

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA -
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2017

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière :** Sciences Biologiques
Spécialité : Science et Gestion de l'Environnement

Présenté par :

Mlle. FERRADJ Abla
M. IDER Brahim

Thème

Contribution à l'évaluation des boues des deux Stations d'Epuration des Eaux Usées Urbaines d'Oued D'Hous/Bouira et Souk El Tenine/Béjaia en vue de leur revalorisation

Soutenu le : 28/ 06 / 2017

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

M. CHIBANE MOHAMED
M. DAHMOUNE FARID
M.BARA MOUSLIM.
MME. OULMOUB T.

PROF.
MCA
MCB

Univ. de Bouira
Univ. de Bouira
Univ. de Bouira
Univ. de Bouira

Président
Promoteur
Examineur
Co-promotrice

Année Universitaire : 2016/2017

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail a mes chers parents, qui ont tous fais pour moi, leur sacrifice et aussi pour mon bien être, je saurai gré de reconnaissance de tous les aides offertes par eux que ce soit de tous les cotes. Ainsi de me voir aujourd'hui réussi, et en particulier à ma femme et mes trois enfants N.el houda, Ayoub et Dj. Eddine que dieu les gardes et les mènent au bonne chemin. Je le dédie aussi à mes deux sœurs et mes deux frères.

Je le dédie aussi à toute ma famille sans exception, et à tous mes amis.

M. IDER BRAHIM

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, à mes parents que dieu les gardes pour leur bon volonté de m'aider dans ma vie estudiantine et professionnelle, je leur souhaite une tous le bonheur et une bonne santé et aussi à mes sœurs et mes frères et a toutes ma famille.

Je le dédie aussi à tous mes amis sans exception.

Mlle FERRADJ ABLA

Remerciements

On premier lieu, nous remercions le bon Dieu miséricordieux qui a éclairé notre chemin pour la réalisation de notre mémoire de fin de cycle.

Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances à notre Promoteur M. DAHMOUNE.F et Co promotrice Mme. OULMOUHOU.B pour l'honneur qu'elle nous a fait et tout le temps qu'elle a consacré pour nous encadre et un vif remerciement à l'unité ONA de Bejaïa et Bouira, et responsables des STEP se Souk El Tenine et Oued D'hous.

NOUS remercions le professeur CHIBANE Med d'avoir accepté d'être président de jury et le DR.BARA M. d'y accepter pour examiner notre travail.

Nos remerciements vont aussi aux :

Personnel du laboratoire de recherche scientifique de l'université de Béjaïa, Doctorant et Professeurs qui nous ont prodigué des conseils scientifiques, fourni une aide matérielle et technique, ou tous simplement humaine.

MES : Matières en suspension
HAP : Hydrocarbures Aromatique Polycycliques
PCB : Polychlorures Diphénols
MVS : Matières volatiles sèches
MS : Matière sèche
EH : Equivalent Habitant
DBO5 : Demande biologique en Oxygène pendant 5 jours
DCO : Demande chimique en Oxygène
OVH : Oxydation par voie humide
OVS : Oxydation par voie séché
STEP : Station d'Épuration des Eaux Usées
ONA : Office national d'assainissement
Q : Débit
IM : Indice de Mohlman
SET : Souk el Tenine
OH : Oued D'Hous
V30 : volume occupé après 30 minutes de décantation
SAA : Spectrophotomètre d'Absorption Atomique

Liste des éléments chimiques

NO₂ : les Nitrites
NO₃⁻ : les Nitrates
PO₄⁻³ : les Phosphates
NH₄⁺ : L'Ammonium
NT : L'Azote total
O₂ : L'Oxygène
HCl : L'Acide Chloridrique
NHO₃⁻ : L'Acide Nitrique
NaOH : L'Hydroxyde de Sodium

Partie théorique		Chapitre 1	
Figure	Titre	Pages	
Figure 1	Schéma différents types de boues d'un procédé de traitement à boue activées	4	
Partie théorique		Chapitre 2	
Figure 2	Principe du procédé d'épuration à boues activées	8	
Figure 3	Lits de séchage	10	
Figure 4	Traitement, valorisation et élimination des boues	11	
Figure 5	Procédé de valorisation des boues	12	
Figure 6	Les différentes étapes de traitement des boues avant l'épandage	12	
Figure 7	Schéma d'oxydation thermique	14	
Figure 8	Techniques de traitements des boues et leurs destinations	16	
Partie pratique		Chapitre 1	
Figure 9	Schéma du fonctionnement des STEP	20	
Figure 10	Schéma du métabolisme bactérien	22	
Partie pratique		Chapitre 2	
Figure 11	Boue minéralisée	30	
Figure 12	Spectrophotomètre d'absorption atomique SAA	31	

Graphiques	Titre	Pages
Graphe N°01	Variation de MVS et de la siccité des boues nouvellement et anciennement déshydratées de la STEP SET.	34
Graphe N° 02	Variation de M.V.S et de la Siccité des boues ancienne de lit de séchage de la STEP de Oued D'Hous (Bouira).	34
Graphe N° 03	Variation spatio-temporelle de la DCO des boues calcinées des deux STEP.	35
Graphe N° 04	Variation spatio-temporelle de l'Azote total des boues calcinées des deux STEP.	36
Graphe N° 05	Variation spatio-temporelle des Nitrates des boues calcinées des deux STEP.	37
Graphe N° 06	Variation spatio-temporelle des phosphates des boues calcinées des deux STEP.	38
Graphe N° 07	concentration du Cuivre dans les boues calcinées des deux STEP.	39
Graphe N° 08	Concentration du Plomb dans les boues calcinées des deux STEP	40
Graphe N° 09	Concentration du Zinc dans les boues calcinées des deux STEP	41
Graphe N° 10	Concentration du Nickel dans les boues calcinées des deux STEP	42
Graphe N° 11	Concentration du Cadmium dans les boues calcinées des deux STEP	43
Graphe N° 12	Concentration du cobalt dans les boues calcinées des deux STEP	44

NR DU TABLEAU	TITRE	PAGES
I	les différentes classes de boues	5
II	Caractéristiques des boues en fonction de la siccité et de certaines propriétés	7
III	Population des boues activées	7
IV	Distances d'épandage devant être respectées en bordure des cours d'eau	13
V	Distances minimales d'épandage à respectées par rapport aux infrastructures	13
VI	Exigences demandées pour le compostage	14
VII	Normes des rejets des deux STEP	25
VIII	Résultats des concentrations des métaux lourds	45

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des graphes	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1

Partie théorique

Chapitre I : Généralités sur les boues

I.1.Introduction	3
I.2. Définition des boues	3
I.3. Les origines des boues.....	3
I.3.1 Les eaux industrielles.....	3
I.3.2 Les eaux usées domestiques.....	3
I.4.Les types de boues	3
I.4.1 Boues de prétraitement (primaires).....	4
I.4.2 Boues de traitement physico-chimiques	4
I.4.3 Boues de l'épuration biologique	4
I.4.4 Les Boues mixtes	4
I.5 Classification des boues	5
I.6 Composition des boues résiduaires	5
I.6.1. Les Matières organiques	6
I.6.2 Eléments fertilisants et amendements.....	6
I.6.3 Eléments indésirables.....	6
I.7 Les caractéristiques des boues.....	6
I.8.Conclusion	7

Chapitre II: traitement et valorisation des boues résiduaires

II.1. Introduction	8
II.2.Traitement des boues résiduaires	8
II.2.1 Epaissement.....	9

II.2.2 Déshydratation et conditionnement	9
II.2.3 Séchage	10
II.2.4. Stabilisation et hygiénisation	10
II.3. Valorisation des boues	11
II.3.1 La valorisation agronomique des boues	12
L'épandage agricole	12
L'épandage Sylvicole	13
Le compostage	13
II.3.2 La valorisation énergie / matériaux	14
II.3.2.1 Utilisation du biogaz	15
II.3.2.2 L'incinération	16
II.4. Etude d'une éventuelle valorisation dans l'épandage	16
II.5. Cadre réglementaire applicables aux boues	17
II.6. Conclusion	18

Partie pratique

Chapitre I : présentation des STEP

I.1. Introduction	19
I.2. Historique de la STEP de Souk-El-Tenine	19
I.3. Présentation STEP de Bouira	21
I.4. La situation géographique de la station d'épuration de Bouira	21
I.5. Description des stations d'épuration de Souk-El-Tenine et Oued D'Hous	21
I.5.1. Les prétraitements	21
I.5.1.1. Dégrillage	22
I.5.1.2. Déshuilage et dessablage	22
I.5.2. Bassin d'aération (Bassin biologique)	22
I.5.3. Décanteur secondaire (clarificateur)	23
I.5.4. Recirculation des boues	23
I.5.5. Epaisseur	23
I.5.6. Déshydratation mécanique des boues	23

I.6.Principe de l'épuration biologique	24
I.7.Caractéristiques des eaux usées épurées des deux STEP.....	24
I.8. Le laboratoire d'analyses de la STEP de Souk-El-Tenine	25
I.8.1.Les analyses effectuées au laboratoire de la STEP de Souk-El-Tenine.....	25
I.8.1.1.Les paramètres physico-chimiques	25
I.8.1.2.Les paramètres de pollution	26
I.9.Conclusion	27

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1 Introduction	28
II.2. Prélèvement des échantillons	28
II.3. Conditionnement des échantillons	28
II.4. Prétraitement des échantillons	28
II.4.1 Préparation des échantillons	29
II.4.2. Protocoles de caractérisation des paramètres chimique et biologiques.....	30
II.4.3. Protocole de caractérisation des métaux lourds.....	31
II.4.3.1.Dosage des métaux lourds par SAA	31
Principe.....	32
Mode opératoire.....	32
II.5. Conclusion.....	32

Chapitre III: Resultats et Discussion

III.1.Introduction.....	33
III.2. Résultats et interprétation des analyses des boues sèches et calcinées	33
III.2.1. Variation de M.V.S et Siccité des boues nouvelles et anciennes.....	33
III.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO).....	35
III.2.3. Azote totale Nt	36
III.2.4. Nitrates NO ₃	37
III.2.5. Phosphates PO ₄	37

III.2.6. Dosage des métaux lourds	38
Le Cuivre:	39
Plomb	39
Le Zinc	40
Le Nickel.....	41
Cadmium.....	42
Cobalt.....	43
III.3. Application en agriculture des données de la STEP de SET et Bouira.....	44
III-4. Conclusion.....	46
Conclusion générale.....	47
 Bibliographie	
 Annexes	
 Résumé	

Introduction générale

Initialement, le rejet des eaux usées était leur éloignement des habitations en raison de leurs nuisances sur l'environnement et sur la santé humaine et animale (mauvaises odeurs, fermentation, apparition de plusieurs pathologies...), pour éviter toute contamination ou bien risque des maladies à transmission hydriques.

Parallèlement, la population active délaissant les campagnes s'est approchée et développée autour des centres industriels, créant ainsi de grandes villes, dont les habitants déversent quotidiennement leur flux polluant, dans un milieu récepteur (un lac, une rivière ou une mer), cette pollution hydrique est de diverses origines et se manifeste généralement en organique, microbiologique, toxique ou d'origine minérale par le rejet de produits fertilisants[1].

Ces pollutions correspondent nécessairement à une modification du milieu récepteur qui se traduit indirectement et à plus ou moins long terme, par des conséquences néfastes sur l'individu.

Par ailleurs, la sauvegarde de la nature écologique et de l'espèce humaine passent inévitablement par un traitement de ces rejets. C'est pourquoi il a fallu mettre en place un système de traitement des eaux usées à savoir la construction des stations d'épuration et de traitement, dont l'Algérie a engagé un programme de mise en service de plusieurs STEP depuis les années 80 [2].

L'épuration des eaux usées de différentes origines, produit un résidu final « Boue résiduaire ». La production de ce résidu, augmente bien sûr avec le développement des stations d'épuration dont sa gestion est devenue une préoccupation majeure pour les collectivités organisatrices des services d'assainissement et reste un problème majeur qui consiste à trouver une solution pour l'éliminer dans des conditions plus économiques tout en respectant les contraintes liées à la protection de l'environnement et l'hygiène publique [3].

Le travail que nous avons entrepris, se veut comme une contribution à l'analyse des boues résiduelles des stations d'épuration des eaux usées urbaines, en vue de leur revalorisation.

