résumé	

Introduction

Introduction générale

Introduction

L'eau est source de vie, sa gestion dans le passé se limitait essentiellement à l'approvisionnement des populations en eau de consommation. Devant l'ampleur de l'incidence des eaux polluées souvent rejetées dans le milieu récepteur (mer, rivières, sols) sans traitement préalable, elle génère de nombreuses maladies hydriques et une propagation des épidémies. Il est nécessaire, donc d'accorder une importance à l'évacuation et au traitement de ces eaux. (AZOUZZI, AIT YOUNS, 2012)

La non maîtrise des eaux usées pose souvent problème, du fait que la croissance de la population n'est pas souvent en phase avec la politique d'entretien et de développement des ouvrages d'assainissement. Face à une politique de développement de l'industrie en générale, on assiste à une urbanisation croissante avec l'implantation d'immeubles, d'hôtels, etc. Cet accroissement de la population pose souvent un problème de gestion des eaux usées.

(PORTUDAL et al, 2003)

Aujourd'hui, l'eau consommée ou utilisée par l'homme à l'échelle domestique ou industrielle génère inévitablement des déchets. Ces 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 (JARDE, 2002).

La construction de stations d'épuration et de traitement, pour lutter contre la pollution, et éviter les maladies d'origine hydrique et protéger le milieu récepteur, est devenue une nécessité majeure. C'est pourquoi l'Algérie a engagé un programme de réalisation de plusieurs stations d'épurations des eaux usées urbaines dont 172 stations sont en exploitations et 50 en cours de réalisation, et cela depuis le début des années 80 (Ladjelet al, 2011).

En effet la station d'épuration est une machine épuratrice des eaux usées et productive d'un résidu bio solide appelé « Boue ». La présence potentielle de micropolluants, réglementés ou non, dans les boues des stations d'épurations urbaines présente un impact sur l'environnement (UGHETTO, 2012). Et la pensée du devenir des boues en Algérie est devenue une importance primordiale pour le secteur environnemental et pour le secteur économique. Par conséquent, une valorisation des boues dans le domaine agricole s'avère une nécessité, dans le cadre d'une contribution à la valorisation des boues produites par la STEP de Souk El tenine; notre travail s'appuie sur l'étude des caractéristiques physico-chimiques de ses boues, le suivi des paramètres de pollution chimique et biologique vis à vis du milieu

Introduction générale

vivant végétatifs (concombre), ainsi que leur évolution dans le temps (en fonction de la durée de l'entreposage).

Notre mémoire est structuré en deux parties :

- la première présente des données bibliographiques scindée en un chapitre qui englobe des généralités sur les boues résiduaires urbaines.
- La deuxième partie empirique, comprend l'identification de la zone d'étude et la présentation de la station de traitement de Souk El Tenine, suivi d'un chapitre matériel et méthodes d'analyses adoptées et la mise en place du protocole expérimental. Le dernier chapitre est réservé à la présentation des résultats, leurs interprétations et leurs discussions. La fin de ce manuscrit est terminée par une conclusion générale qui fait ressortir l'essentiel des aboutissements de cette étude.

Comme perspectives, nous allons conclure sur la possibilité d'utilisation des boues issues de la station d'épuration comme composte voir comme substitut des engrais chimiques qui sont par ailleurs très onéreux pour les agriculteurs.

Partie théorique

I.1.Introduction

Quelque soit le procédé d'épuration des eaux usées urbaines ou industrielles adopté, leur traitement s'accompagne d'une production de quantité de boue non négligeable dont il faut s'en débarrasser. Plusieurs filières existent pour leur élimination, mais le choix doit être tributaire du coût d'installation, de l'origine des boues, de la valeur ajoutée du produit qui en résulte et de l'impact que pourrait avoir la filière retenue sur l'environnement (AMIR, 2005).

I.2.Définition des boues

Les boues, appelées aussi bio solides, sont définies comme étant un mélange d'eau et de matière solides, séparées par des procédés naturels ou artificiels de divers types d'eau qui les contiennent. Elles résultent du traitement des eaux usées dans des stations d'épuration urbaines, (WERTHER et OGADA, 1999). Ces boues représentent avant tout une matière première composée d'eau, de différents éléments comme la matière organique, d'éléments fertilisants (N, P, K...), d'éléments traces métalliques (ETM), d'éléments traces organiques (ETO) et d'agents pathogènes (BOUSSELHAJ, 1996).

I.3.Les origines des boues

Les boues de station d'épuration, sont des boues résiduaires, qui résultent de traitement des eaux usées en aval et sont d'origines :

I.3.1.Les eaux usées industrielles

Ce sont des eaux contenant des matières organiques telles que les effluents d'abattoir ou de fermentation, et inorganiques comme les composés toxiques, les métaux lourds, etc.(AIT AYANE .K et al.2009).

I.3.2.Les eaux usées domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau potable dans la majeure partie des cas pour satisfaire tous les usages ménagers. Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérales en suspension et des produits détergents ; des eaux de buanderie, contenant principalement des détergents ; des eaux de salle de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement de matières grasses hydrocarbonées ; des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes (Baumont, 2005).

I.2.3. Les eaux usées de ruissellement

Les eaux pluviales peuvent constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie entraîne des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (**Bountoux, 1993**).

I.4. Les types de boues

Selon le type de traitement des eaux usées, une station d'épuration peut produire trois grandes catégories de boue :

I.4.1. Les boues primaires

Elles sont obtenues par simple décantation d'un résidu insoluble. Ces boues correspondent à la pollution particulaire directement décantable. Elles sont produites par les Industries de la cellulose, les industries de traitement des métaux, des minerais, les industries Agroalimentaires générant des déchets fibreux (**Murillo, 2004**).

I.4.2. Les boues de traitement physicochimique

Elles sont générées par l'ajout d'un réactif injecté soit au début de traitement, soit en traitement de finition. On retrouve souvent dans ces boues des hydroxydes, voire d'autres métaux dans le cas des industries de traitement de surface. Ces boues peuvent donc présenter certaines similitudes avec des boues d'eau potable (**ADEME, 2001**).

I.4.3. Les boues de l'épuration biologique

Les boues biologique ou boues secondaires sont issues du traitement biologique que ce soit en culture libre (boues activées), ou en culture fixées (lit bactérien, disques biologique, etc). Elles sont issues de la métabolisation de la pollution organique biodégradable soluble et colloïdales, lors d'une épuration, elles sont donc constitués essentiellement de corps bactériens et leurs sécrétions (**Marc Hebert, 2011**).

I.4.4. Les boues mixtes

C'est le mélange des boues biologiques et des boues primaires. Elles existent au niveau des STEP (station de traitement des eaux usées) dotées d'une filière de traitement complète (**Rémy Albrecht, 2007**).

I.4.5. Les 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 (ONA, 2004).

I.5. La composition des boues

La composition des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (Werther et Ogada, 1999 ; Jarde et al, 2003 ; Singh et al, 2004).

I.5.1. Les éléments indésirables

Les boues issues d'une station d'épuration (STEP) contiennent également trois (3) sortes d'éléments indésirables de différente nature et composition :

❖ Les micro-organismes pathogènes

Les micro-organismes jouent un rôle déterminant du processus d'épuration aussi bien en station que dans le sol. Ils sont présents en abondance dans les boues d'épuration. Mais seule une infime partie est susceptible de présenter un risque infectieux les pathogènes (virus, bactéries, champignons, helminthes).

❖ Les éléments traces métalliques (ETM)

Les boues de STEP contiennent également des métaux en très faible quantité et un certain nombre d'entre eux sont essentiels à l'alimentation des plantes : on parle alors d'éléments traces métalliques (ETM). Leur présence dans les boues d'épuration est due au déversement dans le réseau d'assainissement de contaminants liés aux activités humaines (produits médicamenteux et de nettoyage, cosmétiques, produits liquides rejetés par les activités commerciales et industrielles) ou aux activités urbaines (corrosion des conduites d'eau, ruissellements des eaux de pluie sur les toitures et les routes). Les boues ne sont pas les seules responsables de la présence d'ETM dans les sols, on peut citer : Zn, Pb, Cu, Cr, Si, Cd (**BECHAC et al in DEBBA, 1998**).

❖ Les composés traces organiques (CTO)

Les composés traces organiques sont des produits chimiques (hydrocarbures, détergents, restes de peinture et de solvant, produits de nettoyage ou de désinfection) qui sont plus ou moins dégradés par l'activité microbologique du sol. Cependant, au même titre que les ETM, les CTO peuvent devenir toxiques pour les micro-organismes

des sols à haute dose, or ces derniers sont indispensables à la fertilité des sols **(BECHAC et al in DEBBA, 1998)**.

Il existe encore peu de données sur la teneur en CTO des boues. Soixante-dix des substances dangereuses cataloguées ont été détectées dans les boues. La réglementation française a retenu comme indicateur des composés résistants à la biodégradation :

- les HPA ou hydrocarbures polycycliques aromatiques, sont issus de la combustion des carburants ou du chauffage.
- les PCB ou polychlorobiphényles. Au même titre que les ETM, certains sont des produits très persistants qui font craindre une accumulation dans le sol **(TEDJANI, 2017)**.

I.5.2. Les éléments 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 leurs 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 **(Warman et al, 2005)**.

I.5.3. La matière organique (MO)

Les boues sont constituées de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques **(ADEME, 2001 ; Jarde et al ; 2003)**.

I.6. La classification des boues

Les boues sont classées, selon leurs caractéristiques principales, en six (06) catégories :

- **boues organiques hydrophiles** : très organiques, contiennent 40 à 90% de matière volatile.
- **boues huileuses hydrophiles** : contiennent des huiles minérales ou des hydrocarbures.
- **boues huileuses hydrophobes** : contiennent des oxydes mélangés à des huiles minérales.

- **boues minérales hydrophiles** : contiennent une forte proportion d'hydroxydes métalliques.
- **boues minérales hydrophobes** : contiennent de forte proportion de carbonates.
- **boues fibreuses** : contiennent 20 à 80% de fibres. (Werther et Ogada, 1999 ; Jarde et al., 2003 ; Singh et al., 2004).

Tableau I : les différentes classes de boues (LADJEL, 2011).

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Définition	Boues primaires, physico-chimiques & forte charge	biologiques	Mixtes A+ B	Stabilisées en biologie digestion, stabilisation
Aptitude à la concentration	Excellent	moyen	bon à faible	moyen à faible
Aptitude à la stabilisation	Excellent	bon à faible	moyen à bon	-
Aptitude à ne pas fermenter	moyen à faible	bon	faible	Bon
Traitabilité	très bon	moyen à faible	bon	Bon

I.7. Les caractéristiques des boues

Une boue est aussi représentée par plusieurs données numériques qui permettent de la caractériser on distingue :

I.7.1. La siccité d'une boue

La boue est essentiellement constituée d'eau et de matières sèches (MS). Cette dernière s'exprime en g ou en pourcentage. Elle est déterminée par séchage à 105 °C ou par Infra rouge (LADJEL, 2011).

I.7.2 .Le taux de matière volatile sèche (MVS)

Les matières sèches (MS) sont composées de matières minérale et de matière organique appelée matière volatile sèche (MVS). la concentration des MVS exprimer en(g) (ASMAHANE, 2011).

I.7.3.L a consistance d'une boue

La consistance de la boue est critère essentiel pour le stockage, l'homogénéisation, la manutention et l'enfouissement, etc. Cette consistance est liée à l'état physique de la boue (LADJE, 2011).

La consistance est généralement définie en tenant compte de la siccité :

Tableau II : Caractéristiques des boues en fonction de la siccité et de certaines propriétés (ADLER, 2005).

	Siccité	Caractéristiques
Boues liquides	1 à 2%	Liquide
Boues liquides épaissies	8 à 12%	Liquide
Boues pâteuses	18 à 30%	Pelletable
Boues solides	30 à 90%	Pelletable gérable et émottable
Boues sèches	>90%	Pulvérulente ou granulées
Boues composts	50 à 60%	Pelletable gérable et emottable

I.8.Traitement des boues

Quel que soit le mode d'épuration des eaux, les boues sont initialement constituées d'eau (99%), de matière organique fraîche très fermentescible, et des matières minérales dissoutes ou insolubles. La matière organique qui représente 35 à 85 % de matière sèche est constituée essentiellement de cadavres de bactéries et leurs substances toxiques (Bram, 1986).

Ces caractéristiques posent beaucoup de problèmes techniques pour leur évacuation, quelle que soit la destination, parmi lesquels leur transport et leur stockage qui conduisent souvent à des problèmes de manipulation et des nuisances olfactives. Ceci impose le choix d'une filière de traitement des boues dès l'installation de la STEP. Selon le but de leur utilisation, des traitements complémentaires sont appliqués afin de:

- réduire leur teneur en eau est ceci dans le but de réduire leur volume et d'éviter la Putréfaction de la matière organique facilement décomposable.
- stabiliser la matière organique en diminuant sa fermentescibilité pour réduire au moins

Ou supprimer les mauvaises odeurs (**Guy, 2003 ; Emilian, 2004**).

- les hygiénismes, afin d'éliminer la charge en microorganismes pathogènes.

Les boues subissent donc des traitements de déshydratation et de stabilisation avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou réutilisées à des fins agricoles ou énergétiques. Ainsi, pour réduire les volumes de boues, différents procédés sont mis en œuvre, comprenant par ordre croissant d'efficacité et de coût, l'épaississement, la déshydratation, le séchage, la stabilisation et la pasteurisation (**Guy 2003, Emilian 2004**).