L'objet et le but de ce travail de recherche sont développés lors d'un état de lieu de traitement des eaux usées urbaines des Stations d'Épuration des Eaux Usées de Souk El Tenine (Béjaia) et d'Oued D'Hous (Bouira).

L'intérêt de ce travail est de produire un guide technique et définir les modes de gestion des boues qui rentre dans le cadre du développement durable par la protection des milieux naturels récepteurs.

Nous nous sommes limités à deux objectifs à savoir :

La caractérisation et quantification des paramètres de pollution dans les deux sites d'études, dans la zone de Tizi Ouzou.

L'application des résultats obtenus pour une étude d'évaluation et de valorisation du produit final (boue) émanant des deux stations dans le secteur agronomique tel que l'épandage.

Partie Théorique

Chapitre I : Généralités sur les boues

I.1.introduction

Quelque soit le procédé d'épuration des eaux usées urbaines ou industrielles adopté, leur traitement s'accompagne d'une production de quantités de boues non négligeables 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 de boues, de la valeur ajoutée du produit qui en résulte et de l'impact que pourrait avoir la filière retenue sur l'environnement [4].

I.2. Définition des boues

Les boues urbaines sont les principaux déchets produits par une station d'épuration, elles résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un prétraitement obligatoire [5].

I.3. Les origines des boues

Les boues de la station d'épuration sont des boues résiduaires, qui résultent de traitement des eaux usées en aval. Ces boues peuvent avoir différentes origines :

I.3.1 Les eaux 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 [3].

I.3.2 Les eaux usées domestiques

Ces eaux produisent des boues décantées (boues du traitement primaire) caractérisées par des odeurs nauséabondes avec un pourcentage hydrique de 94 à 98% et de 1,5 à 2,5% de matières solides. Ces boues sont produites par une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées et qui représentent 70%, et les boues secondaires qui sont plus stabilisées que les boues primaires contenant particulièrement un film microbien avec 6 à 8% de matières sèches [6].

I.4.Les types de boues

Selon le type de traitement des eaux usées, une station d'épuration peut produire, à l'origine, trois grandes catégories de boues représentées dans le schéma ci-dessous :

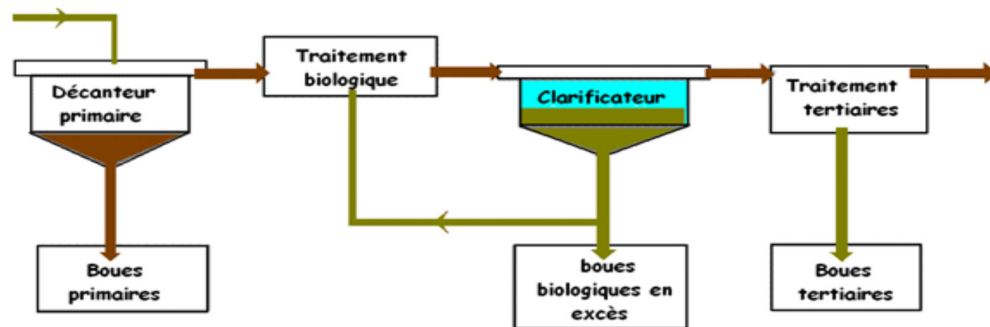


Figure 1 : Schéma différents types de boues d'un procédé de traitement à boue activées [7].

I.4.1 Boues de prétraitement (primaires)

Elles sont issues de dépôts récupérés par simple décantation des eaux usées (exp : décanteurs –digesteurs), elles proviennent d'une séparation physique des matières en suspension décantables organiques ou minérales lors de la décantation primaire. Elles sont riches aussi bien en matières minérales (micro sable, terreetc.) que des matières organiques susceptibles d'évolution qui sont récupérées, dans des décanteurs digesteurs [8].

I.4.2 Boues de traitement physico-chimiques

Elles renferment la quasi-totalité de la pollution particulaire et colloïdale enlevée à l'eau (dans les décanteurs placés en aval), ainsi que les quantités de réactifs ajoutés qui se retrouvent dans les boues sous forme d'hydroxydes métalliques ou de précipités minéraux (carbonate, phosphate, etc.) [9].

I.4.3 Boues de l'épuration biologique

Les boues biologiques ou boues secondaires sont issues du traitement biologique que ce soit en culture libre (boues activées), ou en culture fixée (lit bactérien, disque biologique, etc.), qui se déroule par métabolisation de la pollution organique biodégradable soluble et colloïdale, lors d'une épuration, constituées essentiellement de corps bactériens et de leur sécrétions [10].

I.4.4 Les Boues mixtes

Elles proviennent de la totalité de la station, par mélange de boues primaires et de boues biologiques [11].

I.5 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 [12].

Tableau N° I : Les différentes classes de boues [08].

	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.6 Composition des boues résiduaires

La composition des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année, du type de traitement et du conditionnement pratiqué dans la station d'épuration. Elles contiennent essentiellement [12] :

I.6.1. Les Matières organiques :

La matière organique des boues est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) [13].

I.6.2 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 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 [14].

I.6.3 Eléments indésirables

Les éléments indésirables contenus dans les boues peuvent avoir différentes nature et composition. Parmi ces éléments nous trouvons :

- **Des éléments traces minéraux** constitués en majorité par des métaux. Certains de ces éléments occupent une place essentielle à faible concentration dans l'organisme (Oligo-éléments), qui deviennent généralement toxiques au-delà d'un certain seuil [6].
- **Des micro-organismes pathogènes** tels que les virus, les bactéries, les protozoaires, les parasites, et les champignons. Ils sont notamment présents dans les matières fécales rejetées dans le réseau d'assainissement dont inévitablement présents dans les boues brutes[7].
- **Des micropolluants organiques** à savoir les substances les plus fréquemment considérées sont HPA et les PCB car ils sont particulièrement persistants [6].

I.7 Les caractéristiques des boues

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

- **Siccité** : C'est le pourcentage massique de matière sèche. Les boues sont constituées d'eau et de matières sèches. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 % [15].

- **Taux de matières volatiles sèches (MVS) :** La matière sèche est constituée de matières minérales et de matières organiques qui sont appelées matières volatiles sèches. La concentration en MVS est un taux par rapport à la matière sèche totale. Le suivi de ce taux permet de connaître la stabilité d'une boue [15].
- **Consistance :** La consistance est un état physique dépendant de la siccité.

Tableau N° II : Caractéristiques des boues en fonction de la siccité et de certaines propriétés [16].

	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

Tableau N° III : Population des boues activées [17].

Population par litre de boues	Espèce
De 1 à 5 10 ⁵ /L	Métazoaires (rotifères, nématodes)
10 ⁷ /L	Protozoaires (flagellées, ciliés)
10 ¹² /L	Bactéries (floculées, filamenteuses)

I.8. Conclusion

Les eaux usées par leur différente provenance sont 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.

Chapitre II : Traitement et valorisation des boues

II.1. Introduction

Plusieurs technologies reliées au traitement, à la valorisation et à l'élimination sont à la lumière du jour, dont le traitement consiste à conférer aux boues les caractéristiques nécessaires à leur valorisation ou à leur élimination, tandis que la valorisation vise à recycler les boues de l'élimination en les utilisant à d'autres fins.

Enfin, l'élimination, constitue la solution privilégiée en raison de son accessibilité et de son faible coût, regroupe l'enfouissement sanitaire et l'incinération [18].

II.2. Traitement des boues résiduaires

Le parc des stations d'épuration des eaux usées urbaines en Algérie est constitué essentiellement de procédés d'épuration à « Boues Activées », et à un degré moindre le « Lagunage Naturel » (voire tableau en annexe). Ce dernier produit des boues de façon périodique (période variant de 5 à 10 ans), une périodicité assez longue qui ne nécessite pas leur gestion au niveau de la station. Ces boues d'épuration sont généralement traitées du fait de leur teneur importante en matières organiques et en eau. Ces traitements consistent essentiellement en [18]:

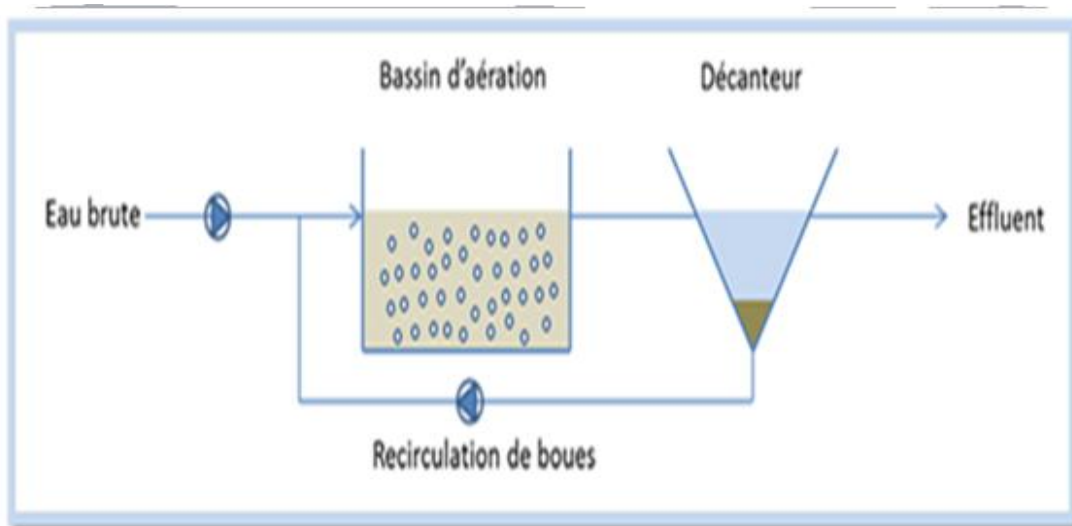


Figure 2 : Principe du procédé d'épuration à boues activées [12].

II.2.1 Epaissement

L'épaississement est la première étape du traitement des boues. C'est un procédé simple, consommant peu d'énergie en réduisant le volume des boues brutes. Le taux de siccité obtenu peut être de l'ordre de 10% de MS [19].

Pour ce procédé diverses méthodes sont utilisées à savoir :

- **Epaissement gravitaire** Cette technique est très répandue dans les grandes stations (10 000-100 000 EH). La siccité des boues à la sortie de ce procédé varie de 2 à 10% selon la nature des boues traitées. Cette méthode est peu coûteuse et d'exploitation simple mais de faible performance sur les boues biologiques [20].
- **Epaissement dynamique**
- ✓ **Flottation** : Utilisée dans le cas des boues activées afin de les épaisir et les clarifier. Cette technique entraîne une dépense énergétique supérieure à la décantation, mais ses performances au chapitre de l'épaississement et donc, de la chaîne entière de traitement, compensent largement cette dépense [21].
- ✓ **Centrifugation** : Elle consiste en une séparation, sous l'effet de la force centrifuge, des phases liquide et solide en ajoutant aux boues un polymère en faible dose, permettant d'obtenir un bon compactage (siccité de 4-6%). Elle est rapide et compact, et très sensible à la qualité des boues [22].
- ✓ **Drainage** : La boue, préalablement floculée par traitement physico-chimique, est épandue sur un support filtrant. Ce système est bien adapté aux petites stations et de fonctionnement très simple, mais à des coûts plus élevés et une assistance technique importante [23].

II.2.2 Déshydratation et conditionnement

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaisies, stabilisées ou non, afin d'obtenir une siccité des boues plus poussée selon leurs natures (en moyenne comprise entre 20 et 30 %).

Elle présente plusieurs avantages :

- Stockage facile et réduction du coût du transport.
- Meilleure stabilisation (temps de séjour augmenté).
- Utilisation facile en agriculture [24].

II.2.3 Séchage

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

➤ **Lit de séchage** : son principe est d'épandre des boues liquides sur une grande surface avec un lit constitué de graviers et de sable. Il se pratique soit à l'air libre soit en bâtiment fermé avec une ventilation mécanique. Cette technique présente l'inconvénient d'être tributaire du climat, les temps de séchage sont relativement longs, ne peut s'adapter qu'aux grandes stations en raison des surfaces nécessaires.

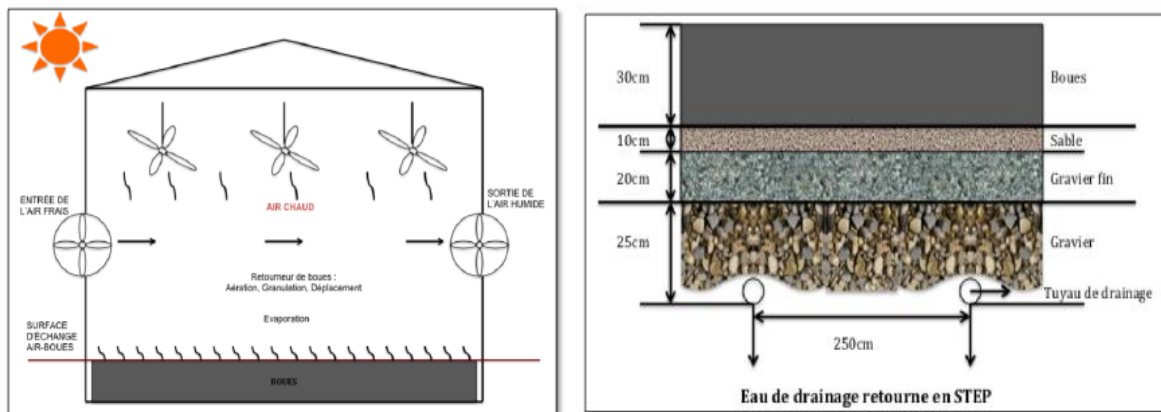


Figure 3 : Lits de séchage [24].

- **Séchage thermique** : Il vient obligatoirement après une étape de déshydratation mécanique et repose sur deux méthodes [25]:
 - ✓ **le séchage direct** où les boues sont au contact de la source chaude et l'air est injecté directement pour permettre leur combustion.
 - ✓ **le séchage indirect**, où les boues sont chauffées par un fluide caloporteur circulant dans des tuyaux parfaitement isolés avec formation des boues dont la siccité est supérieure et se situe entre 90 et 95 % [25].

II.2.4. Stabilisation et hygiénisation

Ces deux étapes sont assurées de manière biologique, chimique ou physique. Elles visent à réduire au maximum toutes les nuisances de nature biologique que peuvent produire les boues déshydratées.

- La stabilisation consiste à réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation, qui réduit fortement la nuisance

olfactive, les émissions de méthane, les risques de lixiviation, les populations bactériennes et la demande Biologique en Oxygène pendant cinq (05) jours (DBO5).

- L'hygiénisation est destinée à réduire la présence d'agents pathogènes dans les boues afin d'éviter une éventuelle contamination [24].

II.3. Valorisation des boues

La valorisation des boues résiduaire demande un traitement approprié des boues visant en particulier, à réduire la haute proportion en eau (> 95 %) et à éliminer la pollution par des agents toxiques et germes pathogènes ainsi que les substances à forte nuisance olfactive [26].

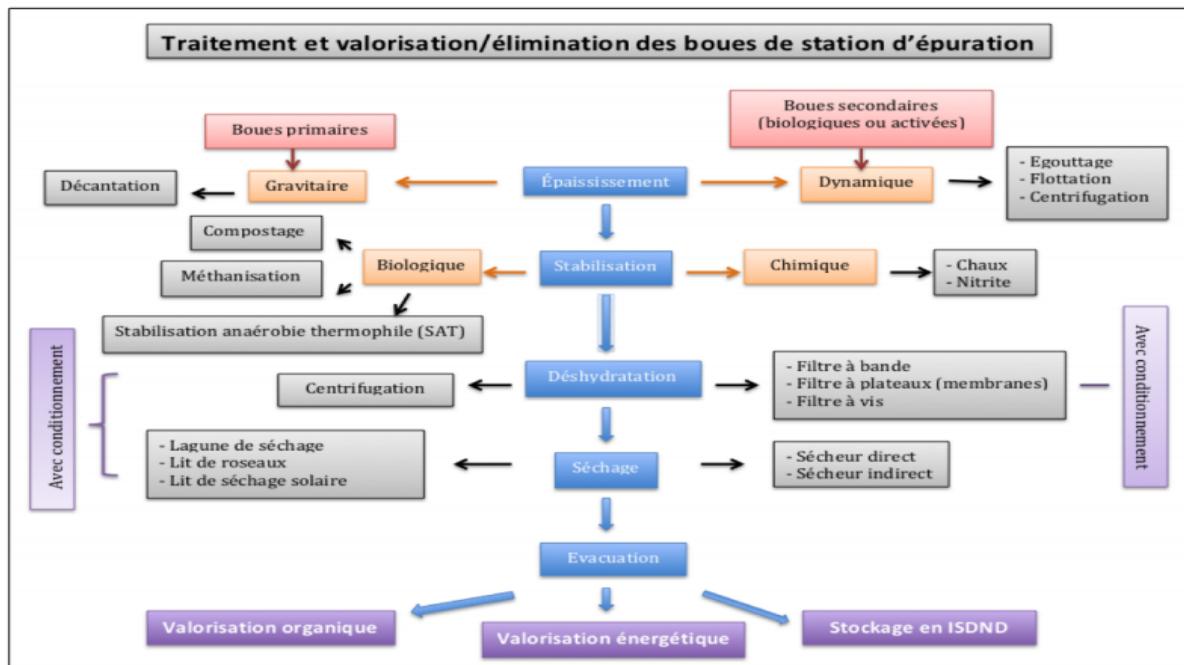


Figure 4 : Traitement, valorisation et élimination des boues au niveau de station d'épuration [3].

Il existe globalement deux filières de valorisation :

La valorisation agricole pour les boues présentant un intérêt fertilisant et conformes aux exigences réglementaires d'innocuité et la valorisation énergie-matériaux mettant en œuvre des traitements par incinération spécifique, Co-incinération avec les déchets ménagers, oxydation par voie humide (OVH) ou traitement en cimenterie [3].

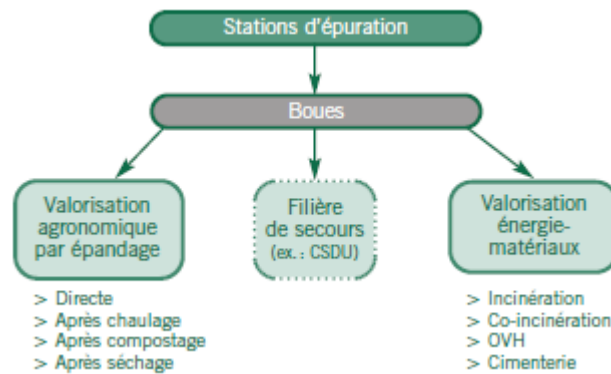


Figure 5 : Procédé de valorisation des boues [3].

II.3.1 La valorisation agricole des boues

Elle constitue la filière la plus utilisée depuis des décennies sans qu’aucune difficulté d’ordre sanitaire ou agronomique ne soit apparue. Elle répond parfaitement aux besoins en matières organiques et en éléments fertilisants des sols mis en culture, ainsi qu’au principe du développement durable [27].

II.3.1.1 L’épandage agricole

C’est une pratique courante qui consiste en l’application au sol des boues à l’aide de matériel approprié. Les conditions de mise en œuvre et de suivi étant parfaitement définies par un plan d’épandage (surface, stockage, filière de secours, etc.). L’épandage doit être effectué dans des conditions de transparence et de traçabilité parfaites [28].

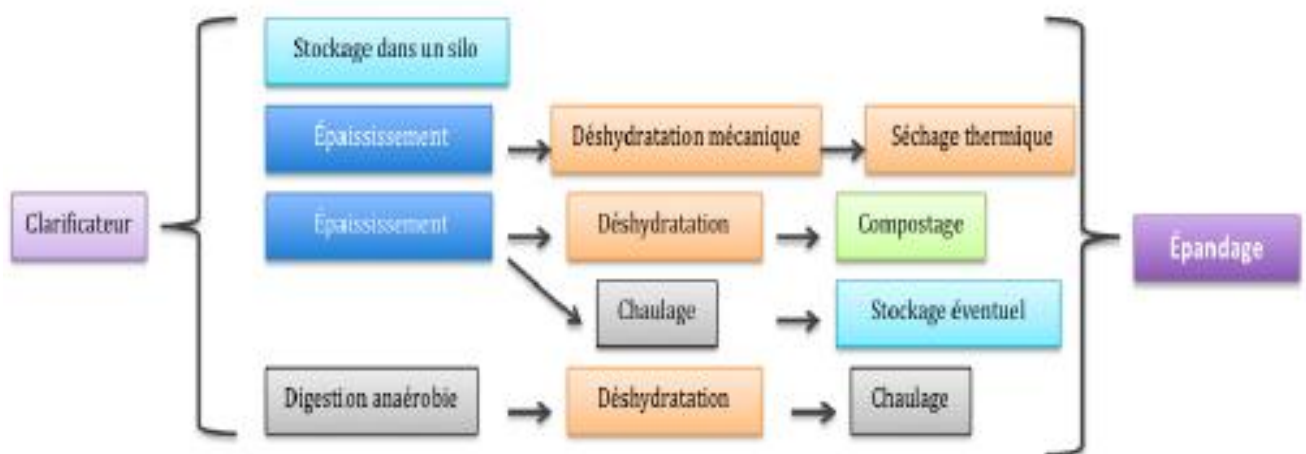


Figure 6: Les différentes étapes de traitement des boues avant épandage [24].

Tableau N° IV : Distances d'épandage devant être respectées en bordure des cours d'eau [3].

Pente	Distance (m)
0% à 03%	60
De 03% 06%	120
06% ou	Aucune valorisation

Tableau N° V : Distances d'épandage à respecter par rapport aux infrastructures [3].

Infrastructure	Distances (m)
Développement résidentiel	500
Institution, zone récréative	200
Habitation ou édifice isolé	90
route	10

II.3.1.2 L'épandage Sylvicole

La valorisation sylvicole vise à épandre des boues stabilisées sur des sols où l'on pratique la sylviculture présentant des besoins en fertilisants. Ceci a pour effet de maintenir ou d'améliorer la fertilité des sols, à court et à long terme, surtout dans les stations forestières où leur faible fertilité constitue un frein à la croissance des arbres naturels ou plantés. Les arbres traités avec ces boues sont en général plus hauts, plus volumineux et plus résistants, présentent une couleur plus foncée avec une biomasse plus importante que celle des arbres laissés à eux-mêmes [29].

II.3.1.3 Le compostage

L'élimination des boues d'épuration présente un énorme problème pour les municipalités. Une façon très efficace de faire face à ce problème est de composter les boues. Le compostage est un processus biologique qui réduit le produit des boues d'épuration d'une manière utile et inoffensive pour l'environnement. Il est également moins coûteux que la mise en décharge, l'incinération ou le déversement des boues d'épuration dans le milieu marin [30].

Le compostage est la conversion, par des microorganismes, de mélanges complexes de matières organiques dégradables rapidement des matériaux plus stables et humides, généralement dans un environnement chaud et humide relativement en aérobie. Cette matière subit une oxydation par des micro-organismes, laquelle s'accompagne d'une augmentation de

la température pouvant aller jusqu'à 70 C°. Le compost ainsi obtenu peut servir en agriculture, en horticulture et en pépinière, et être vendu au détail. Il peut également être obtenu en mélangeant, dans le cas présent, des boues municipales ou de fosses septiques avec de nombreux autres résidus, tels que les fumiers, la fraction organique des ordures ménagères, les résidus verts, les résidus de récolte, les cendres, les sciures de bois... etc. [31].

Tableau N° VI : Exigences demandées pour le compostage des boues [3].

Paramètres	Taux
Teneur en eau	50% à 70%
Rapport C/N	25% à 35%
Porosité	35% à 40%

II.3.2 La valorisation énergie

Afin d'aboutir à cette étape, il est nécessaire de passer par une phase d'oxydation thermique sèche ou humide [30].