I.8.1.Épaississement

C'est la première étape du traitement des boues qui consiste à réduire le volume et concentrer la matière en suspension en éliminant une partie de l'eau. Cet épaississement peut se faire par des techniques simples comme la décantation, la flottation, la centrifugation, égouttage (drainage). Ce procédé permet d'obtenir des boues qui ont jusqu'à 5% de matière sèche (**Karine, 2007**).

I.8.2.Déshydratation

La déshydratation qui correspond à une augmentation forte de siccité, modifie l'état physique des boues, celles-ci passant de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Il existe deux procédés principaux, le procédé filtre bande et le procédé filtre presse. Pour le procédé filtre bande, les boues sont déversées entre deux bandes continues verticales de toiles synthétiques se déroulant entre deux rouleaux presseurs puis acheminées vers une aire de stockage. Pour le deuxième procédé, les boues sont injectées dans des filtres presses. Ces derniers sont pressés puis des «gâteaux de boues» sont démoulés et vont rejoindre l'aire de stockage (**Emilie JARDE, 2002**).

I.8.3.Séchage

Le séchage est une opération unitaire du traitement des boues consistant à évaporer de l'eau libre et liée. Plusieurs techniques de séchage sont envisageables

- Lit de séchage
 - Séchage solaire
 - Lit de sable
 - Lagune de séchage
 - Lit planté des macrophytes
- Séchage thermique
 - Séchage direct

- Séchage indirect (**Anonyme, 2012**).

I.8.4. Stabilisation des boues

La stabilisation consiste à réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation. Elle réduit fortement la nuisance olfactive, les émissions de méthane, les risques de lixiviation et les populations bactériennes (**Anonyme, 2012**).

I.8.5. Pasteurisation des Boues

Elle a pour objectif de détruire les éléments pathogènes et d'autres substances nocives qui pourraient être présents dans les boues. La pasteurisation consiste à chauffer les boues à une température de 70°C pendant un minimum de 30 minutes afin de les aseptiser. Ce type de traitement nécessite l'usage d'une chaudière autonome et d'un échangeur de chaleur au boues ou encore, d'un brûleur à gaz immergé dans les boues (**Bechaux, 1978**).

I.9. Devenir des boues

Actuellement, il existe cinq modes d'élimination ou de valorisation des boues :

- **L'incinération** qui consiste à injecter les boues en pulvérisation dans un incinérateur en vue de les brûler. Il s'agit là d'une filière d'élimination du déchet. Pour être assimilé à de la valorisation, cela implique de récupérer l'énergie produite, néanmoins ce procédé peut-être à l'origine de désagréments tel que le dégagement de nombreux polluants atmosphériques.
- **L'enfouissement** des boues dans un centre d'enfouissement technique des déchets de classe 2.
- **La méthanisation** par dégradation biologique en condition anaérobie des matières organiques qui produisent du gaz carbonique et du méthane. Le méthane peut être valorisé par cogénération pour produire de l'électricité et de la chaleur.
- **L'épandage** des boues sur des terres agricoles à condition qu'elles présentent un intérêt agronomique. Ce mode de valorisation est soumis à la réglementation sur l'épandage agricole des boues d'épuration.
- **Le compostage** des boues avec un support carboné, qui est généralement du broyat de déchets verts. Ce procédé permet d'hygiéniser le produit et de faciliter son stockage et son épandage.

I.10. Valorisation des boues

La nature de la matière organique des boues d'épuration fait qu'elle est facilement minéralisée par les micro-organismes du sol et produit peu d'humus. Ainsi, les boues représentent un apport de matière fertilisante très bon marché en comparaison avec les engrais chimiques. Elles peuvent être valorisées comme matières résiduelles fertilisantes et suppléer une partie de l'apport d'engrais minéraux nécessaire à des cultures économiquement importantes, tout en agissant favorablement sur les propriétés du sol (ADEME, 1996). En effet, des études de la valeur fertilisante ont démontré que l'application de boues résiduaires urbaines s'est traduite par une production importante d'azote minéral (Mench et al. 1989) et une augmentation de la teneur de formes organiques et minérales du phosphore (Brossard et al. 1989).

I.11. La matière végétale

Pour voir l'effet des deux boues sur le développement et le rendement des plants, nous avons choisi dans notre projet de fin d'étude la plante du concombre. Cette plante a été choisie pour la cause de sa pelure et le fruit.

I.11.1. Le Concombre

Le concombre (*Cucumis sativus*) est une plante potagère herbacée, rampante, de la même famille que la calebasse africaine, le melon ou la courge (famille des Cucurbitacées). C'est botaniquement un fruit qui est consommé comme un légume. La plante, qui poussait naturellement au pied de l'Himalaya, aurait été domestiquée pour la première fois en Inde il y a au moins 3 000 ans. C'est la même espèce *Cucumis sativus* qui produit les cornichons. (Anonyme, 2018).

I.11.2. Classification botanique de concombre

Nom scientifique : *Cucumis sativus*

Famille : Cucurbitaceae

Ordre : Violales

Classe : Magnoliopsida

Classification supérieure : *Cucumis*

Rang : Espèce

I.12. Conclusion

Les eaux usées par leur différente provenance sont à l'origine de la formation de la boue qui est classée selon son origine et leurs caractéristiques. L'élimination nécessite un traitement préalable avant leur rejet définitif ou leur utilisation dans différents domaines tels que l'agriculture et production énergétique.

Partie pratique

I.1.Introduction

La wilaya de Béjaia possède plusieurs STEP industrielles et urbaines, dont certaines sont en cours de réalisation. Notre stage pratique est accentué sur les stations d'épuration des eaux usées urbaines, de la STEP de Souk El Tnine qui est prévu pour traiter les eaux usées de la Daïra de Souk El Tenine , englobant les deux communes Souk El Tenine et Melbou , où nous allons opter à une étude analytique des boues produites en fin de traitement de ses eaux usées.

I.2.Historique de la STEP de Souk El Tenine

La station de Souk El Tenine est le fruit d'un partenariat entre deux entreprises étrangères à savoir; BONA TUNISIE et VATEC WABAG (GmbH). Sa mise en service 2012 - 2013 par l'entreprise VATEC WABAG, le suivi des travaux assuré par la direction de l'hydraulique et détaché enfin à l'office nationale d'assainissement fin 2013.

I.3.Situation géographique de la station de Souk El Tenine

Souk El Tenine est une ville située à 35Km Est de la ville de Bejaia, et à 60Km Ouest de la ville de Jijel à 75Km en nord-ouest de la ville de Sétif, installée au débouché de l'oued Agrioune sur le littoral, au croisement des RN9 et RN43. Implantée dans une zone plus basse de la ville et à un niveau zéro d'altitude par rapport à la mer.



Figure 01 : Maquette de la station de Souk El Tenine.

I.4. Les caractéristiques de la STEP de Souk El Tenine

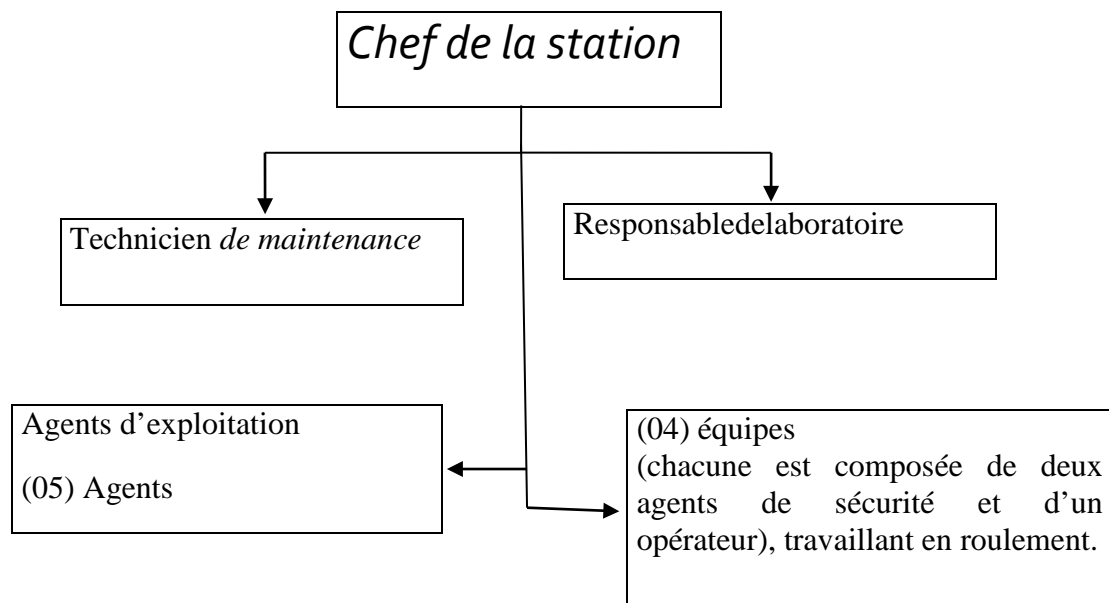


Figure 02 : Schéma d'organigramme du personnel de la STEP

- **Les données de base**

Pour un bon fonctionnement et une fiabilité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de Souk El Tenine une référence de données de normes est conçue à suivre.

Debit journalier : 5 710 m³/jrs

Equivalent habitant : 47 580

Tableau III : Norme de rejet de la station de Souk El Tenine

Paramètre	Données
MES	30 mg/l
DBO ₅	20 mg/l
DCO	120 mg/l
Azote ammonium (NH ₄ -N)	3 - 5 mg/l
Azote nitrates (NO ₃ -N)	8 - 10 mg/l
Huiles et graisses végétales	20 mg/l
Coliformes totaux	< 20 000 par 100 ml
Coliformes fécaux	< 12 000 par 100 ml
Streptocoques fécaux	< 2 000 par 100 ml

I.5. Le fonctionnement de la station de Souk El Tinine

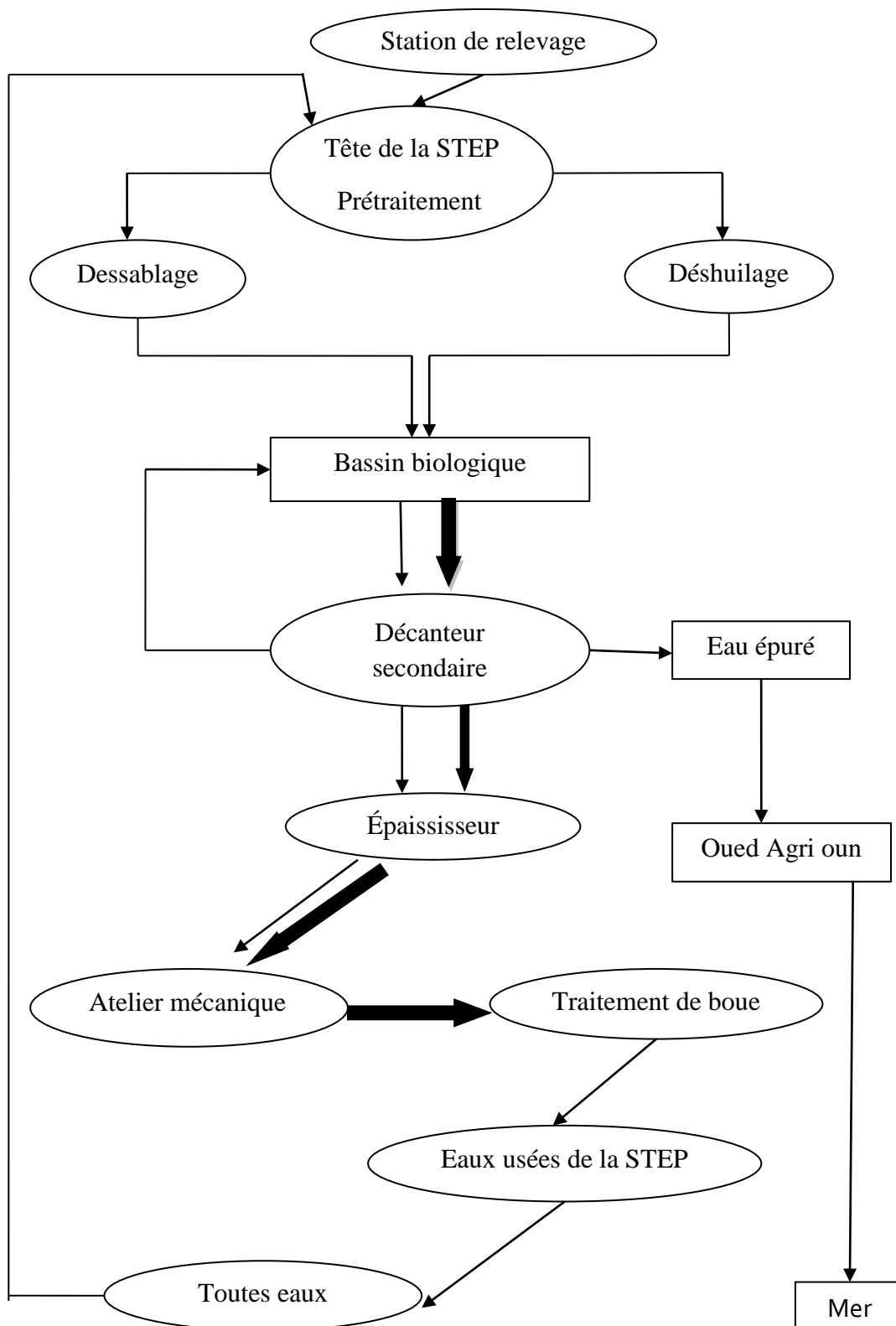


Figure 03 : Schéma de fonctionnement de la station de Souk El Tenine

I.6. Description de la station d'épuration de Souk-El-Tenine

Le système de traitement, retenu pour l'épuration des eaux usées de la STEP de Souk El Tenine est celui à boue activée.