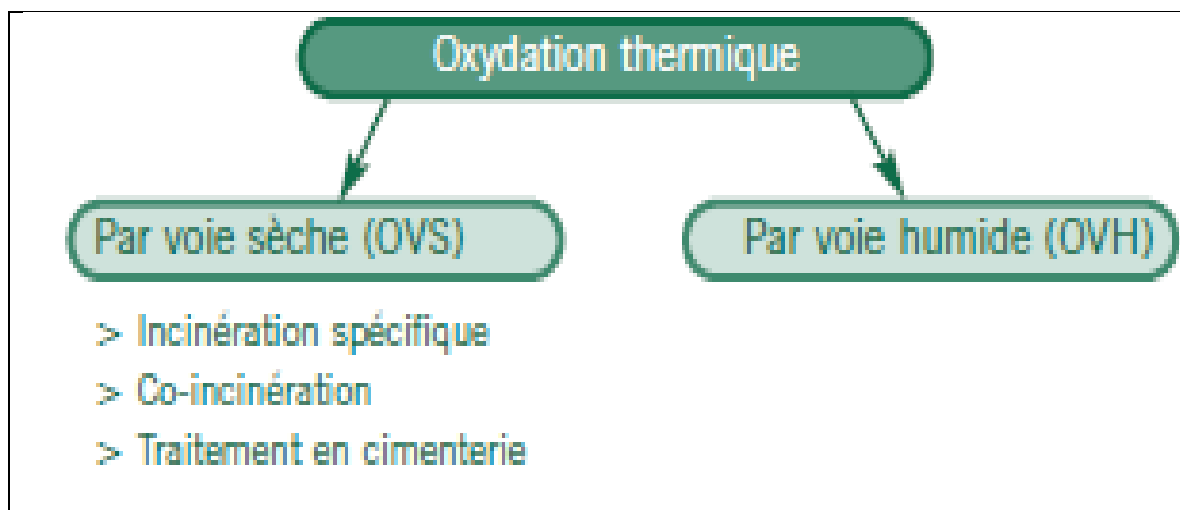


Figure 7 : Schéma d'oxydation thermique [3].

La valorisation énergétique consiste en une récupération d'énergie des boues après leur incinération qui produit de la chaleur des fumées qui peut être récupérée sous forme de vapeur ou sous forme d'électricité. Elle peut également avoir lieu après fermentation qui se produit par méthanisation des fractions organiques libérant du biogaz en même temps que le compost. De ce fait, la méthanisation présente plus d'avantages sur le plan économique et environnemental [31].

II.3.2.1 Utilisation du biogaz

Le biogaz généré dans cette étape est généralement utilisé en :

- **Chaudière** : pour produire de l'énergie calorifique, et constitue ainsi une énergie renouvelable de qualité qui peut être récupérée et valorisée de plusieurs façons. Cette condition est nécessaire car la production de biogaz au niveau des stations d'épuration est continue et le stockage du biogaz n'est pas économiquement avantageux [32].
- **Cogénération** : L'utilisation la plus courante du biogaz est la production d'électricité qui peut être consommée directement par la station ou revendue au centre de distribution d'électricité [32].
- **Chaleur** : une fois produite, elle est en premier lieu utilisée pour maintenir le digesteur à sa température de consigne, séchage thermique des boues digérées, utilisation externe de la chaleur ; production d'eau chaude pour un utilisateur potentiel, production de froid à partir de la chaleur (technologie encore peu développée) [33].

Il existe également deux autres modes de valorisation du biogaz qui ne sont pas encore très matures. Son utilisation comme bio carburant pour véhicules et son injection sous forme épuré dans un réseau de distribution de gaz naturel.

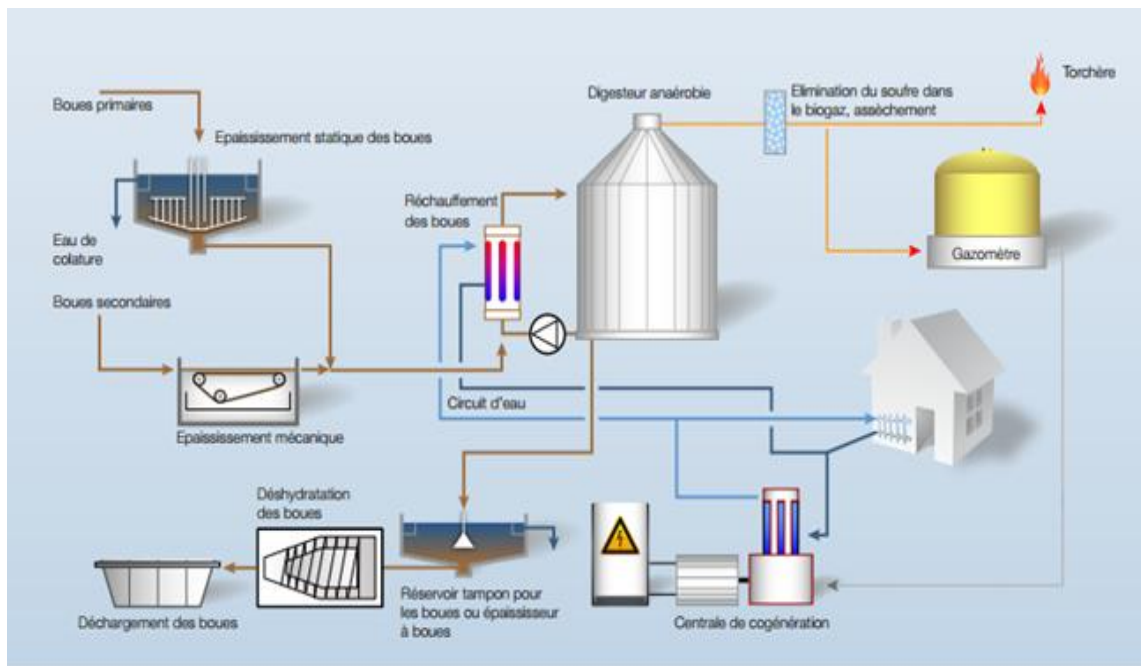


Figure 8: Techniques de traitement des boues et leur destination [3].

II.3.2.2 L'incinération

Sur le plan réglementaire, il n'y a pas de texte spécifique régissant l'incinération des boues des stations d'épuration. Elles peuvent être incinérées de différentes manières:

- **Incinération spécifique** : les boues dont la siccité est de 20 – 30 % sont brûlées seules ou en mélange avec des graisses. Elles ne sont généralement pas auto-combustibles. Il ne s'agit donc pas d'une valorisation énergétique [34].
- **Co-incinération avec les ordures**: Elle peut s'effectuer avec des boues séchées (60 à 90 % de siccité) ou avec des boues pâteuses (20 – 25 % de siccité). L'incinération en cimenterie, l'oxydation par voie humide. L'incinération est souvent utilisée pour les stations des grandes agglomérations urbaines [34].

II.4. Etude d'une éventuelle valorisation dans l'épandage

Les boues résiduaires qui peuvent servir de fertilisant, ne sont pas exemptes de contaminants. Nous nous interrogeons sur les effets négatifs de la présence des métaux lourds, de composés organiques synthétiques et pathogènes, car ces substances hautement toxiques peuvent avoir des effets tragiques sur les populations exposées, et risquent de diminuer les rendements en inhibant la croissance des microorganismes. Cette inhibition peut se produire si la concentration d'un métal empêche les organismes de puiser un autre élément essentiel dans le milieu, par exemple le zinc en trop grande quantité empêche la plante de

retirer le phosphore du sol, d'où l'inquiétude du passage de ces métaux dans la chaîne alimentaire [35].

Du point de vue agricole, ce fait est très important car on consomme directement les plantes fertilisées avec les boues résiduaires ou on les consomme indirectement à travers les animaux qui ont pâture dans les champs fertilisés.

Pendant, leur toxicité dépend de leur quantité et surtout de leur spéciation. La forme ionique libre est reconnue comme la plus dangereuse car, étant soluble, elle est directement assimilée par les plantes. Heureusement dans les boues municipales, les métaux lourds se présentent très peu sous cette forme [36].

III.5. Cadre réglementaire applicables aux boues

Les boues issues de l'épuration étaient considérées de diverses façons telles que : déchets, matières fertilisantes, produits commercialisables, sous-produits de l'épuration. Elles obéissaient, de ce fait, à plusieurs réglementations et logiques différentes. Depuis le décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 (France), relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées, à l'exception de celles issues d'installations classées pour la protection de l'environnement.

Les dispositions réglementaires applicables à l'épandage des boues et des produits dérivés non homologués sont, outre :

- ✓ Les décrets du 29 mars 1993,
- ✓ Le décret du 8 décembre 1997 et ses textes d'application.
- ✓ L'arrêté du 8 janvier 1998 fixe :
 - les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles.
 - Il précise le contenu des documents prévus par le décret, tels que l'étude préalable, le programme prévisionnel ou le bilan agronomique.
 - Il encadre les conditions d'entreposage des boues et les quantités maximales épandues, les caractéristiques des sols et des boues et leurs niveaux de traitement.
 - Il fixe les modalités de surveillance des sols, des boues, des traitements et de l'épandage [37].

II.6. Conclusion

La boue subit différents processus pour la concevoir comme résidu final du traitement des eaux usées par leur différentes origines, la valorisation des boues est un domaine de recherche très délicat, vu sa consistance et sa composition chimiques et organique, dont on a recours à son utilisation dans différents domaines tels que l'agriculture et la production d'énergie.

Partie pratique

Chapitre I :

Présentation des STEP

I.1.Introduction

Une station d'épuration est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, sur l'émissaire principal, juste en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel. Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées, dont chacun est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux.

Dans ce chapitre nous allons présenter la localisation ainsi que les données de base des deux stations d'épuration des eaux usées (STEP) de la zone de Tizi Ouzou, à savoir STEP Souk-El-Tenine Unité de Béjaia et STEP Oued D'Hous Unité de Bouira, et nous détaillerons les procédés de traitement appliqués à la station de Souk-El-Tenine

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

La STEP de la commune de Souk-El-Tenine est située à 35 Km à l'Est de Béjaia, implantée dans une zone plus basse de la ville et à un niveau zéro d'altitude par rapport à la mer, afin de faciliter l'acheminement des eaux usées gravitaires vers la station et leur évacuation une fois traitées vers Oued Agrioun dans l'axe Kherrata-Souk-El-Tenine puis vers la mer. Elle a été réalisée dans le cadre de la modernisation et de la protection de l'environnement. C'est le fruit d'un partenariat entre deux entreprises étrangères à savoir; BONA TUNISIE et VATEC WABAG (GmbH). Sa réalisation s'est effectuée en six années (2006 -2011), sa mise en service en 2012- 2013 par l'entreprise VATEC WABAG, le suivi des travaux assuré par la direction de l'hydraulique, et enfin le suivi et la gestion par l'office national d'assainissement (ONA) Béjaia Janvier 2014 à ce jour.

La Station d'épuration est conçue pour traiter les eaux usées de la daïra de Souk-El-Tenine englobant les deux communes Souk El Tenine et Melbou. Cette station traite la pollution résultante d'une population équivalente à 47 580 en première phase 2020 et 62 500 en deuxième phase 2030.