I.6.1. Le prétraitement

Le prétraitement assure le bon fonctionnement de la station d'épuration et comprend ces étapes.

- ✓ **Dégrillage** : équipé d'une grille mécanique qui permet d'éliminer les plus gros déchets insolubles d'une façon automatique et d'une grille manuelle dont un agent d'exploitation racle les déchets retenus par cette dernière à l'aide d'un râteau, évacuée vers la benne d'évacuation.



Figure 6: Dégrillage mécanique



Figure 7: Dégrillage manuelle

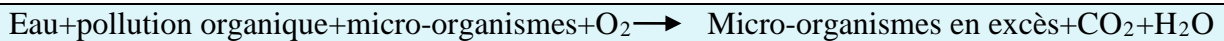
- ✓ **Déshuilage et dessablage** : constitué d'un pont mécanique muni d'un système de raclage permettant d'éliminer les huiles flottantes, et les particules solides (sable et gravier) vont décanter et seront récupérées au fond du bassin puis lavées et éliminées en décharge.



Figure 06 : Déshuilage dessablage

I.6.2. Bassin d'aération (Bassin biologique)

C'est le cœur de la station du même du procédé à boues activées, où s'effectue le métabolisme de la pollution par les bactéries qui sont alimenté en oxygène par des aérateurs. Le bassin biologique est commandé depuis la salle de contrôle les derniers (les aérateurs) sont allumés automatiquement une fois le taux d'oxygène indiqué est inférieur à la norme qui représente le nutriment de la bactérie pour assurer une meilleur dégradation de la matière organique.



I.6.3. Décanteur secondaire (clarificateur)

Le décanteur secondaire de la station de Souk El Tenine est d'une forme circulaire qui assure la clarification essentielle dans le procédé biologique d'épuration. Cette séparation de boues concentrées et d'eau traitée, a une influence directe sur les conditions de fonctionnement du système et sur le rendement d'épuration. Le rôle de la décantation secondaire est donc d'assurer une meilleure séparation de la biomasse de l'eau traitée.



Figure 07 : Décanteur secondaire.

I.6.4. Bassin de recirculation

Les boues décantées sont acheminées vers une fosse de pompage des boues de recirculation et d'excès. Les boues sont retournées par une conduite, au puits de répartition à l'entrée des bassins d'aération. Un volume de boues envoyé à l'épaississement est mesuré avec un débitmètre électromagnétique sur les conduites de refoulement des boues en excès.



Figure 08: Bassin de recirculation.

I.6.5. L'épaississeur

Les boues en excès sont introduites par pompage et par l'intermédiaire d'une tuyauterie au centre de l'épaississeur. Les boues s'épaississent par l'action de la pesanteur et du mécanisme racleur. Les boues épaissies sont raclées vers l'installation de déshydratation mécanique en vue de leur déshydratation.



Figure 09 : Épaississeur

I.6.6. La déshydratation des boues

Consiste à séparer l'eau des boues épaissies par force centrifuge développé dans un cylindre tournant à grand vitesse. La filtration par filtre –presses à plateaux consiste en une compression des boues entre deux plateaux équipés de toiles filtrantes.

I.7. Principe de l'épuration biologique

Le principe d'épuration à boues activées est un procédé biologique aérobie où l'on développe une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés bio flocons. Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange eau usée - bio flocons est appelé liqueur mixte. Cette dernière est maintenue dans un régime turbulent par un système d'aération (turbine). De l'oxygène dissout est ainsi introduit dans la masse de la liqueur mixte, nécessaire pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobies. Après un temps de contact suffisamment long, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur mécanisé appelé aussi décanteur secondaire. Durant cette phase, une séparation solide/liquide s'effectue par gravité. La plus grande partie des boues décantées est recyclée à l'entrée du réacteur biologique. Une partie des boues qui se dépose sur le radier du décanteur secondaire, appelée boues en excès, sera dirigée vers le traitement des boues, épaissement puis déshydratation sur filtres à bande.

I.8. Le laboratoire de la station de Souk El Tenine

Le laboratoire est indispensable dans la station d'épuration. Son rôle est de surveiller en permanence les eaux brutes et épurées, tout en se référant aux résultats quotidiens des analyses effectués, en vue de vérifier la fiabilité du traitement des eaux avant leur évacuation dans l'environnement.

I.9. Les analyses fréquents et indispensables au laboratoire de la STEP de Souk El Tenine

- ✓ Les paramètres physico-chimiques :
 - Le débit (Q) (m^3/j).
 - La température T (en C°).
 - Le potentiel hydrogène (pH).
 - La conductivité en ($\mu s/cm$).
 - L'oxygène dissous (mg/l).

- ✓ Les paramètres de pollution :
 - V_{30} (en ml/l).
 - La demande biochimique en oxygène DBO_5 (en mg/l)
 - La demande chimique en oxygène DCO (en mg/l)
 - Les matières en suspension MES (en mg/l)
 - Les matières volatiles en suspension MVS (en g/l)
 - La notion de biodégradabilité (K)
 - Indice de MohlmanIM (en ml/g) ;
 - La siccité des boues (en %) ;
 - Azote ammoniacal $N-NH_4^+$ (en mg/l) ;
 - Azote total NT(en mg/l) ;
 - Azote nitrique (nitrates) $N-NO_3^-$ (en mg/l) ;
 - Azote nitreux (nitrites) $N-NO_2^-$ (en mg/l) ;
 - Phosphate Totale PT (en mg/l).

I.10. Conclusion

En conclusion, on peut dire que la station d'épuration des eaux usées de Souk-El-Tenine utilise les dernières et nouvelles technologies en matière d'innovation pour le traitement des eaux usées urbaines. Cette STEP fonctionne sur le principe de traitement par le procédé biologique à boue activée.

Matériels

Et

méthodes

II.1.Introduction

Ce chapitre est structuré en deux parties comprenant les méthodes analytiques réalisées au laboratoire de la station de Souk El Tenine et le laboratoire de chimie de l'université de Bejaia. Dans cette partie, on a effectué des analyses tel que : le pH, la conductivité, l'humidité (la siccité), la matière sèche et le carbone organique ainsi que les micro-organismes. La deuxième partie touche la boue calcinée sur laquelle nous avons déterminé des paramètres de pollution.

II.2.Prélèvement des échantillons

Nous avons effectué deux prélèvements d'échantillons de boue au niveau de la station de Souk El Tenine dont le premier est une boue ancienne (avril 2017), la deuxième est une boue nouvelle (avril 2018). Les échantillons ont été conservé dans des flacons à l'abrie de la lumière jusqu'à leurs acheminement au laboratoire.



Figure 10 : Boue ancienne (2017)



Figure 11 : Boue nouvelle (2018)

II.3.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.4. Les paramètres physicochimiques de la boue brute

II.4.1. L'humidité

La teneur en humidité a été mesurée après séchage de l'échantillon à 105°C pendant une nuit.

$$\text{Humidité\%} = \frac{(P1 - P0) - (P2 - P0)}{(P2 - P1)} \times 100(\%)$$

Avec :

P0 = le poids du creuset vide (en g)

P1 = le poids de la boue avec le creuset (en g)

P2 = le poids de la boue séchée avec le creuset (en g)

II.4.2. Mesure de pH

Peser 20g de boue brute à l'aide d'une balance analytique, verser dans un bécher de 100ml. Ajouter 50ml d'eau distillé et agiter le mélange pendant 30min à l'aide d'un agitateur magnétique. Laisser décanter 15min. Mesurer le pH de la suspension à l'aide du pH-mètre (BOECO Germany BT-675).



Figure 12: Mesure de pH de la boue

II.4.3. Mesure de la conductivité

Peser 20g de boue brute à l'aide d'une balance analytique. Mettre dans un bécher de 100ml, ajouter 50ml d'eau distillée. Agiter le mélange pendant 30min à l'aide d'un agitateur magnétique. Laisser décanter 15min. Mesurer la conductivité de la suspension à l'aide d'un conductimètre (HANNA instruments EC215).



Figure 13 : Mesure de la conductivité de la boue.

II.4.4. La siccité (S)

La siccité de boue est déterminée par pesée d'une certaine quantité de boue avant et après passage à l'étuve à 105°C. La perte de poids du solide représente le poids d'eau évaporée pendant le séchage. La siccité est calculée par la loi suivante :

$$\text{Siccité} = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} \times 100 (\%)$$

Avec :

P0 = le poids du creuset vide (en g)

P1 = le poids de la boue avec le creuset (en g)

P2 = le poids de la boue séchée avec le creuset (en g)

II.4.5. Matières volatiles sèche (MVS)

La boue sèche est mise dans un four à moufle à 551°C pendant 2 heures (calcination). L'ensemble est pesé avant et après passage dans le four. La **MVS** est exprimé en grammes (g). Les matières sèches volatiles sont déterminées selon la loi suivante :

$$\text{MVS} = P2 - P3$$

Avec :

P2 : le poids de la boue séchée + le creuset (en g)

P3 : le poids de la boue calcinée + le creuset (en g)

II.4.6. Analyse du carbone organique et de la matière organique

- **Principe**

La méthode utilisée est celle de **Anne (1945)**. C'est la méthode par voie humide basée sur l'oxydation de la matière organique en gaz carbonique (CO₂) par le bichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) en milieu sulfurique (H₂SO₄). L'excès de bichromate de potassium est titré par une solution de sel de Mohr en présence d'indicateur coloré, le diphénylamine, dont la couleur passe du vert foncé au violet puis au vert clair.

$$\% C = \frac{(V' - V) * 0.615 * 5}{\text{poids de la prise d'essai (mg)}} * 100$$

Avec :

V' (ml) : volume de la solution de sel de Mohr nécessaire pour faire disparaître l'excès de bichromate de potassium dans la solution témoin.

V (ml) : volume de la solution de sel de Mohr nécessaire au dosage de l'échantillon à partir de pourcentage de carbone organique, le taux de la matière organique peut être obtenu par la formule suivante :

$$\%MO = \%C * 1,72$$

- **Mode Opératoire**

Placer une prise d'essai de 1g de boue dans un ballon en verre pyrex de 250 ml à col rodé, ajouter 20ml d'une solution aqueuse de bichromate de potassium à 8% et 15ml d'acide sulfurique concentré. Porter le ballon sur un chauffe ballon, le raccorder au réfrigérant ascendant, poursuivre l'ébullition durant 5min après la chute de la première goutte de condensation, laissez refroidir lentement. Puis transvaser le contenu du ballon dans une fiole jaugée et ajuster à 100ml avec l'eau distillé et de rinçage du ballon et laisser reposer pendant 30min. Par la suite prélever à l'aide d'une pipette, 20ml du contenu de la fiole, et verser dans un bécher en verre ordinaire de 100ml. Ajuster à 50ml avec l'eau distillée. Ajouter 1,5 g de NaF et 3 à 4 gouttes de diphénylamine. Placer le bécher sur un agitateur magnétique surmonté d'une burette graduée de 25ml, agiter et doser l'excès de bichromate à l'aide d'une solution de Mohr(0,2 N). Au cours du titrage, la solution passe successivement par les couleurs suivantes : brune noirâtre, violette et verte.

II.4.7. Analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique des prélèvements effectués sur la boue se base essentiellement sur la recherche et l'identification de certains germes pathogènes susceptibles d'y être décelés. La verrerie utilisée pendant les analyses doit être bien lavée par un détergent autorisé puis rincée plusieurs fois à l'eau distillée et séchée. Elle est stérilisée par le bec benzène qui reste allumé pendant l'analyse.

- **Mode Opératoire**

- **Préparation de l'échantillon**

Dans un bécher de 50ml contenant 9ml d'eau distillée stérile, sont ajoutés aseptiquement 1g de bouesèche (après séchage à 30°C pendant une nuit). Ce mélange est agité mécaniquement à l'aide de barreaux magnétiques pendant 30 minutes. Le but est de libérer le maximum de charge microbienne. La suspension obtenue correspond à la dilution 10^{-1} . 1ml de la dilution 10^{-1} sont prélevés aseptiquement et mis dans 9ml d'eau distillée stérile donnant ainsi la dilution 10^{-2} qui est agitée pendant deux minutes avant de prélever 1ml que l'on ajoute à 9ml d'eau distillée stérile et ainsi de suite jusqu'à la dilution 10^{-8} . 1ml est prélevé à partir de la dilution 10^{-5} jusqu'à la dilution 10^{-8} , et ensemencé sur les différents milieux de culture, à l'aide d'un étaloir de verre stérile (RAPILLY, 1968).

Tableau IV : Espèces bactériennes prétendument présentes et leur milieu de culture respectifs.

Germe	Milieu de culture
Flore totale	Gélose nutritive
Streptocoque fécaux	BEA
Coliforme	VRBL
Clostridium sulfito-réducteur	VF

- **Dénombrements des bactéries**

- **La flore totale (flores aérobies mésophiles)**

Elle englobe tous les germes pathogènes et non pathogènes capables de se multiplier en aérobie. Les colonies apparues sont d'une couleur blanche et une forme lenticulaire de dénombrement de la flore totale nous renseigne sur la charge microbienne du produit analysé (Pilet, 1983)

- **Streptocoque fécaux**

Ce sont des bactériens de la famille (streptococaceae) gram positif, non sporulés, forme chaînette. Ils sont présents dans l'air, le sol et l'eau. Ce sont des germes aéro-anaérobie, leur présence est un indice de contamination fécale, plus ou moins récente (Pilet, 1983). Certaines espèces sont occasionnellement pathogènes

1. Streptocoque A, B et D pour l'homme
2. Streptocoque B pour les bovidés
3. Streptocoque C pour les équidés.

- **Coliforme**

Ce sont des bactéries de la famille (Enterobactériaceae) gram négatif, de forme bâtonnets non sporogones, capable de croître en aérobie à 37°C, fermentent le lactose avec production de gaz (Pilet, 1983)

- **Clostridium sulfite-réducteur**

Ce sont des bactéries anaérobies strictes, sporulées gram positif. Il est à l'origine des toxi-infections alimentaires, ce type est caractérisé par la thermorésistance (les spores résistent une température de 100°C pendant 30min) et par un équipement enzymatique réduisant les sulfates en sulfure sur les géloses (viande foie) et en présence de sulfate de sodium et de alun de fer, ils donnent après 48h des colorations qui facilitent leur dénombrement (Dommergues, Mangenot, 1970; Pilet, 1983).