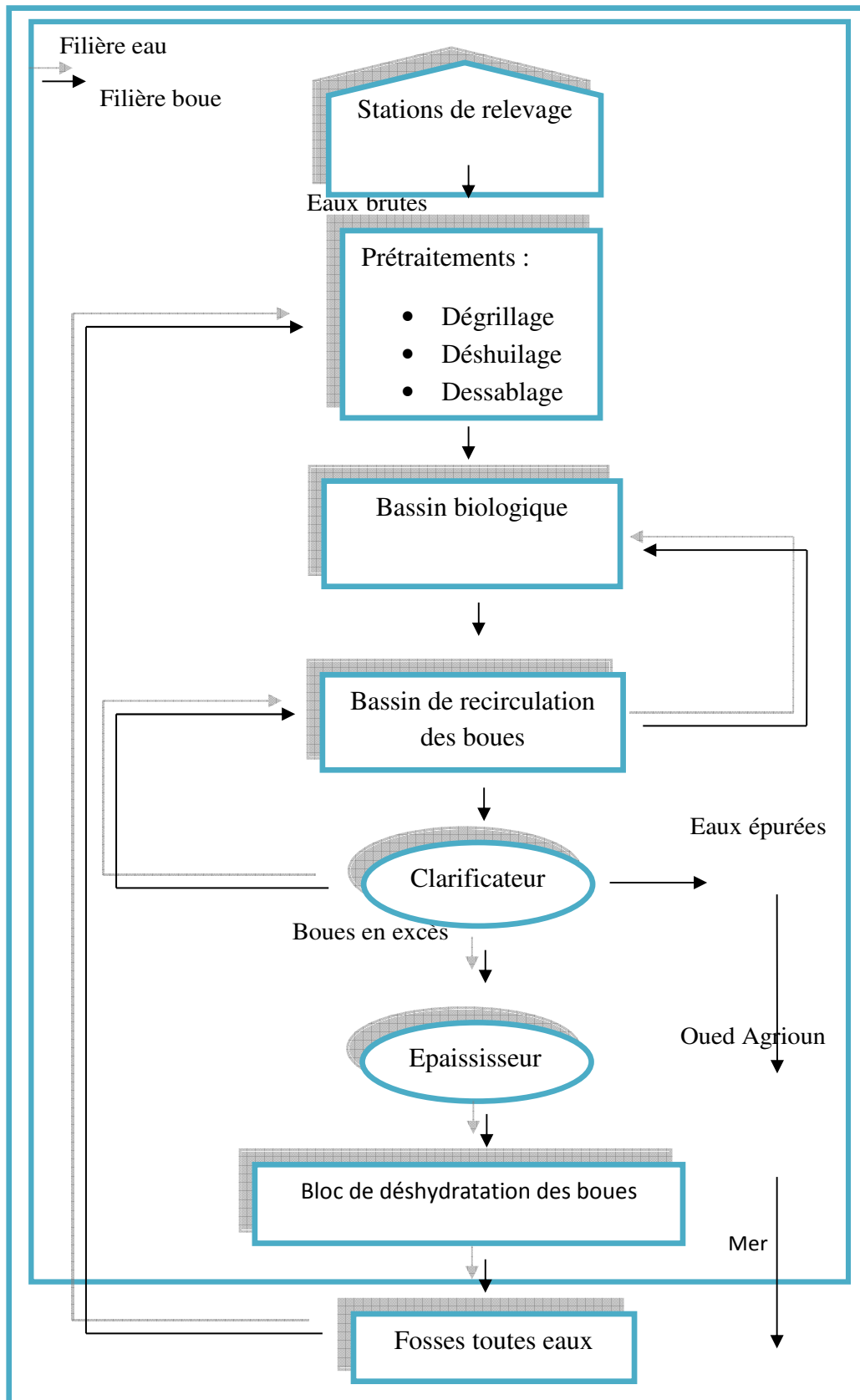


Figure 9 : Schéma de fonctionnement de la STEP de Souk-El-Tenine

I.3.Présentation STEP de Bouira

La STEP de la ville de Bouira est une filiale de l'ONA , réalisée par une entreprise allemande PASSAVANT RODIGER, nouvelle station d'épuration a une capacité nominale 25840 Equivalent-Habitants (EH) qui assure uniquement le traitement des pollutions carbonées, azotées et phosphorées.

I.4.La situation géographique de la station d'épuration de Bouira

La station d'épuration se au Sud-Est du chef-lieu de la ville de Bouira et sur la rive gauche d'oued d'Hous qui se situe à quelques mètres de l'autoroute Est-Ouest.

I.5.Description des stations d'épuration de Souk-El-Tenine et Oued d'Hous

Le système de traitement retenu pour l'épuration des eaux usées de Souk El Tenine et Oued d'Hous est celui de boue activée réalisé en raison de l'aération prolongée, dimensionnée pour une faible charge et permettant d'assurer une boue vivif et vivante suivant les différentes étapes:

I.5.1. Les prétraitements

Afin de ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par des matières lourdes, volumineuses ou difficilement biodégradables, les traitements biologiques sont précédés de prétraitements adéquats :

I.5.1.1. Dégrillage

- **Une grille mécanique :** assurée par un jeu de minuterie définissant une période de repos et une période de marche. Les refus de grilles (déchets solides) tombent sur une bande transporteuse, installé perpendiculairement à la grille, et enfin évacués vers une benne d'évacuation.
- **Une grille manuelle :** contrôlée par les agents d'exploitation, afin de racler les déchets retenus par cette dernière à l'aide d'un râteau, évacuée vers la benne d'évacuation.

Ce système de dégrillage est complété par une grille **by pass** qui intervient en cas d'une activité importante d'eau, comme les périodes de crues.

I.5.1.2. Déshuilage et dessablage

Le déshuilage et le dessablage font suite au dégrillage, leurs fonction est de séparer les huiles et les graisses des eaux usées brutes.

I.5.2. Bassin d'aération (Bassin biologique)

C'est le cœur de la station du même du procédé à boues activées, où s'effectue le métabolisme bactérien à l'origine du phénomène aboutissant à l'épuration.

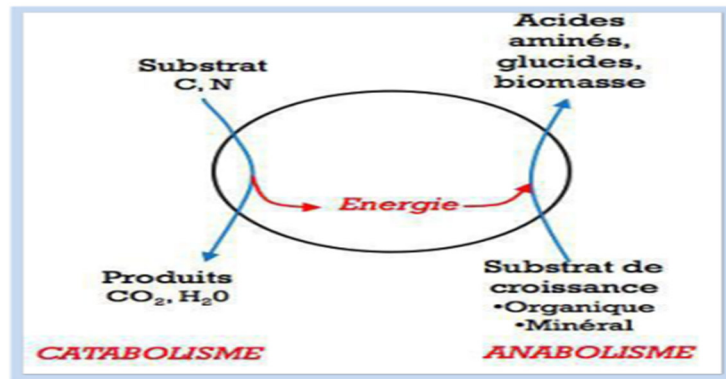


Figure 10 : Schéma du métabolisme bactérien [38]

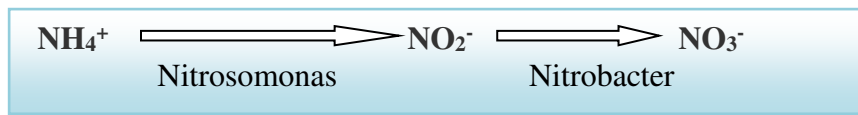
Le bassin biologique est commandé depuis la salle de contrôle qui fonctionne selon deux modes:

- **Mode automatique** : 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.

Eau + pollution organique + micro-organismes + oxygène \rightleftharpoons micro-organismes en excès + CO₂ + H₂O

- utilisé en cas de dysfonctionnement de l'un des appareillages, tels que : Oxymètre, armoire de commande, agitateur, etc.

Pour optimiser la dénitrification, Le bassin d'aération est équipé d'agitateurs submersibles, opérationnels et fonctionnent en alternance avec les aérateurs.



Nitrification



Dénitrification

I.5.3. Décanteur secondaire (clarificateur)

La clarification des effluents est une étape essentielle dans le procédé biologique d'épuration. L'efficacité de la séparation de la liqueur mixte, en boues concentrées et en 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 et de permettre par ailleurs un premier épaissement des boues biologiques décantées.

I.5.4. Recirculation des boues

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'épaissement est mesuré avec un débitmètre électromagnétique sur les conduites de refoulement des boues en excès.

I.5.5. Epaisseur

Les boues en excès sont introduites par pompage et par l'intermédiaire d'une tuyauterie au centre de l'épaisseur. 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.

I.5.6. Déshydratation mécanique des boues

Le but de cette étape est de porter la siccité des boues à une valeur telle, que leur transport soit facilité par réduction du volume. Le produit fini pourra ainsi être aisément utilisable en agriculture comme excellent amendement des sols, ou être versé en décharge publique. Les boues épaissies sont pompées vers un filtre à bande au moyen d'une pompe à rotor hélicoïdal.

Le conditionnement des boues en vue de leur filtration consiste en une adjonction d'un polymère cationique, qui engendre la floculation de la boue permettant ainsi une séparation boue/eau dans le filtre.

I.6.Principe de l'épuration biologique

Ce procédé à boues activées consiste en un réacteur biologique aérobie où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés bio flocs. Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange eau usée - bio flocs est appelé liqueur mixte. Cette dernière est maintenue dans un régime turbulent par un système d'aération (turbine). De l'oxygène dissous est ainsi introduit dans la masse de la liqueur mixte, lequel est 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, améliorée en cela par un mécanisme de raclage.

pour maintenir une quantité suffisante de micro-organismes aérobies (matière active), la plus grande partie des boues décantées est recyclée à l'entrée du réacteur biologique. Le maintien d'une concentration adéquate dans le bassin d'aération permet d'optimiser l'apport d'oxygène matière active qui va provoquer la diminution et l'élimination de la pollution. Une partie des boues qui se dépose sur le radier du décanteur secondaire (boues en excès), sera dirigée vers le traitement des boues, épaissement puis déshydratation sur filtres à bande [39].

I.7.Caractéristiques des eaux usées épurées des deux STEP

Les caractéristiques des effluents en sortie telles que définies dans le cahier de charge, sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau N° VII: Normes de rejets des deux STEP [39].

Lieux Paramètres	Souk El Tenine	Oued d'Hous
MES	30 mg/l	≤30 mg/l
DBO ₅	20 mg/l	≤20 mg/l
DCO	120 mg/l	≤120 mg/l
Azote ammonium (NH ₄ -N)	3 - 5 mg/l	≤4 mg/l
Azote nitrates (NO ₃ -N)	8 - 10 mg/l	≤8 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	
P total		≤2 mg/l

I.8. Le laboratoire d'analyses de la STEP de Souk-El-Tenine

Le laboratoire est le lieu le plus indispensable dans la station d'épuration. Son rôle consiste à contrôler et à 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.8.1. Les analyses effectuées au laboratoire de la STEP de Souk-El-Tenine.

La station de traitement des eaux usées de Souk El Tenine effectue quotidiennement ou chaque semaine des analyses de plusieurs paramètres, qui sont les suivants :

I.8.1.1. Les paramètres physico-chimiques

- **Le débit (Q) :** C'est un volume par unité de temps (m³/j) l'intérêt de mesure est de permettre la quantification de la pollution rejetée par l'intermédiaire de « l'équivalent habitant » qui exprime le volume d'eau usée moyen déversée par habitant et par jour [40].
- **La température T (en °C) :** grandeur physique permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au bon fonctionnement du processus biologique [41].

- **Le potentiel hydrogène (pH)** : est la mesure du caractère acide ($1 < \text{pH} < 7$) ou basique ($7 < \text{pH} < 14$) des eaux usées [41].
- **La conductivité en ($\mu\text{s}/\text{cm}$)** : la conductivité est propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle donne une indication précise sur la concentration totale en sels dissous et d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [34].
- **L'oxygène dissous (mg/l)** : L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau qui permet la vie de la faune et conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu [42].

I.8.1.2. Les paramètres de pollution

- **V30** : Le Volume occupé après 30 minutes de décantation V_{30} (ml/l).
- **La demande biochimique en oxygène DBO₅ (en mg/l)** : par définition, c'est la quantité d'oxygène nécessaire pendant cinq (05) jours aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable. Elle est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation [43].
- **La demande chimique en oxygène DCO (en mg/l)** : est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique [44].
- **Les matières en suspension MES (en mg/l)** : C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau [41].
- **Les matières volatiles en suspension MVS (en g/l)** : c'est la matière organique biodégradable volée lors d'une calcination des boues.
- **La notion de biodégradabilité (K)** : La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent aqueux à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient : $K = \frac{DCO}{DBO_5}$ [45].

- Indice de Mohlman IM (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.9.Conclusion

En conclusion, on peut dire que les deux stations d'épurations des eaux usées de Souk-El-Tenine et de Oued D'Hous dispose et utilise les dernières et nouvelles technologies en matière d'innovation pour le traitement des eaux usées urbaines.

Chapitre II :

Matériel et méthodes

II.1 Introduction

L'instrument de mesure de la pollution est généralement la concentration en contaminants dans les effluents liquide ou solide. Ces concentrations sont mesurées par analyse physico-chimique, à savoir aussi les paramètres de pollution. Différentes manières d'analyses qui donnent des résultats divergents, elles sont toutes valables à la condition qu'elles soient choisies à bon escient et interprétées d'une bonne manière.

Ce chapitre est structuré en deux parties comprenant les modalités analytiques effectuées dans les deux STEP, en précisant le protocole et le mode opératoire pour la détermination des différents paramètres ainsi que les instruments et équipements utilisés.