- **Mode Opératoire de dénombrement des bactéries**

- **Flore totale, streptocoque fécaux, coliforme**

A partir des dilutions nous avons pris aseptiquement 1ml que nous avons mis dans une boîte de Pétri vide stérile, et compléter ensuite avec 19ml de milieu de culture pour chaque type de bactérie préalablement fondue puis refroidie à 45°C, puis agité lentement par un mouvement de forme huit, par la suite nous avons incubé les boîtes Pétri dans l'étuve à 37°C pendant 48h.

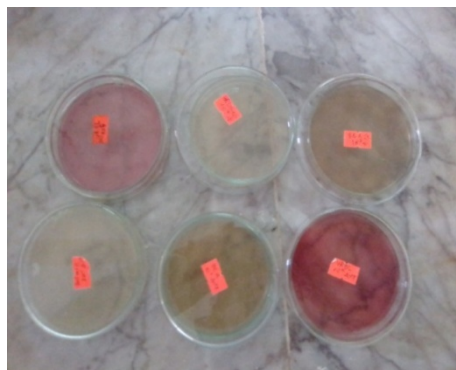


Figure 14: Milieu de culture.

➤ *Clostridium sulfite-reducteurs*

Nous avons aspiré 2ml de l'échantillon déjà préparé (voir annexe), et met dans des tube stérile, puis chauffé dans un bain marie a 80°C pendant 10min, ensuite les refroidir en criant un choc thermique, après nous avons ajouté un mélange de (gélose viande fois+ Sulfite de sodium+ alun de fer) on agite et on laisse se solidifier et on ajoute environs 2ml de l'huile d'olive pourfavoriser l'anaérobiose,puis incuber à 44°C pendant 48 heures. Après la période d'incubation, serons considérés comme positifs, les tubes contenant des colonies noires de spores des Clostridium.

II.5. Analyses sur la boue calcinée

II.5.1. Prétraitement des échantillons

Cette opération comprend différentes taches, précédent l'analyse proprement dite. On distingue entre autres :

- Le prétraitement des échantillons ;
- L'extraction des polluants des échantillons ;
- La purification des extraits avant analyse.

Dans notre cas nous avons suivis les démarches expérimentales suivantes pour ladissolution de notre échantillon

1. Calcination de la boue dans le four à moufle à 551°C

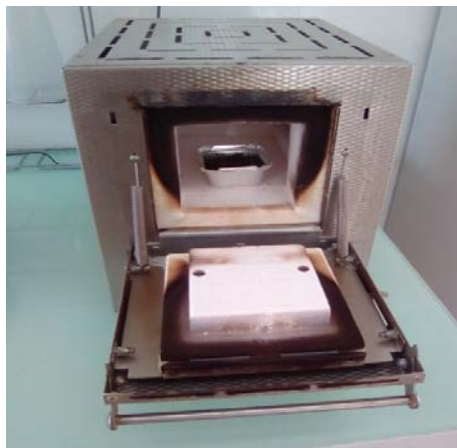


Figure 15 : mode de calcination de la boue dans le four à moufle.

2. Broyage de la boue calcinée dans un mortier en Agate, puis tamisage de la poudre Afin d'éliminer les grosses particules.



Figure 16 : Broyage de l'échantillon.

L'extraction a pour but de mettre en solution l'ensemble des polluants avant analyse, La solubilisation a été réalisée par minéralisation des échantillons de boues par une attaque acide. Préparer 1g de boue dans une solution d'eau régale préparée par un mélange de 30 ml d'acide chlorhydrique plus 10 ml d'acide nitrique. Dissoudre 1g de boue calcinée dans 10 ml d'eau régale et porter à ébullition sur une plaque chauffante pendant 03 heures. Le chauffage a été réalisé dans un dispositif à reflux pour éviter les phénomènes d'évaporation.



Figure17: Dispositif à reflux utilisé

Après refroidissement, filtrer le mélange en utilisant une pompe à vide .récupérerle filtrat dans une fiole de 100ml et compléter jusqu'au trait de jauge. Stockerles échantillons dans des conditions favorables en vue des différentes analyses.



Figure 18: Filtration avec la pompe à vide.



Figure 19: Solution de boue minéraliser.

II.5.2. Mesure des paramètres de pollution sur la boue calcinée

Une fois qu'on a minéralisé la boue calcinée au laboratoire de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia, on détermine les paramètres de pollutions (azote total, phosphore total).

II.5.2.1. mesure de l'azote totale

Le dosage de l'azote total se fait par minéralisation oxydative dans un bloc chauffant suivie d'une « compensation » des interférences et la détermination photométrique à l'aide du 2,6 diméthylphenol dans un mélange d'acide sulfurique et d'acide phosphorique.

Mode opératoire

➤ Étape de minéralisation (boîte A)

- Introduire 5ml d'échantillon dans une cuve vide ;
- Ajouter une cuillère d'orange de Naranja ;
- Agiter et introduire la cuve dans le réacteur DCO à 120°C pendant 30min ;
- Laisser refroidir à une température ambiante (20°C à 25°C) ;
- Ajouter une cuillère d'hydroxyde alcalin ;
- Bien agiter

➤ Analyse (boîte B)

- Ajouter 0.5ml de la solution de la boîte A à une cuve d'azote total ;
- Ajouter 0.5ml du réactif 2 (nitrate N-NO₂)
- Agiter 3fois la cuve ;
- Bien nettoyer ;
- Laisser reposer 10 min ;

- Mesurer à l'aide du spectrophotomètre ;

II.5.2.2. mesure de Phosphate total

La mesure de phosphate total se fait par la détermination photométrique en tant que bleu de molybdène après hydrolyse acide et oxydation à 100-120°C, par contre pour les phosphates 50 par détermination photométrique du complexe jaune d'acide phosphorique-molybdate-vanadate après hydrolyse acide et oxydation à 100-120 °C.

- **Mode opératoire**

- Ouvrir une cuve ronde ;
- Ajouter 0,5ml de l'échantillon à analyser et 1 NANOFIX phosphate R2 ;
- Fermer à fond et mélanger ;
- Incuber la cuve dans le bloc chauffant à une température $T^{\circ}=120^{\circ}\text{C}$ pendant 30min ;
- Faire sortir la cuve du bloc chauffant et laisser refroidir à une température ambiante ;
- Ajouter 1 NANOFIX phosphate total R3 et 0,2 ml de phosphate total R4 ;
- Agiter, nettoyer à l'extérieur et laisser reposer 10min ;
- Faire la mesure par le spectrophotomètre ;

II.5.2.3. Dosage des bases échangeables (Ca^{2+} , Mg^{2+})

Pour déterminer la concentration en ion calcium et ions magnésium dans une boue minéralisée, on utilise une réaction de complication avec l'ion éthylène-diamine-tetra acétique (EDTA).

- **Mode opératoire de la dureté**

Dans un erlenmeyer de 250 ml, verser la prise d'essai de 10 ml de boue minéralisée, et ajouter la solution tampon jusqu'à pH 10 (le pH de la boue minéralisée est inférieure à 7), et quelques grains de mélange ($\text{NET}+\text{NaCl}$) comme indicateur coloré, on agite la solution jusqu'à dissolution totale, puis on titre avec l'EDTA jusqu'à apparition de la couleur violette.

$$\text{TH} = V(\text{EDTA}) * [\text{EDTA}] / V(\text{échantillon}) * 10^3 \text{ mmol / l}$$

- **Mode opératoire**

Pour la détermination de la teneur en calcium, on prend 10 ml de la solution de boue, on ajoute la solution tampon jusqu'à pH = 12 et quelques grains de murexide et on agite bien, on titre avec l'EDTA jusqu'à apparition de la couleur violette.

$$[\text{Ca}^{2+}] = [\text{EDTA}] * V(\text{EDTA}) * M(\text{Ca}) / V(\text{échantillon}) * 10^3 \text{ mg/l}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = [\text{EDTA}] * V(\text{EDTA}/\text{Mg}^{2+}) * M(\text{Mg}^{2+}) / V(\text{ech}) * 10^3 \text{ mg/l}$$

II.5.4. Analyse par DRX

La Diffractométrie de Rayons X (DRX) est une technique d'analyse fondée sur la diffraction des rayons X sur la matière. L'appareil de mesure s'appelle un diffractomètre. Les données collectées forment le diagramme de diffraction ou diffractogramme. Les rayons X sont des ondes électromagnétiques formant une série continue dont les longueurs d'ondes varient des ondes radios aux ondes cosmiques. La diffraction des rayons X sur la matière cristalline permet d'avoir accès à des informations physiques sur les cristaux (la texture, les contraintes et les paramètres cristallins).



Figure20: Photo du diffractomètre.

- **Mode opératoire**

Les méthodes d'analyse de nos échantillons à l'état solide se résument aux étapes suivantes: On prépare l'échantillon sous la forme d'une poudre aplanie avec le broyage dans une coupelle, ou bien sous la forme d'une plaquette solide plate puis on la met dans le Diffractomètre de Rayons X (DRX). Les diffractogrammes sont directement donnés et enregistrés à l'aide d'un ordinateur.

II.5.5. Analyse par infra rouge

La spectroscopie infrarouge est un moyen d'analyse permettant de déterminer la nature des liaisons chimiques présentes dans une molécule. C'est une méthode de caractérisation permettant d'identifier les groupements moléculaires et obtenir de nombreuses informations sur leur conformation et leurs éventuelles interactions.

- **Mode opératoire**

Déposer deux gouttes de la solution de boue minéralisée sur le porte échantillon, le résultat de l'analyse et directement lut sur l'ordinateur sous forme d'un spectre.

II.6. Dispositif expérimental du concombre

L'essai a été réalisé au niveau de la station de Souk El Tenine, les échantillons de boue ont été épandus sur une parcelle de sol (2m/50cm), ou ils ont été soigneusement mélangés avec le sol pour réaliser une distribution uniforme de cet amendement.

II.6.1. Germination des graines

Afin de faciliter et d'accélérer leur germination, les graines de concombre ont été plantées dans le terreau, en se servant de boîtes en plastique pendant une semaine. Après nous avons déplacé les tiges du concombre sur une parcelle déjà préparée.



Figure 21: Les tiges du concombre.

- **Les paramètres mesurés**

Au 60^{ème} jour de l'essai de culture, les plantes ont été déterrées soigneusement. La partie aérienne (tiges + feuilles) et racinaire sont séparées.

- ✓ Poids frais (Pf). Juste après la récolte, le poids frais (Pf) du concombre (les épluches + fruit) de légume de chaque parcelle a été déterminé par pesées à l'aide d'une balance de précision.
- ✓ Poids secs (Ps). Après la détermination du poids frais (Pf), les échantillons sont ensuite soigneusement séparés et mis dans des creusés en aluminium, numérotés et gardés à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant. Le poids sec (Ps) des échantillons a été déterminé par pesées successives.

Les échantillons des concombres (épluche+fruit) ont subi une attaque acide (10ml acide nitrique), suivant le même protocole de la minéralisation de la boue. Les paramètres énumérés ci-dessous sont ensuite analysés:

- **Les paramètres physicochimiques**
 - ✓ Infra rouge
- **Les paramètres biologiques**
 - ✓ Flore totale
 - ✓ Streptocoque fecaux
 - ✓ Clostridium
 - ✓ Clostridium sulfite-réducteur

II.7. Conclusion

Ce chapitre nous a permis non seulement de faire un point sur les différents protocoles d'analyse, mais il nous a permis aussi de mettre la théorie en pratique, et de réaliser à tel point il est important de faire un échantillonnage précis minutieux et d'une qualité irréprochable, en vue d'une meilleure quantification des différents micropolluants présents dans les boues de la station de traitement des eaux usées urbaines de Souk El Tenine.

Discussions
des
résultats

III.1.Introduction

Ce chapitre présente les résultats d'analyses des paramètres physicochimiques, les paramètres de pollution biologiques, liées aux boues produites au cours du traitement des eaux usées de la station de Souk El Tenine. Les résultats obtenus feront l'objet d'une interprétation qui permettra de faire une comparaison entre une boue ancienne (2017) et une boue nouvelle (2018). Et enfin, nous concluons sur la boue la plus approprié à être utilisée en agriculture.