La deuxième partie est consacrée à la description des méthodes d'identification des paramètres liés aux boues sèches, et la quantification de certains paramètres par la méthode spectrométrique à savoir la SAA.

II.2. Prélèvement des échantillons

Des échantillons de boues déshydratés ont été prélevés, dans des flacons en polyéthylène à l'aide d'une pelle, à un intervalle de trente (30) jours allant du mois de février au mois de Mai de l'année en cours dont leur nombre est de cinq (5) prélèvements pour la STEP de Souk El Tenine. Pour la STEP de Bouira, les trois prélèvements réalisés à partir des boues du lit de séchage de la période allant de Novembre, Décembre 2016 jusqu'à Janvier 2017.

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. Prétraitement des échantillons

II.4.1 Préparation des échantillons

La préparation des échantillons est l'étape la plus longue. Son but est d'obtenir un échantillon de boue représentatif dont laquelle la concentration en polluant est aussi proche que possible de celle présente dans la boue d'origine.

Les différentes tâches précédentes l'analyse proprement dite sont :

- Prétraitement des échantillons ;
- Extraction des polluants des échantillons ;
- Purification des extraits avant analyse.

Les démarches expérimentales pour la dissolution de notre échantillon sont :

- Séchage de la boue déshydratée dans une étuve à 105 C° pendant quatre (04) heures à Huit (08) heures.
- Calcination de la boue séchée dans le four à moufle à 525°c pendant un temps allant deux (02) heures. Les cendres obtenues en général sont facilement solubilisées en milieu acide.
- Broyage de la boue calcinée dans un mortier en Agate, puis le tamisage de la poudre en vue d'éliminer les grosses particules.

Les échantillons préparés calcinés, sont mis en solution pour le dosage de différents polluants par une attaque acide. Nous avons préparé 1g de boue et une solution d'eau régale préparé antérieurement (mélange de 30 ml d'acide chlorhydrique de 38% plus 10 ml d'acide nitrique d'une concentration de 52%), mélangé 1g de chaque échantillon de boue avec 10 ml d'eau régale le tout porté à le tout a été porté à l'ébullition sur une plaque chauffante pendant 03 heures à une température de 150°C. Ce chauffage est associé à un dispositif à reflux pour la récupération de vapeur.

- Après refroidissement, le mélange est filtré dans une fiole de 25ml par le biais d'une pompe à vide ; le filtre est placé dans un entonnoir, puis le mélange est versé puis le perméat est récupéré dans une fiole en complétant avec de l'eau distillé jusqu'au trait de jauge. A la fin de cette étape, les échantillons sont stockés dans des conditions favorables pour subir différentes analyses.

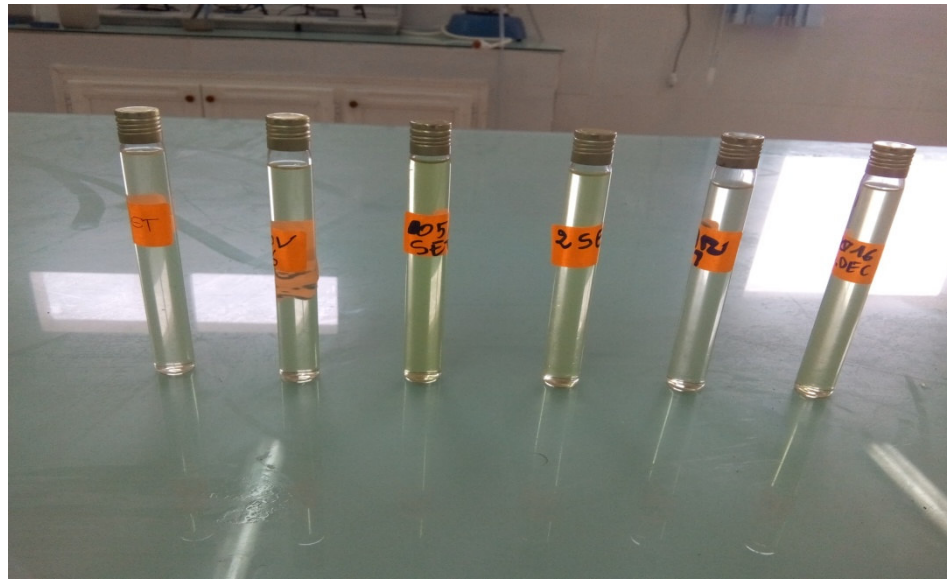


Figure 11 : boues minéralisées

II.4.2. Protocoles de caractérisation des paramètres chimique et biologiques

- L'échantillon de boue se caractérise par une forte acidité, de ce fait il ya lieu de neutraliser le pH en ajoutant de la soude (NaOH) pour la détermination des paramètres pollution organique qui ne sont pas quantifiable en milieu acide ; pour cela nous avons suivi le protocole ci-après :
- Préparer une solution d'1L d'hydroxyde de sodium (NaOH) à une concentration de 1mole/l.
- Prélever 10 ml de chaque échantillon (08 échantillons).
- Mettre l'échantillon acide dans un bécher,
 - Remplir la burette de 100 ml avec la base jusqu'au trait de jauge, et verser goutte à goutte en agitant lentement,
 - Faire immerger la sonde du pH mètre pour pouvoir suivre l'évolution du pH, et attendre jusqu'à l'affichage du pH neutre et faire la lecture du volume de NaOH utilisé.
- Une fois que tous les échantillons préparés sont prêts, nous avons déterminé les paramètres cités dans les protocoles d'analyses de la première partie, à savoir : DCO, azote total, azote ammoniacal, phosphore total, phosphate, nitrites, nitrates.

II.4.3. Protocole de caractérisation des métaux lourds

Pour la détermination des métaux dans les échantillons calcinés, nous avons opté à la technique utilisée au sein de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia :

- La spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).

II.4.5. Dosage des métaux lourds

II.4.5.1. Principe

La spectrophotométrie par absorption permet de doser une soixantaine d'éléments chimiques à l'état de traces (quelques mg/litre=ppm). L'analyse se base sur l'absorption de photons par des atomes à l'état fondamental, où nous utilisons à cet effet des solutions.

La méthode est :

- Quantitative proportionnelle: il faut donc établir une courbe d'étalonnage.

Les mesures ont été effectuées avec un spectrophotomètre d'absorption atomique de type ICE 3000 SERIES AA Spectromètre, équipé d'un atomiseur piloté au moyen du logiciel. Le principe de l'absorption est que la solution est aspirée en continue dans un nébuliseur qui la transforme en brouillard fin. Ce brouillard est ensuite aspiré vers le brûleur, où la flamme évapore l'eau et casse les molécules en atomes isolés.



Figure 12 : Spectrophotomètre d'absorption atomique ICE 3000 SERIES AA Spectrometer.

II4.5.2. Mode opératoire

Pour la détermination des teneurs en métaux lourds nous avons procédé de la manière suivante : après établissement d'une courbe d'étalonnage qui délimitera la fourchette de mesure d'un métal bien spécifique, on prend une petite quantité de l'échantillon est prise dans un bécher préalablement préparé on plonge dedans un tube qui compose notre équipement, la solution est aspirée et la lecture de l'absorbance correspondante se fait directement sur l'écran de la SAA.

II.5. Conclusion

Ce chapitre nous a permis non seulement de faire un point sur le protocole d'analyses, mais il nous a permis aussi de mettre en évidence la théorie en pratique, et de réaliser un échantillonnage précis minutieux et d'une qualité irréprochable, en vue d'une meilleure quantification des différents micropolluants présents dans les effluents des stations de traitements des eaux usées urbaines.

Chapitre III :

Résultats et discussions

III.1.Introduction

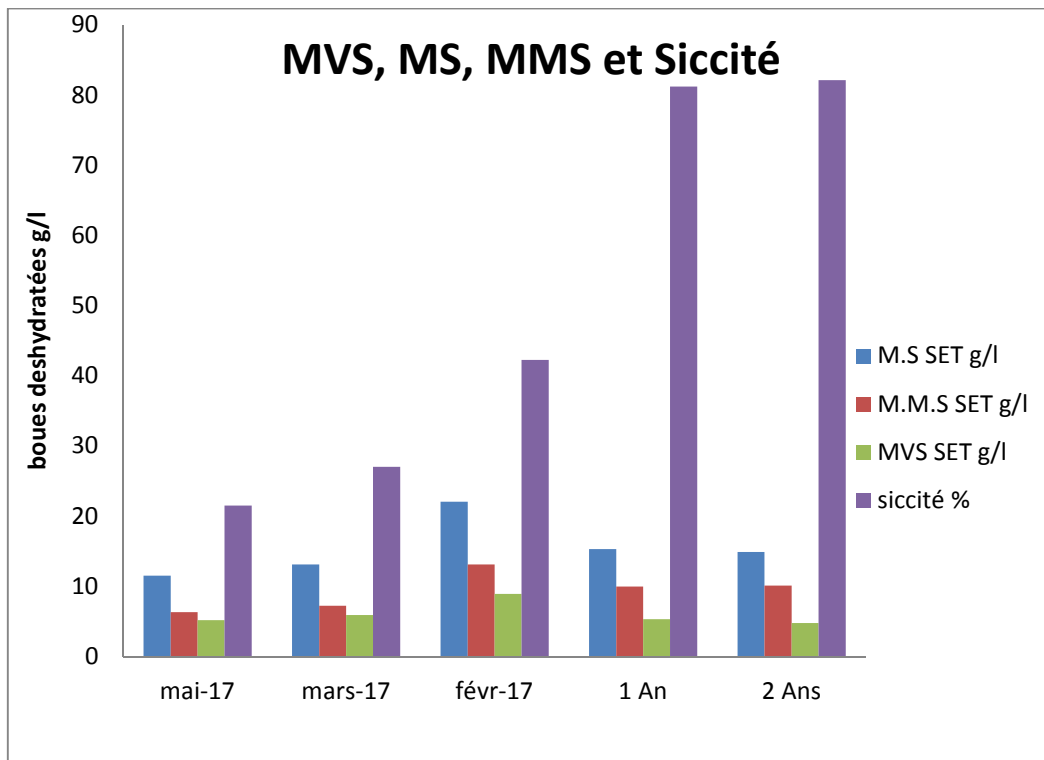
Ce dernier chapitre nous permis de présenter les résultats d'analyses des paramètres de pollution organique et autres liées aux boues produites au cours du traitement des deux STEP de Souk-El-Tenine et de Oued D'Hous. Les résultats obtenus feront l'objet d'une interprétation qui permettra de cibler les éventuelles anomalies qui peuvent être à l'origine de dysfonctionnement des procédés de traitement adoptés.

III.2. Résultats et interprétation des analyses des boues sèches et calcinées

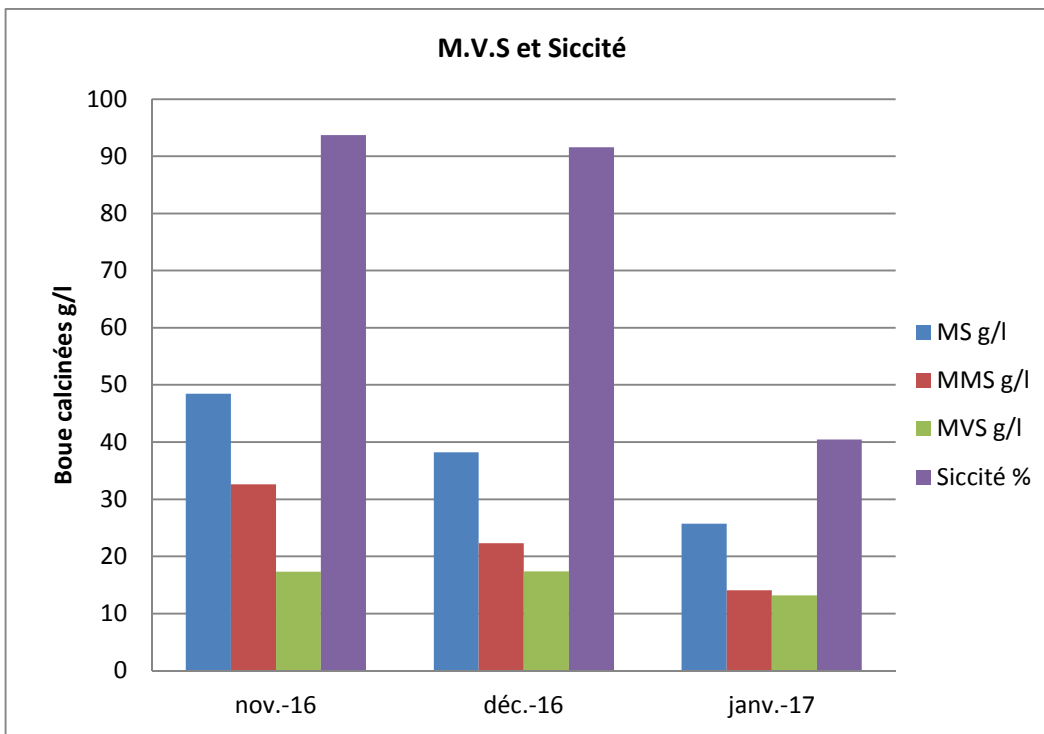
Les analyses effectuées au laboratoire de la STEP de SET et l'université de Béjaia nous ont induit à des résultats cités ci-dessous suivie d'interprétation, les protocoles des analyse et le calcul des donnés sont reportés en annexe.