III.2.Résultats des analyses physico-chimiques de la boue

III.2.1.L'Humidité

La Figure24 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 (Jemaliet al.1996)

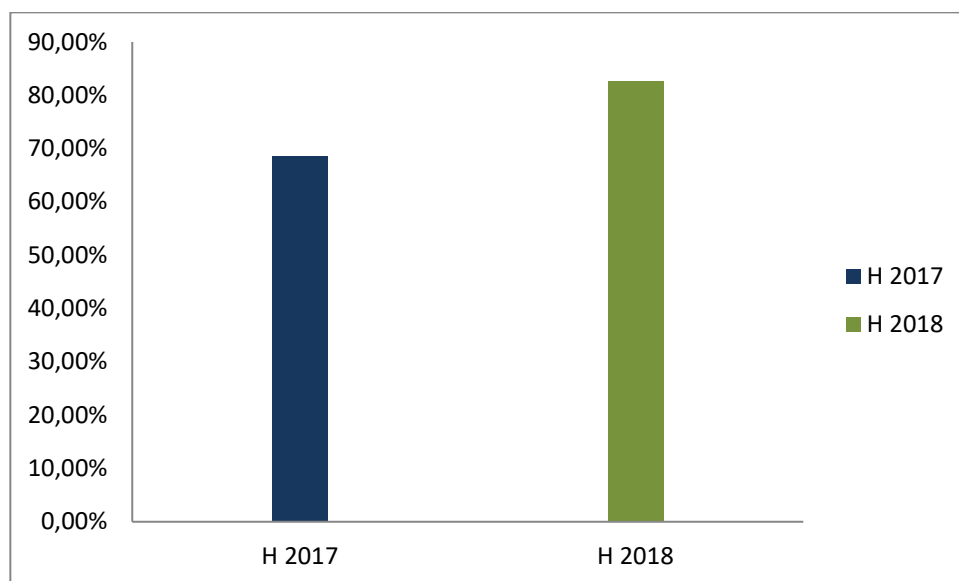


Figure 22 : Variation d'humidité

III.2.2. Le pH

Le pH des boues résiduaires est situé dans un intervalle de valeurs bien précis: $6 < \text{pH} < 8$ Dans la figure 16 le pH de la boue ancienne (2017) est de 6,22 (pH légèrement acide). Ce dernier a diminué par rapport à la nouvelle (2018), qui est de 7,09 (pH neutre). Cette diminution du pH de la boue est due probablement à la dégradation de la matière organique qui

s'accompagne le plus souvent de la libération des éléments qui acidifient le milieu. D'un point de vue pratique, les boues étudiées pourraient être utilisées comme amendement des sols (engrais).

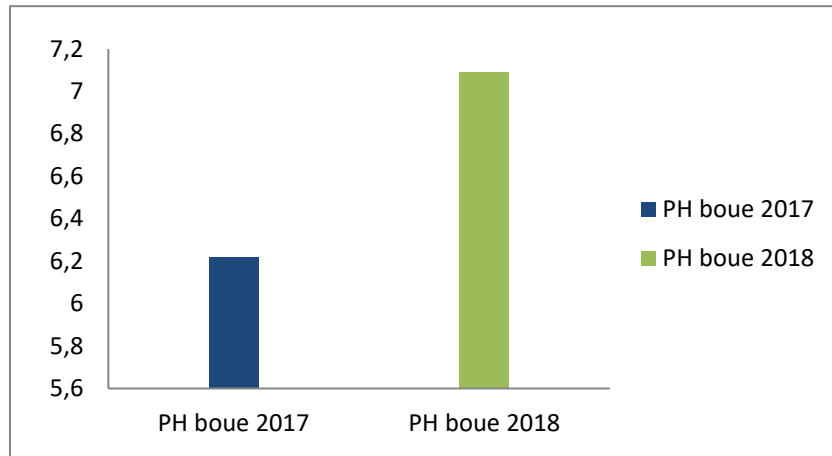


Figure 23: Variation de la valeur du pH des boues.

III.2.3. La Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (CE) des boues détermine leur degré de salinité. L'échelle de (Durand, 1983) a été utilisée pour indiquer la classe de salinité de l'extrait de la boue étudiée.

Dans la figure 26 la conductivité de la boue (2017) est $460 \mu\text{s}/\text{cm}$ qu'est supérieure à la boue (2018) $260 \mu\text{s}/\text{cm}$, alors il y a une augmentation la conductivité de la boue au cours de temps, ce qui est 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 SET a une conductivité électrique classant la boue dans la zone des non salins.

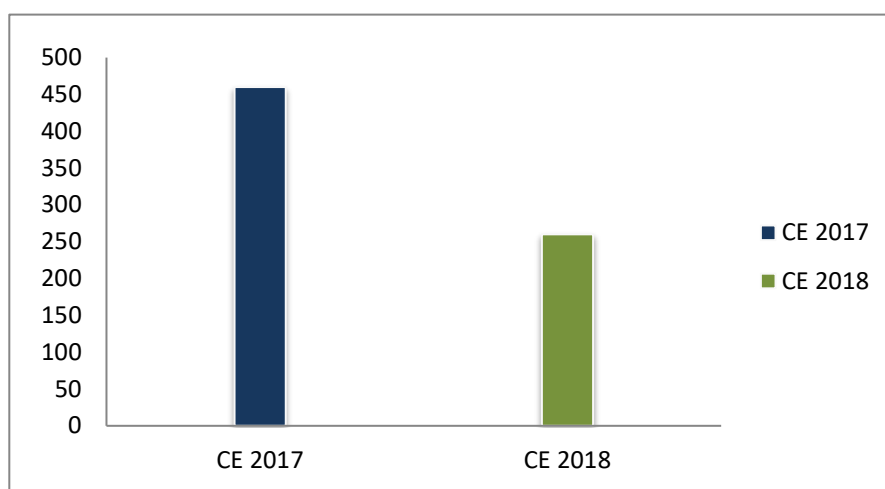


Figure 24: Variation de la conductivité électrique.

III.2.4. La siccité (S)

D'après les résultats obtenues dans la figure 27, on constate que la siccité dans l'échantillon de boue de 2017 est de 35,48%. Cette valeur est supérieure à celle de l'échantillon de 2018 (17,29%). Nous pouvons dire que la boue ancienne (2017) est une boue solide par contre la boue nouvelle (2018) est pâteuse (ADLER, 2005). Ces valeurs varient en fonction de mécanisme de déshydratation et le temps d'entreposage.

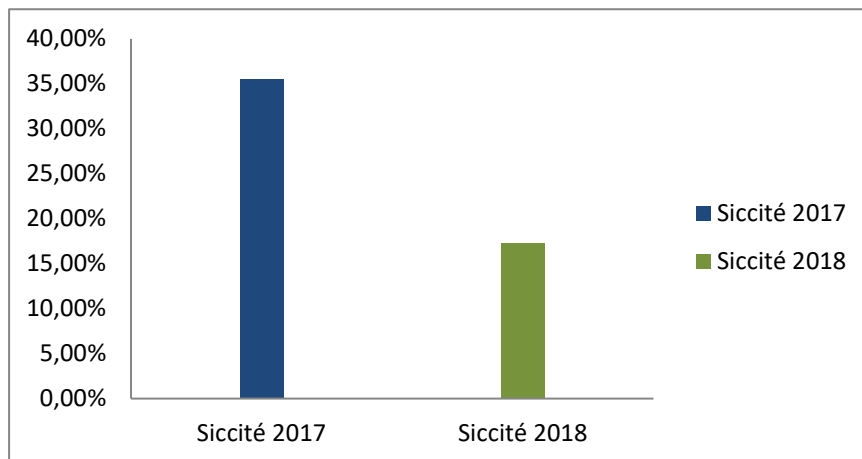


Figure 25: Variation de la siccité de la boue

III.2.5. La matière volatile sèche (MVS)

D'après les résultats de la figure 28, l'évolution de la matière volatile sèche de deux échantillons de boue ancienne et nouvelle, permet de quantifier leur composition organique et minérale. En effet, les résultats obtenus à la STEP de SET pour les MVS sont de 5,82g et 3,42g respectivement. A la lumière de ces résultats, on peut conclure que notre boue est dite stable, car elle est débarrassée de ses matières organiques (MVS).

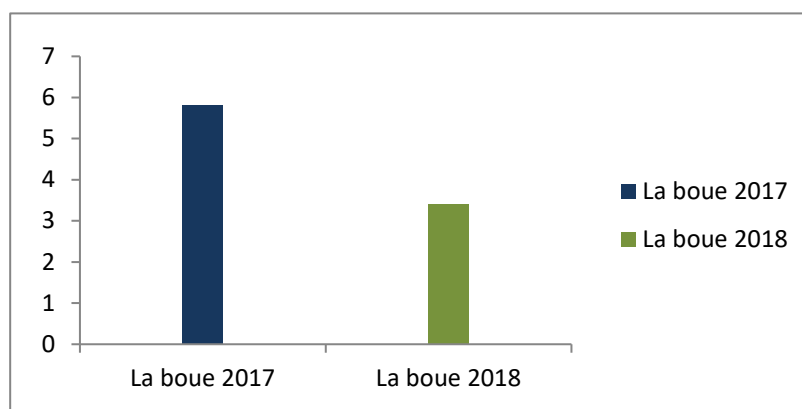


Figure 26 : Variation de MVS

III.2.6. Le carbone organique (CO)

La teneur en carbone organique permet d'évaluer le taux de matière organique de la boue, selon la figure 29 la boue 2018 est riche en carbone organique et en matière organique, part contre la boue 2017 ne contient pas de carbone organique cela est explique par le fait qu'au cours d'entreposage des boues les micro-organismes ont dégradés le carbone organique.

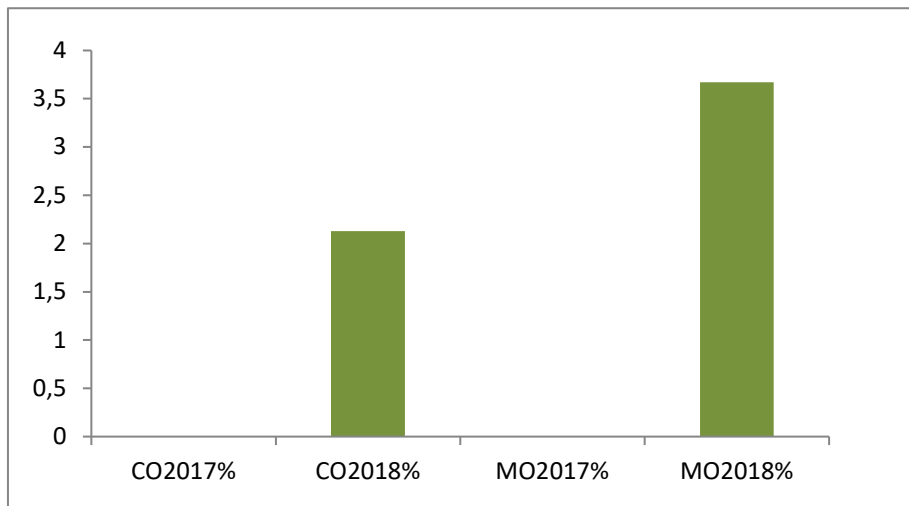


Figure 29: Variation de CO et MO des deux boues.

III.2.7. Calcium et Magnésium

Le calcium est indispensable pour la croissance des racines. Mais la plupart des sols sont abondamment pourvus en calcium assimilable par les plantes. Un apport de boues peut corriger cette pauvreté puisqu'elles contiennent une teneur élevée en cet élément qui s'y trouve probablement sous une forme relativement mobile. En effet, plusieurs auteurs rapportent avoir observé un accroissement significatif de la teneur en calcium chez les végétaux après une application de boue (Hinesly et al, 1973 ; Sabey et Hart, 1975; Pommel, 1981). Les teneurs en Magnésium total chez les deux échantillons de boue sont relativement faibles par rapport à sa teneur en calcium montrée dans la figure 30.

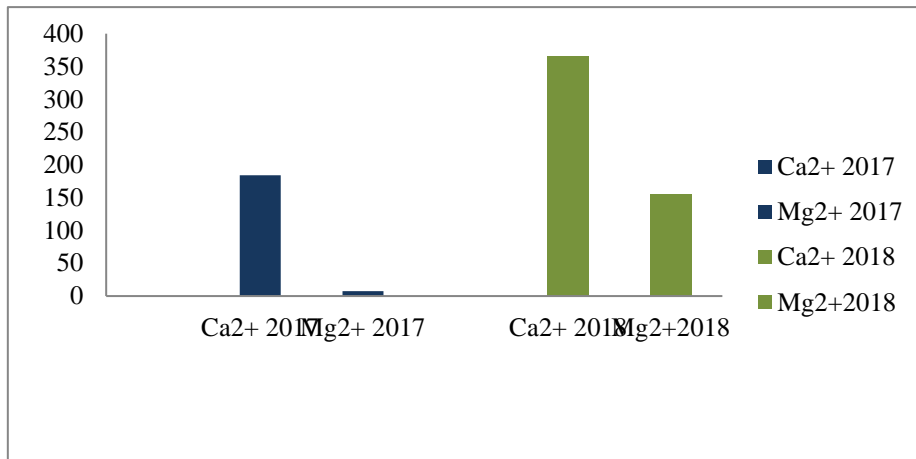


Figure 28: La variation des concentrations en calcium et magnésium.

III.2.8. Analyse de l'azote totale Nt

La teneur en azote total dans les boues résiduaire représente un facteur primordial chez les éléments constituant un intérêt agricole. L'azote se trouve sous formes organique et inorganique. Les formes inorganiques sont immédiatement disponibles pour la plante, tandis que les formes organiques avant leur assimilation, elles doivent être minéralisées par les microorganismes.

Les résultats de la figure 31 montrent que les valeurs de l'azote total obtenu dans la STEP de SET sont de 21,5g/kg pour la boue 2017 et de 20,2g/kg pour la boue 2018. Ces résultats indiquent un gradient légèrement croissant de teneurs en azote à mesure de la longévité des boues. En effet, cette différence est due à la dégradation des matières organiques par les microorganismes.

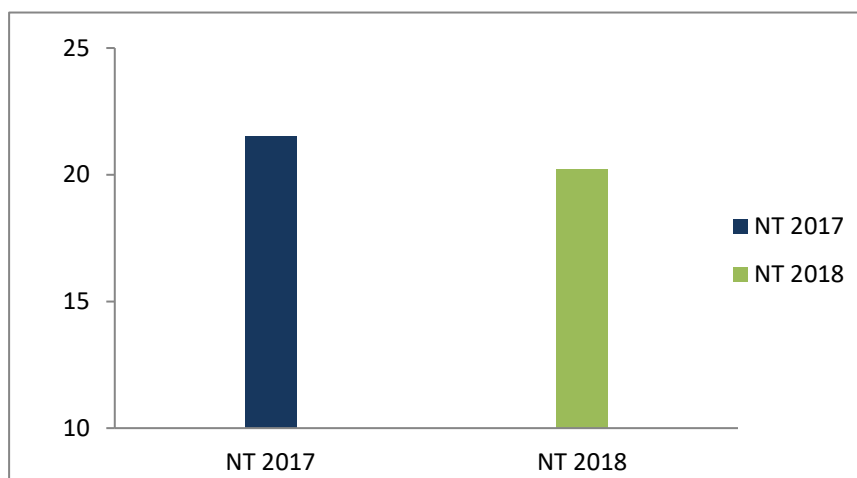


Figure 29 : Variation de l'azote totale

III.2.9. Phosphore totale

Le phosphore, dont la plupart des sols sont mal pourvus, compte de 0.1 à 0.4% de la matière sèche (DONAHUE, 1980). Un épandage des boues peut combler ce déficit puisqu'elles contiennent une teneur relative en cet élément. Par ailleurs, notre boue est riche en phosphore (P) surtout celle de 2017. La norme requise par les organismes de contrôle est comprise dans l'intervalle 0,43-0,87% (Lacée, 1985).

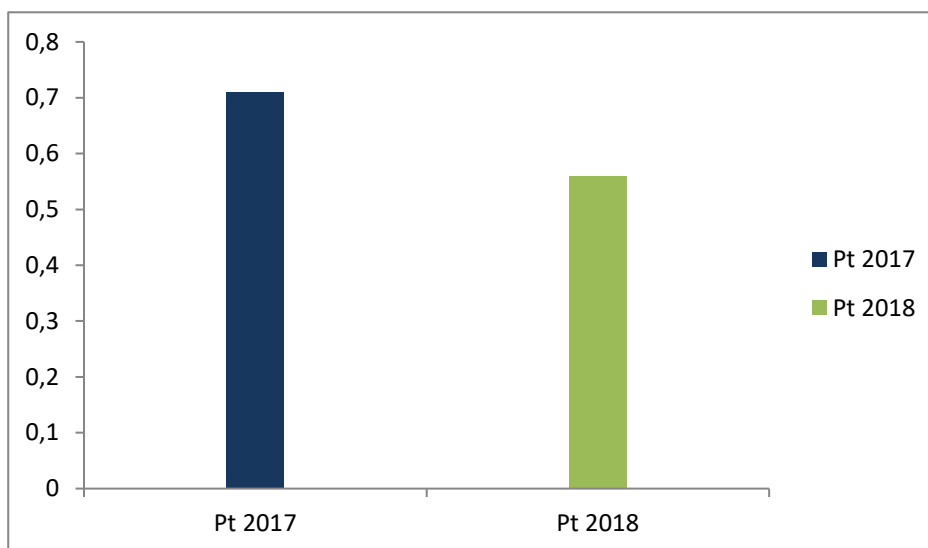


Figure 30 : Variation de phosphore total

III.3. Interprétation des résultats des analyses microbiologiques

Les résultats obtenus dans le Tableau VI montrent que les boues étudiées contiennent certains germes pathogènes. Ceci confirme les résultats de DUCHNE (1990). Aussi, on constate une survie des micro-organismes après les traitements.

Tableau V: Résultat d'analyse microbiologique des boues, de fruit et pelure.

Micro-organismes recherché	Boue 2017	Boue 2018	Fruit 2017	Fruit 2018	Pelure 2017	Pelure 2018
Flore totale	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind	Ind
Streptocoque fécaux	-	-	-	-	-	-
Coliformes	-	-	-	-	-	-
Clostridium sulfito-réducteur	+	+	-	+	-	+

Remarque :

(+) = présence des bactéries

(-) = absence de bactéries

Nous remarquons d'après le tableau (VI) l'absence totale des Streptocoque fécaux et les coliformes dans la boue, le fruit et la pelure du concombre, part contre il y'a présence de la flore totale dans toutes les échantillons. Pour les clostridiuims les résultats de analyse montre la présence de se germes en grande quantité dans les boues, mais nous avons remarquée sa présence aussi dans les pelures qu'est du a la contamination durant l'analyse. Part contre il ya absence totale des clostrodiuims dans les fruits, nous pouvant dire que ce dernière ont pas été transféré vers le fruit.

III.4.Le Suivie dedéveloppement du concombre**III.4.1. Nombre des feuilles et de fruits 2017**

La figure 33présentent le développement de la morphologiques de la plante de concombre, plantée dans deux parcelle différente 2017 et 2018, nous remarquons que le nombre de feuille et le rendement de fruits dans la culture 2018 est supérieure a celle de 2017.

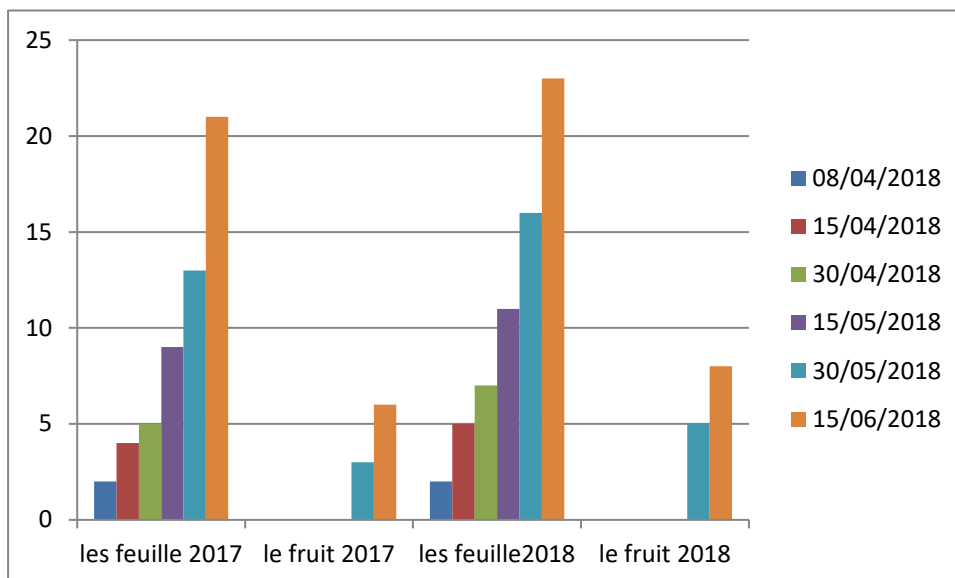


Figure 31 : Évaluation de la plante.

III.4.2 la hauteur et diamètre de plants

La figure 34 représente l'évolution de la hauteur, le diamètre max et min des fruits, nous observons que ces paramètres sont plus importants en fruit 2017 qu'en 2018

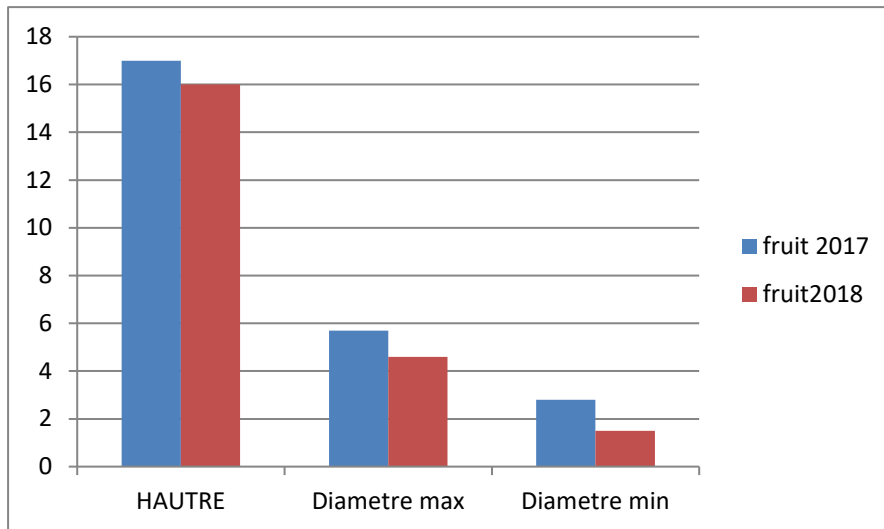


Figure 32 : L'évaluation la hauteur et le diamètre min, max de fruit.

III.5. La analyse minéralogique de la boue par DRX

Les résultats des spectres DRX sont tracés dans les figures Elles présentent les diffractogrammes des échantillons analysés concernant les boues calcinées et brutes.

A. Boue calciné 2017et 2018

--la boue 2017 --la boue 2018

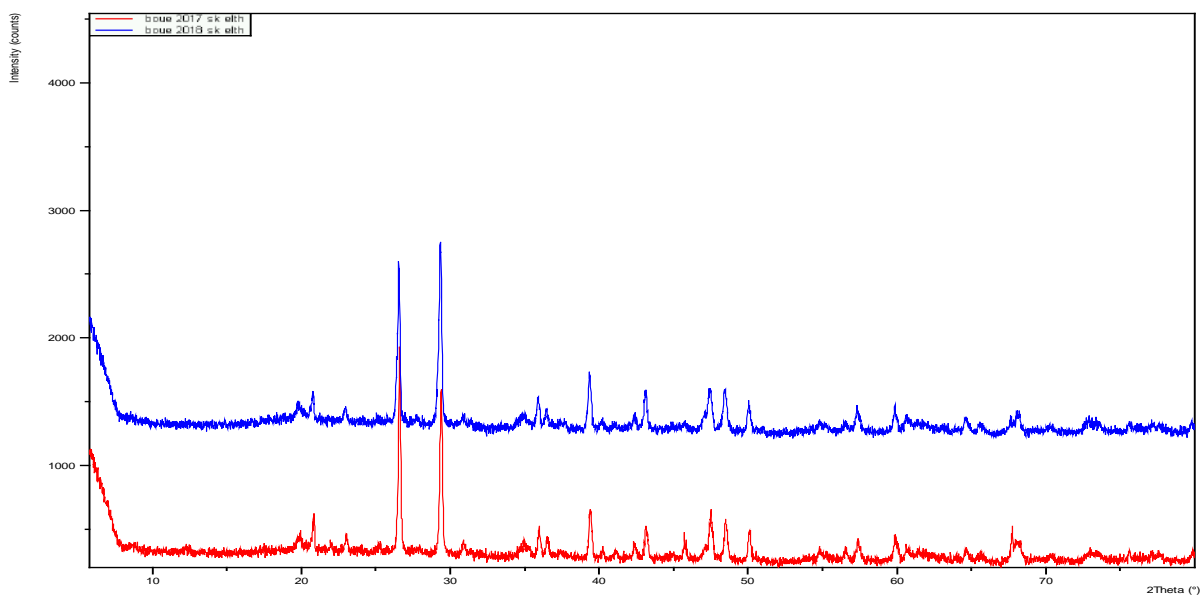


Figure 33 :Le spectre DRX de la boue calciné.

B. Boues brute 2017 et 2018

--la boue 2017 --la boue 2018

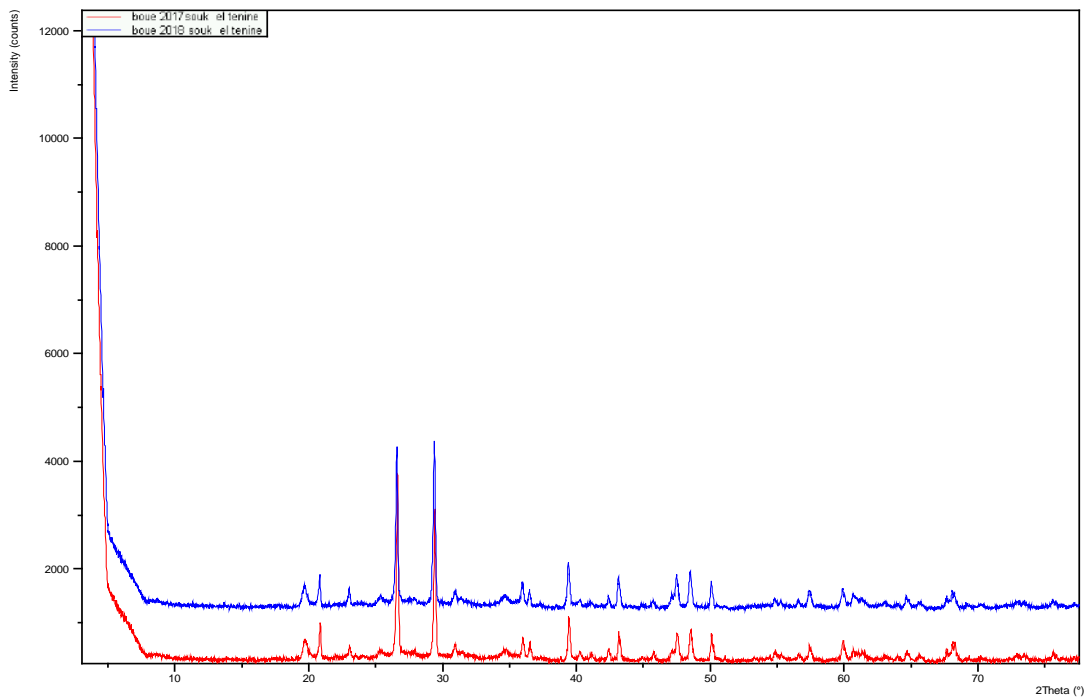


Figure 34 : Spectres DRX des boues 2017 et 2018 brute

Nous constatons que tous les spectres obtenus présentent une série de pics de diffraction bien définis qui correspondent à des phases solides bien cristallisées, et un ensemble de petit pic dont la forme indique la présence de phases mal cristallisées. Ce résultat montre aussi que les boues prélevées à différentes âge semblent présenter une composition minérale très proche.