III.2.1. Variation de M.V.S et Siccité des boues nouvelles et anciennes de deux STEP

D'après le graphe n°1, l'évolution de la matière sèche pendant une longue période nous permet de quantifier l'évolution de sa composition organique et minérale, en outre les résultats obtenus à la STEP de SET varient entre 11,52 à 22,06 g et 4,8 à 8,92 g de MS et MVS successivement, quant à la siccité nous avons enregistré une forte valeur pour la boue ancienne de trois (03) mois, de l'ordre de 42,26 % qui augmente jusqu'à 82,1 % pour la boue de deux ans. Comparativement aux résultats, de la station de O.H, la siccité est semblable à celle de SET, de l'ordre de 40,45% pour une boue de 3 mois et qui augmente jusqu'à 93,74% au bout de 5 mois, ce qui permet de noter une différence remarquable entre la boue déshydratée de la STEP de SET et celle de lit de séchage de Bouira. La boue restante est dite stable car elle est débarrassée de ses matières organiques (MVS),d'où les pourcentages obtenus qui permet de caractériser une boue par sa siccité.



Graphe N° 1 : Variation de MVS et de la siccité des boues nouvellement et anciennement déshydratées de la STEP SET



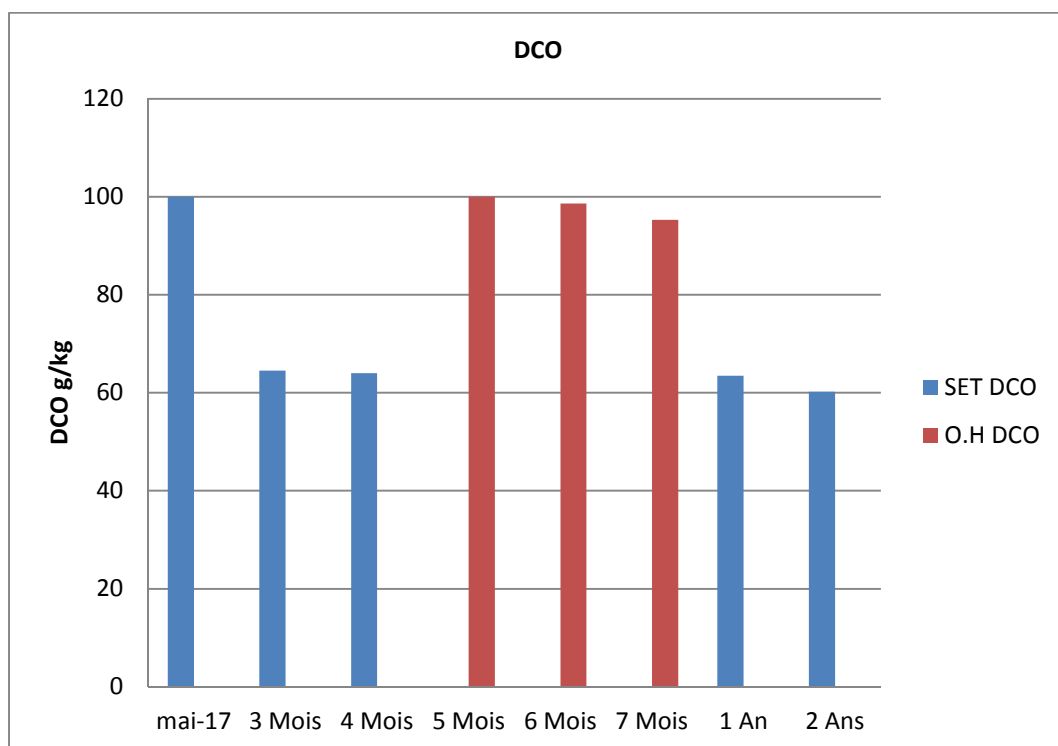
Graphe N°2 : Variation de M.V.S et de la Siccité des boues ancienne de lit de séchage de la STEP de Oued D'Hous (Bouira)

III.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

Les résultats relatifs à la DCO comme illustré dans le graphe N°3 montrent une forte charge organique contenue dans la boue. Elle est mise en évidence par la demande chimique en oxygène DCO, qui est une indication sur les quantités de substances chimiquement oxydables.

La DCO de la boue de la station de SET oscille entre 60,2 g/kg et 100 g/kg. Les résultats montrent également une forte charge organique contenue dans les boues nouvelles comparativement aux anciennes. La valeur moyenne de la DCO des boues récemment déshydratées est de 76,16 kg, alors que celles correspondants aux anciennes ont une moyenne de 61,85 g/kg. Pour les boues de la STEP de Oued D'Hous, ces teneurs en DCO sont variables, élevées de l'ordre de 104,63 g/kg dans les boues de lit de séchage âgées de 5 à 7 Mois.

De ces résultats on peut déduire que la réduction temporelle de la matière organique, suite au stockage des boues, est due au fait que la matière organique a subi un compostage naturelle, c'est-à-dire une oxydation biologique en aérobie de la matière organique fermentescible contenue dans les boues.

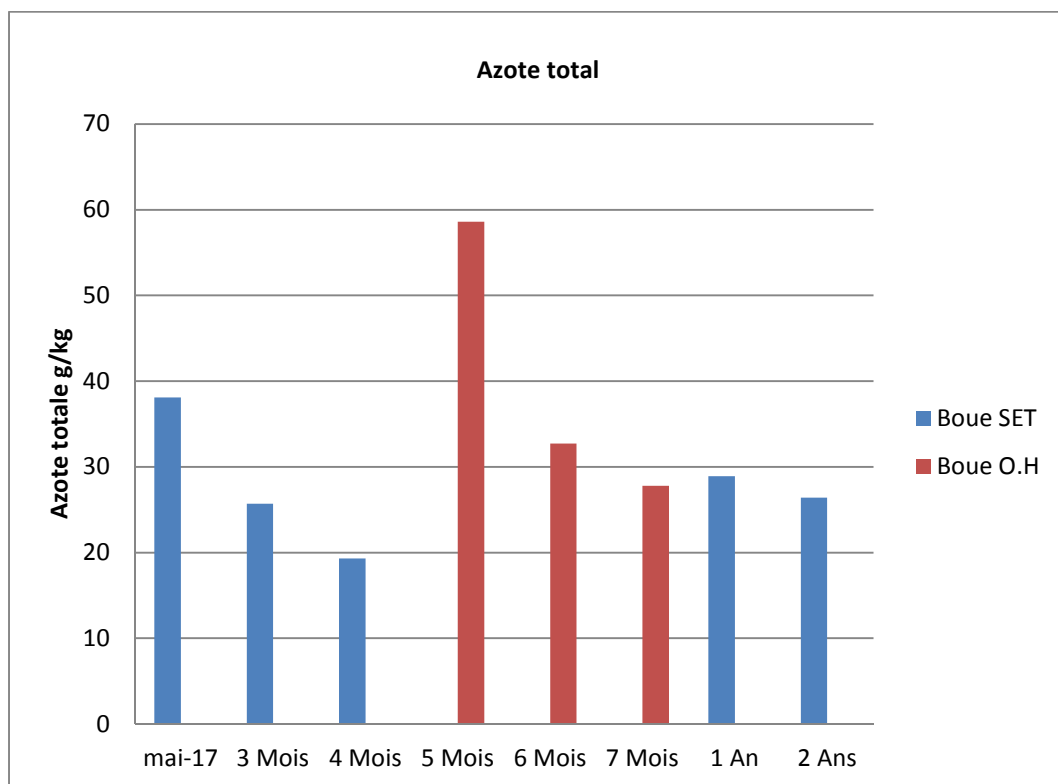


Graphique N°3 :Variation spatio-temporelle de la DCO des boues calcinées des deux STEP.

III.2.3. Azote totale Nt

L'Azote des boues se trouve sous formes organique et inorganique. La forme de l'azote ciblée dans notre étude est la forme minérale, ammoniacale (NH_4^+) et nitrique (NO_3^-). Les valeurs des nitrates obtenues dans la STEP de SET se situent entre 19,3 g/kg à 38,1g/kg de boues avec une moyenne de 27,68 g/kg, Celles de O.H présente une moyenne de 39,7g/kg. Ces résultats indiquent un gradient légèrement décroissant des teneurs en azote à mesure de la longévité des boues.

En effet cette dégradation de l'azote minérale est due à la prédominance de la forme organique ce qui n'est pas surprenant, puisque les boues sont le produit d'une dégradation biologique d'une matière organique une fois l'absorption des formes minérales terminées, il faut que la forme organique soit minéralisée pour que l'absorption se poursuive par les micro-organismes présents dans les boues.



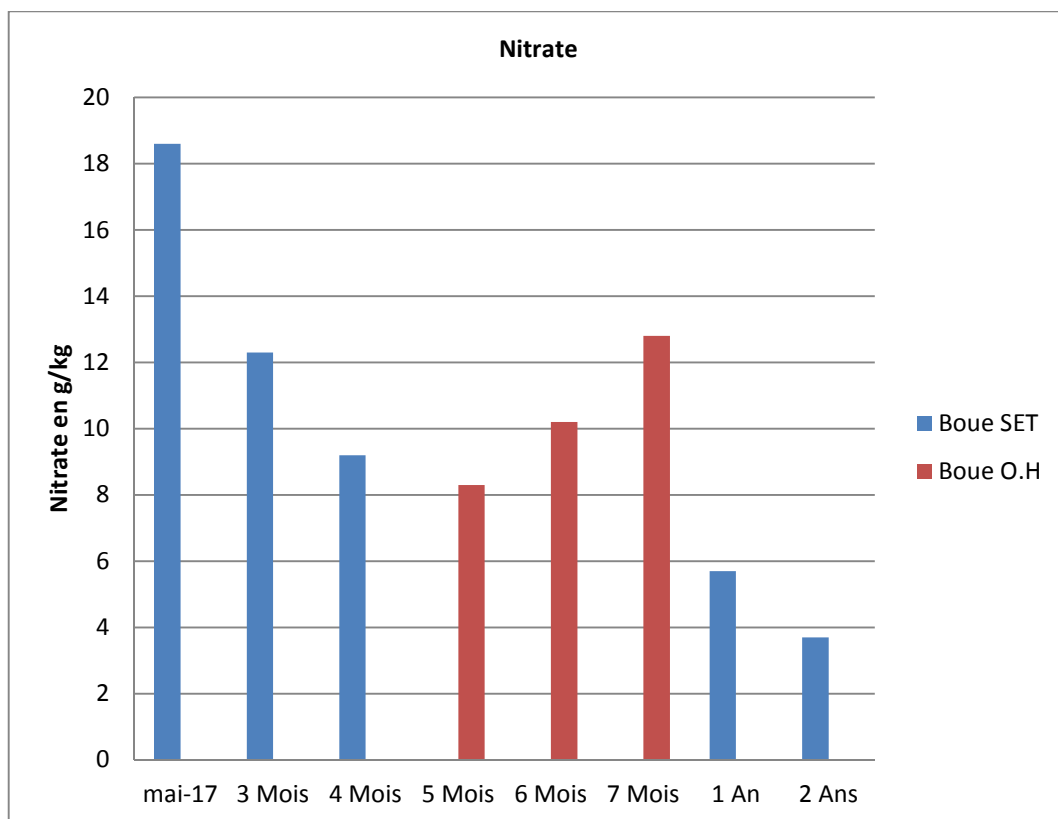
Graphes N°4 : Variation spatio-temporelle de l'Azote total des boues calcinées des deux STEP.