D'après les figes 35 et 36, les spectres DRX des deux boues sont presque semblables. Donc nous avons identifié un seul spectre.

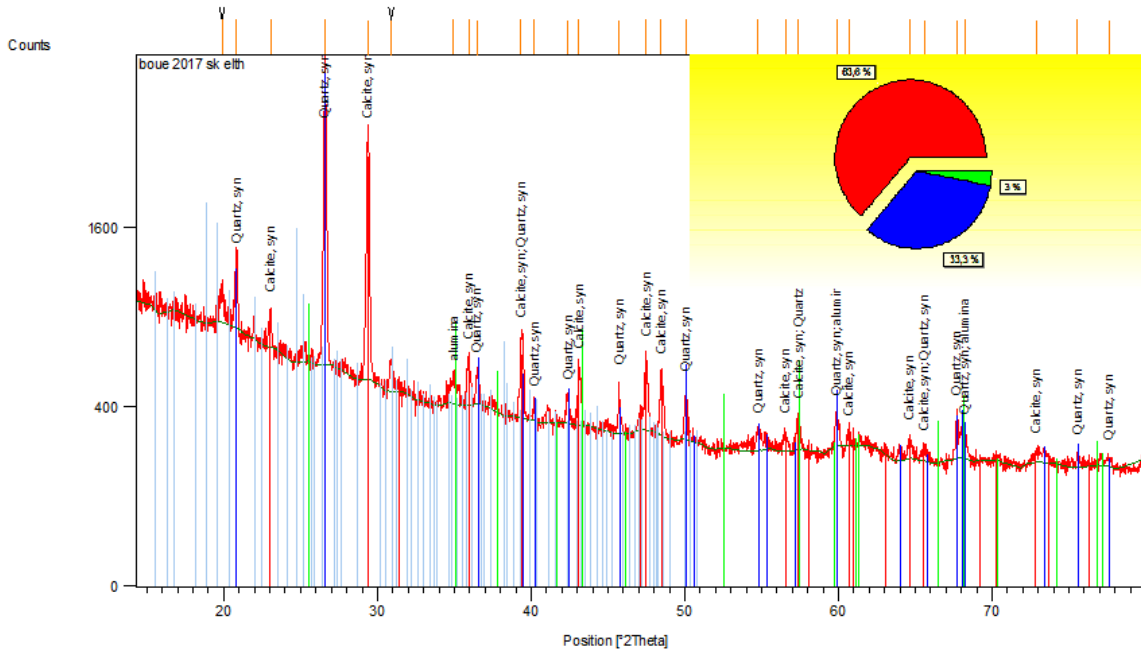


Figure 37 :L'identification d'un spectre DRX d'une boue.

D'après l'analyse de la boue par DRX, nous constatons que notre boue est composée principalement de calcite avec un pourcentage de 63.6%, le quartz, est présent comme second composé avec 22.3 % qui est du à la présence de pierre dans la boue. Toutefois, nous avons enregistré la présence d'un faible pourcentage d'alumine (3%). Nous pouvons conclure que le constituant minéralogique principal de notre boue est de la calcite.

III .6. L'Analyse par infrarouge

- **Boue, fruit, pelure** l'identification des bondes infrarouge sont obtenus a partir da la table IR (voir annexe)

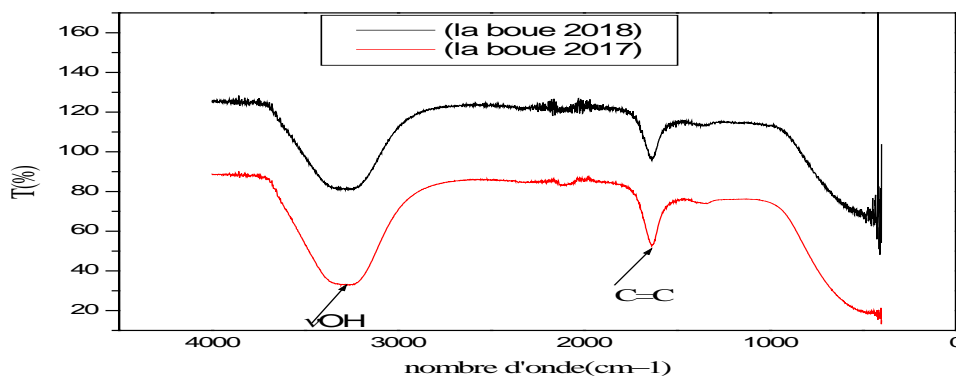
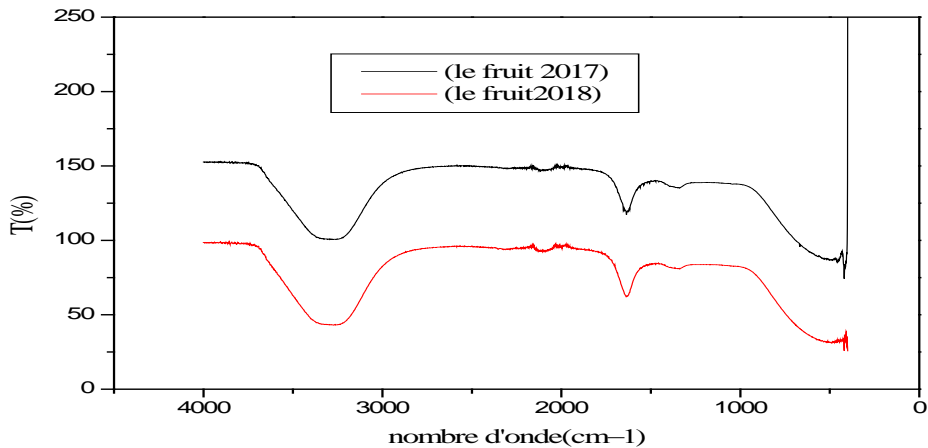


Figure 38: Spectre infra rouge de boue.



Fruit 39 : spectre infra rouge de fruit.

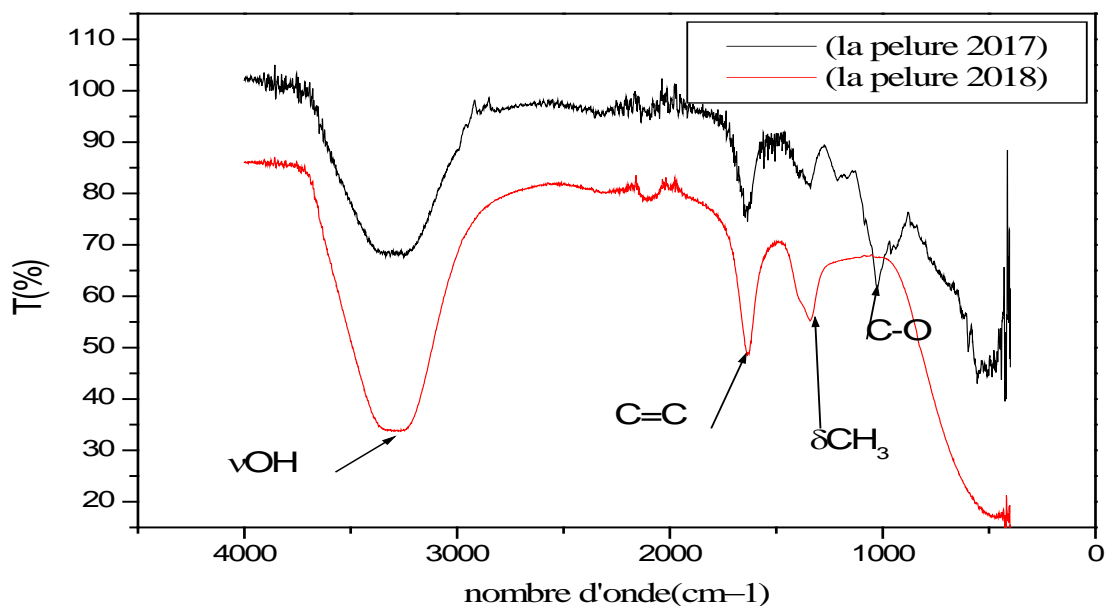


Figure40: Spectre infrarouge de fruit.

Dans les figures 38 et 39 sont identiques, la bande située entre $[3500\text{cm}^{-1}, 3000\text{cm}^{-1}]$ correspond à la vibration OH et la bande entre $[1700\text{cm}^{-1}, 1600\text{cm}^{-1}]$ correspond à la double liaison (C=C).

Dans la figure 40 la bande située entre $[3500\text{cm}^{-1}, 3000\text{cm}^{-1}]$ correspond à la vibration OH, la bande entre $[1700\text{cm}^{-1}, 1600\text{cm}^{-1}]$ correspond à la double liaison (C=C), la bande entre $[1500\text{cm}^{-1}, 1000\text{cm}^{-1}]$ correspond à la déformation OH.

Nous remarquons la présence d'une autre bande située entre $[1100\text{cm}^{-1}-900\text{cm}^{-1}]$ dans la pelure 2017 et qu'elle n'apparaît pas dans la pelure 2018.

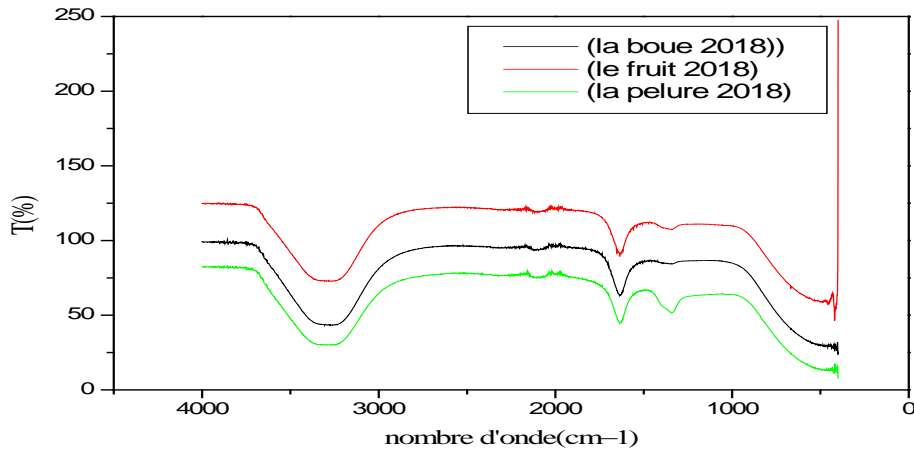


Figure 41 : les spectres combinés 2018

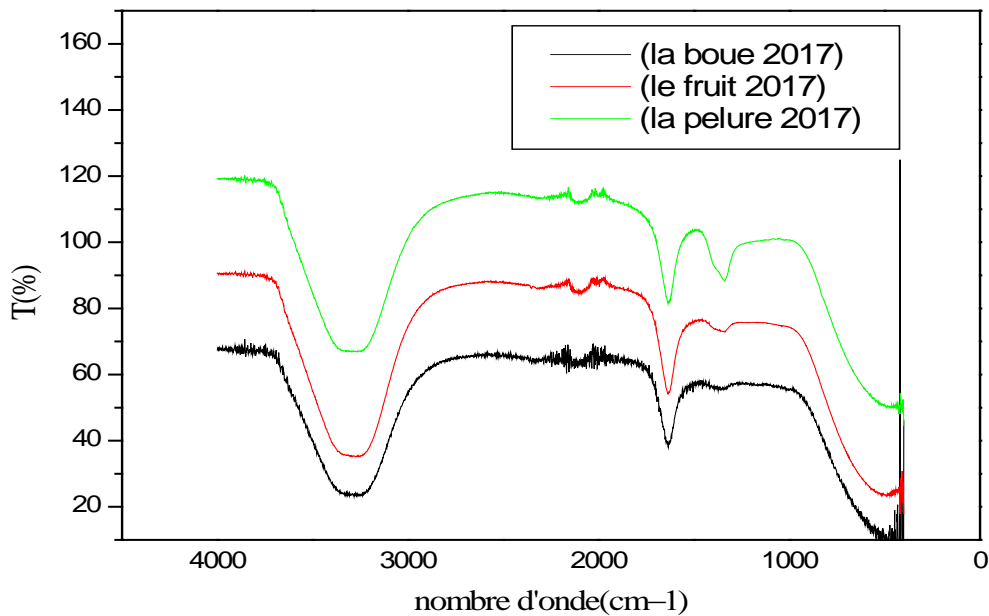


Figure 42 : les spectres combinés 2017

Dans la figure 41 on remarque que toutes les bondes présentes dans la boue 2018 se sont déplacées vers la pelure et la fruit.

Dans la figure 42 on remarque que toutes les bondes présentes dans la boue 2017 et se sont déplacées ver la fruit et la pelure.

III.7. Conclusion

Les boues obtenues à partir des eaux résiduaires de la STEP Souk El Tenine semblent appréciables lorsqu'elles sont entreposées, durant l'expérimentation réalisée dans la station d'épuration des eaux usées de Souk-El-Tenine et le laboratoire de chimie, nous avons pu faire des analyses physicochimique et microbiologique.

Toutes ces procédures analytiques nous ont conduit à concrétiser notre sujet, qui est la caractérisation de boue en vue d'un usage agricole.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion

La gestion des déchets et des sous-produits industriels est aujourd'hui un enjeu technique, économique et environnemental pour la société dans son ensemble et les entreprises en particulier.

Dans les stations d'épuration, le traitement des eaux municipales génère des quantités considérables de boues, qui sont ensuite éliminées en décharge.

Nos travaux de recherche s'inscrivent dans une contribution à l'étude physico-chimique et microbiologique des boues résiduaires produites dans la station d'épuration des eaux usées de la ville de Souk El Tenine en vue d'une valorisation agricole, comme matière fertilisante (composte). Le gain économique de ce scénario est indéniable. Il permet d'éviter la mise en décharge du résidu d'une part, et le transformer en une matière bénéfique d'autre part. La méthodologie mise en œuvre pour cette étude comprend trois étapes principales :

- Une caractérisation physico-chimique et microbiologique des boues;
- Une partie permettant d'évaluer l'influence de l'introduction du résidu sur le développement morphologique d'une culture de concombre;
- Une analyse bactériologique des légumes obtenue, afin de conclure sur la contamination de ces derniers par la boue.

Les résultats des analyses des boues et des paramètres morpho-physiologiques des cultures ont conduit aux conclusions suivantes :

- ✓ L'utilisation des boues résiduaires comme composte sur des cultures, permet d'apporter une solution à terme pour la gestion des déchets urbains. Cette solution est d'autant plus intéressante et se révèle bénéfique en termes d'augmentation de la production.
- ✓ L'utilisation des petites doses permet de minimiser les contaminations en germes pathogènes et en éléments toxiques.
- ✓ Il est préférable de choisir des plantes possédant une pelure qu'on peut s'en débarrasser.

Malgré l'amélioration de quelques paramètres morphologiques et biochimiques de la plante, notre étude reste cependant incomplète. En effet, la période de l'essai n'est pas suffisante pour apprécier l'influence des boues sur les paramètres de rendement de la culture.

Conclusion générale

Ce travail mérite donc d'être approfondi par :

Une étude sur une longue période, en utilisant des boues à des doses variables et d'effectuer des analyses espacées dans le temps, augmenter de nombre de répétitions en parcelles afin de pouvoir s'appuyer sur une l'analyse statistique.

Références

Références Biographiques

Abdelkader GAÏD, Traitement des boues..

ADEME (1996) La valeur azotée des boues résiduaires urbaines (réalisé en collaboration avec l'Institut National Agronomique- Paris-Grignon/ADEPRINA). 336p.

ADEME, (2001) Les valeurs agronomiques des boues d'épuration.

ADLER Emmanuel Éléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement, Centre d'Affaires des Monts d'or, Avril 2005

AMIR Soumia, contribution à la valorisation de boues de stations D'épuration par compostage : devenir des micropolluants Métalliques et organiques et bilan humique du compost Soutenu le 14 mars (2005).

Anonyme, 15 novembre 2015 Boues de Station d'épuration : Techniques de traitement, valorisation élimination.

AIT AYANE KARIMA Mile SOUFIYA DOUNIA. Assainissement liquide de Marrakech valorisation agricole et énergétique des boues issues de l'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech, Université Cadi Ayyad Faculté des Sciences et Techniques Marrakech. 02 Juillet 2009.

ASMAHANE. B : valorisation des poussières de four à ciment dans le procédé de solidification/stabilisation des déchets (2011).

AZOUZZI Marouane AIT YOUNS Omar(2012) Valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech. P14, 27, 28

Baumont S, Camaraj-p, Lefranc A,Franconi A.(2005).reutilisation des eaux épurées : risque sanitaire et faisabilité en ile- de France-institut d'aménagement et d'urbanisme de la région ile-de-France.

BECHAC J.P.et al,(1984) : traitement des usées. Paris, France, Edution Eyrolles, 281p.

Bechaux (1978). Mémento technique. De l'eau-*Degremont*, 1100p.

Bountoux (1993) Introduction à l'étude des eaux douces : eau naturelles, eaux usées, eaux de boisson, édition technique et documentation Lavoisier.

BOUSSELHAJ P., (1996). Etude du potentiel fertilisant (N et P) de deux boues de stations d'épuration par lagunage anaérobie et par boues activées.

Références Biographiques

Bram, (1986). Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaines. Série documents techniques A.F.E.E. France.35, pp. (191-200).

BROSSARD M., MENCH M., CLAIRON M., (1989). Effet d'un apport de boue urbaine sur l'évolution à court terme des formes du phosphore d'un sol ferrallitique .*CR CFCS* Guadeloupe.

CERRA Iris D ESAGNAT Mathieu DUBART Romain JUVEN Lucas ZHOU Ning ZIANI Hamza, (2014) ; Traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités.

DONNIER BRIGITTE, La pollution chimique en méditerrané, Laboratoire. C. E. R. B. O. M., Nice, France.

Duchene. P., (1990). Les systèmes de traitement des boues de station d'épuration des petites collectivités .*TEC et DOC*, 1 édition, éd. Cemagref. Paris, 30p. Duc., Mignolet c., Carrouée B.

Durand J H. (1983). Les sols irrigables, étude pédologique. Département de géographie de l'université de paris. sorbonne, 389p.

EMILIE JARDÉ (2002) composition organique de boues résiduares de stations d'épuration lorraines : caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation soutenue publiquement le 20 décembre. Thèse docteur de l'université henri poincaré, nancy en sciences de l'univers.

GUY ATLAN M., (2003). Emilian, (2004). Les boues d'épuration leurs perspectives de gestion en Ile de France. These, doctoral, Paris, 128p.

Hinesly, Jones, Ziegler, (1973) Selected chemical elements in tissues of pheasants fed corn grain from sewage sludge-amended soil.

Karim Tedjani le (27 janvier 2017), ([WWW.NOUARA ALGERIE.COM](http://WWW.NOUARA.ALGERIE.COM)) L'EPONDAGE DES BOUE DE STATIONS D'EPURATION URBIANS, by consulter le 31/05/2018 à 12 :30).

Karine, Marie, Béatrice PETIT,(2007) actualisation des connaissances sur les éléments biologiques et minéraux persistants dans les boues des stations d'épurations. Impact sur la sante publique, école nationale vétérinaire d'Alfort. P13, 14, 15, 16, 17, 18.

Références Biographiques

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.

JEMALI B., SOUDI B., LHADI E. K.,(1996). Contrôle des paramètres du compostage et appréciation de la qualité du compost des déchets ménagers de la Wilaya de Rabat-Salé. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 16 (2) 43-50.

LACEÉ (1985) Analyse des boues- _AFEE_ tome 1.135p tome 2.127p

LADJEL FARID; Mme BOUCHEFER Sorya Amel, (2011) exploitation d'une station d'épuration à boues activées et d'une lagune, niveau II.

MARC HEBERT, DOMINICLEMYRE_CHIEREST. (2011) Revue scientifique en sciences de l'environnement volume 11 sept épandage agricoles du bio solide.

Mench M, Clairon, (1989). Effet d'un apport de boue urbaine sur l'évolution à court terme des formes du phosphore d'un sol ferrallitique .*CR CFCS* Guadeloupe.

Murillo,(2004) Caractérisation de l'effet d'un traitement au peroxyde d'Hydrogène sur une boue application la réduction de la production de boue, thèse de Doctorat INSA.

Office National de l'Assainissement. (ONA, 2014). Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie.

http://WWW.ona.dz/IMG/pdf/Perspectives_de_valorisation_agricoleet_energetique_des_boues_issues_des_STEP_en_Algerie-2.pdf.

Rémy Albrecht, (2007) Co-compostage de boue de station d'épuration et de déchets verts nouvelle méthodologie du suivi des transformation des de la matière organique thèse de doctorat université de Paul CEZANNE AIX-MARSSILLE III P72-74).

SALY PORTUDAL SIMAN SY PAPA ,SIDY TALL, CENTRE DE THIES ETUDE DE rehabilitation de la station d'épuration ,(2002-2003)

Singh K. P., Mohan D., Sinha S., Dalwani R., (2004). Impact assessment of treated/untreated wastewater toxicants discharged by sewage treatment plants on health, agricultural ,and environmental quality in the wastewaters disposal area .*Chemosphere* .55,227-255.

Références Biographiques

TELLI SIDI MOHAMED Soutenu le :(19 Septembre 2013) Étude sur la valorisation par séchage Des boues d'épuration des Eaux urbaines – cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement(ONA)- Tlemcen, université de Tlemcen page 66,45.

UGHETTO INERIS (2012). Panorama des projets de recherche et perspectives sur la problématique des micropolluants dans les boues de stations de traitement des eaux urbaines.

Warman et al.,(2005) The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by tow vegetable crops grown in a pigwash sandy loam soil in nova scotia.

Werther J., Ogada T., (1999).Sewage sludge combustion .Progress in Energy and Combustion. Science .**25**, 55- 116

Annexes

Annexes

❖ Matériels des analyses du laboratoire STEP SET



Fiole jaugées



Béchers



Flacon en verre



Erlenmeyers



Entonnoirs



Eprouvette graduée



Barreaux magnétiques



creuse



Pince



Appareillage de mesure des paramètres physique

Annexes



Appareil de filtration



Pompe à vide



Dessiccateur



Etuve



Plaque chauffante



Micropipette à pipette



Pipettes



Bioréacteur



spectrophotomètre

Annexes

❖ Les résultats de toutes les analyses effectués sur les brutes et calcinés

Lieu	Paramètres	Échantillon de boue	
		2017	2018
Laboratoire de la station de Souk El Tenine	S (%)	35,48	17,29
	H(%)	68,61	82,69
	MSV (g)	5,82	3,42
	Ca ²⁺	184,36	364,71
	Mg ²⁺	7,29	155,52
	NT (g/kg)	21,50	20,20
	PT (g/kg)	0,714	0,568
Laboratoire de chimie de l'université de Béjaïa	pH	6,22	7,09
	CE (µs/cm)	460	260
	CO (%)	00	2,11
	MO (%)	00	3,62
	Flore totale	+	+
	Streptocoque fécaux	-	-
	coliforme	-	-
	Clostridie sulfite-réducteur	+	+

❖ Les différents poids de boue mesurés

Poids	Boue 2017	Boue 2018
P0	1,5092	1,5149
P1	38,3504	38,6242
P2	14,5834	7,9423
P3	8,7615	4,5269

❖ Nombre de feuilles et de fruit en moyenne par plants

Date	Concombre 2017		Concombre 2018	
	Nombre de feuille	Nombre de fruit	Nombre de feuille	Nombre de fruit
08/04/2018	02	/	2	/
15/04/2018	05	/	04	/
30/04/2018	08	/	07	/
15/05/2018	11	/	09	/
30/05/2018	15	03	12	05
15/06/2018	17	06	15	08

Annexes

❖ Caractéristique de la morphologie du concombre

	Concombre 2017	Concombre 2018
Hauteur (cm)	17	16
Diamètre max (cm)	5,7	4,6
Diamètre min (cm)	2,5	1,6
Poids (g)	164,3242	131,1664

❖ Tableau des réactifs utilisé

Produit chimie utiliser	Masse molaire g/mol	Formule chimique
Bichromate de potatium	294,1846	$K_2Cr_2O_7$
Acide sulfurique	98,079	H_2SO_4
Acide nitrique	63,01	HNO_3
Sel de morh	392,13	$(NH_4)_2Fe(SO_4).6H_2O$
Alun de fer	482,25	$NH_4Fe(SO_4)_2$
Sulfite de soduim	122,043	Na_2SO_3
EDTA	292,24	$C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8.2H_2O$
Hydroxyde de soduim	39,99971	$NaOH$
Fluorure de sodium	41,98817	NaF
Acide chloridryque	36,461	HCl
Diphénylamine	169,23	$C_{12}H_{11}N$
chlorure de sodium	58,44	$Nacl$
NET	464,38	$C_{20}H_{12}N_3NaO_7S$
Murexide	284,19	$C_8H_8N_6O_6$
2,6-dimethylphynol	122,167	$C_8H_{10}O$

❖ Préparation des échantillons pour l'analyse des Clostridium

- Stériliser tous le matériel avant l'analyse
 - **Boue**
 - Introduire 1g de boue brute dans un bécher
 - Ajouter 9ml d'eau stérile
 - Agiter l'ensemble avec un agitateur magnétique pendent 30min afin de libérer le maximum de microorganisme
 - **Pelures et fruit**
 - Bien laver le légume ;

Annexes

- Éplucher le légume ;
- Broyer le la pelure et le fruit a l'aide d'un broyeur ;
- Récupérer le jus dans tube stérile.



Résumé

Ce travail de recherche, a pour objectif d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des boues issues de traitement des eaux usées urbaines de la station de Souk el Tenine, ainsi que leurs évolution dans le temps, substances toxiques et germes pathogènes qui peuvent nuire à la valorisation agricole de ces boues. D'autre part, sont impact sur le développement végétatif (concombre). Les résultats obtenus de deux échantillons de boue ancienne (2017) et nouvelle (2018) indiquent que les deux sont riches en éléments fertilisants (N, P). L'expérimentation effectuée sur culture test (Concombre), a permis de mettre en évidence l'effet bénéfique de l'apport des boues d'épuration au sol comme fertilisant.

Mots clés : boues résiduaires, station d'épuration, analyse physico-chimique, valorisation agricole, concombre.

Abstract

This research project aims to evaluate the physicochemical and microbiological characteristics of sludge from urban wastewater treatment at the Souk el Tenine station, as well as their evolution over time, toxic substances and pathogenic germs that can adversely affect the agricultural valorization of this sludge. On the other hand, are impact on vegetative development (cucumber). The results obtained from two samples of old (2017) and new (2018) sludge indicate that both are rich in nutrients (N, P). The experiment carried out on test culture (Cucumber), made it possible to highlight the beneficial effect of the contribution of the sewage sludge to the soil like fertilizer.

Keywords : waste sludge, wastewater treatment plant, physicochemical analysis, agricultural valorization, cucumber.