III.2.4. Nitrates NO₃

D'après le graphe ci dessous, on remarque une diminution considérable des nitrates pour la STEP de SET dont les valeurs obtenus varient de 9,2 g/kg à 18,6 g/kg pour les nouvelles boues, et de 3,7 à 5,7 g/kg pour les boues âgées.

Contrairement aux valeurs enregistrées à la STEP de O.H on remarque l'inverse, avec une augmentation de la teneur des nitrates de l'ordre de 8,3 g/kg à 12,8g/kg.

La décroissance, des teneurs en nitrates peut être expliquée par le processus de dénitrification, celle-ci est accompagnée d'une augmentation de la teneur en ammonium, sous l'action de bactéries dénitrifiantes. A la fin de la métabolisation, on aura de l'azote gazeux, que lors du lessivage présente des problèmes de pollution pour les nappes phréatiques et ne pas servir à la fertilisation des sols.



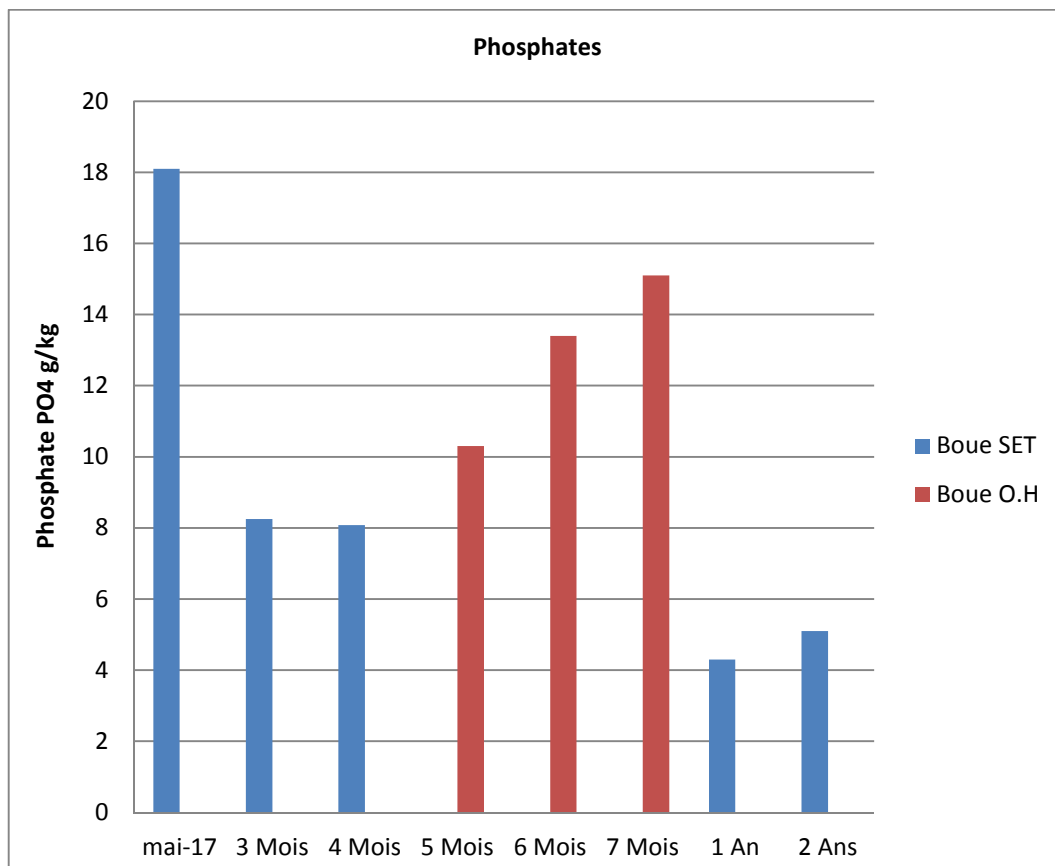
Graphe N° 5 : Variation spatio-temporelle des Nitrates des boues calcinées des deux STEP.

III.2.5. Phosphates PO₄

D'après les résultats montrés sur le graphe N°06 nous remarquons un abaissement remarquable des teneurs en phosphates au fil du temps. En outre nous avons enregistré des

concentrations respectivement dans les deux stations SET et O.H de 4,3 à 18,1 g/kg et de 10,3 à 15,1 g/kg.

Quant au phénomène qui est à l'origine de cet abattement, on peut l'associer aux micro-organismes qui assurent la dégradation du carbone et de l'azote et intègrent du phosphore à leur matériel cellulaire (structure membranaire, ATP et ARN).



Graphique N°6 : Variation spatio-temporelle des phosphates des boues calcinées des deux STEP.

III.2.6. Dosage des métaux lourds

Les métaux lourds sont d'une toxicité importante pour l'environnement ce qui a conduit les pouvoirs publics à réglementer les émissions en fixant des teneurs limites. Elle détermine sans ambiguïté une liste de métaux à surveiller, car la liste varie selon les milieux considérés : émissions atmosphériques, rejets dans l'eau, règles sur l'épandage des boues ou la mise en décharge. La contamination par ces métaux lourds représente 25 % de ces émissions dans la nature.

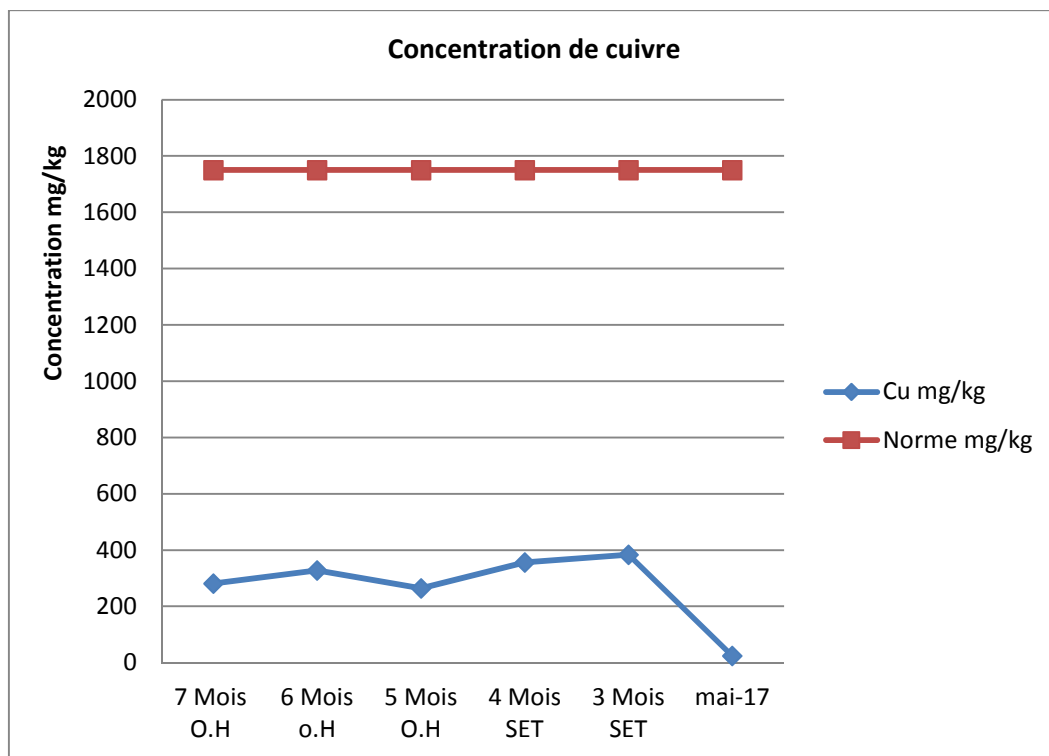
Ces éléments sont toxiques quand ils sont absorbés en excès par rapport aux capacités d'assimilation de l'organisme. Cela on s'est référé à la norme française en Teneurs-limites en micropolluants métalliques dans les boues destinées en Agriculture. Pour les cinq 5

échantillons de boues calcinées étudiés , nous avons recherché six (06) métaux lourds ; le cuivre (Cu), le plomb (Pb), le Zinc (Zn) ,le Cadmium (Cd) et le Nickel (Ni) et le cobalt.

a) Le Cuivre:

Les sels de cuivre sont utilisés comme fongicides ou algicides en agriculture. En dehors de pollutions industrielles ou de traitements agricoles, ce métal provient habituellement de la corrosion des tuyauteries de distribution.

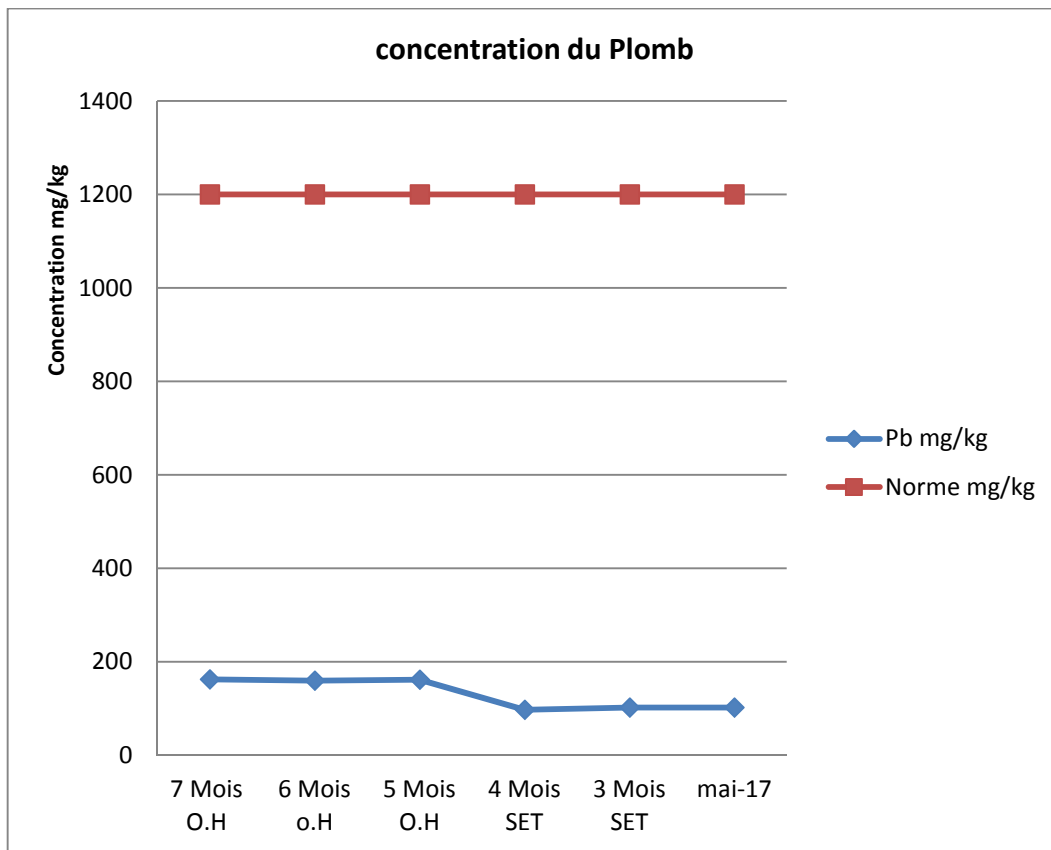
Les résultats de dosage du cuivre portés sur le graphe ci-dessous montrent que les concentrations en Cuivre enregistrées dans les boues calcinées ainsi que les boues brutes pour les deux stations, sont comprises entre 24 et 383,1 mg/kg. Ce qui représente un avantage du point de vue norme, ou on trouve toutes les valeurs inférieure à la limite requise (1750 mg/kg).



Graphe N°7 : concentration du Cuivre dans les boues calcinées des deux STEP.

b) Plomb

D'après le graphe ci-dessous, on remarque que la teneur en Plomb dans les boues calcinées des deux STEP varie entre 97,2 et 161,2 mg/kg, cependant elles ne renferment qu'une faible teneur en Plomb et largement inférieure à la norme requise pour leur utilisation l'agriculture qui est de 1200mg /kg.



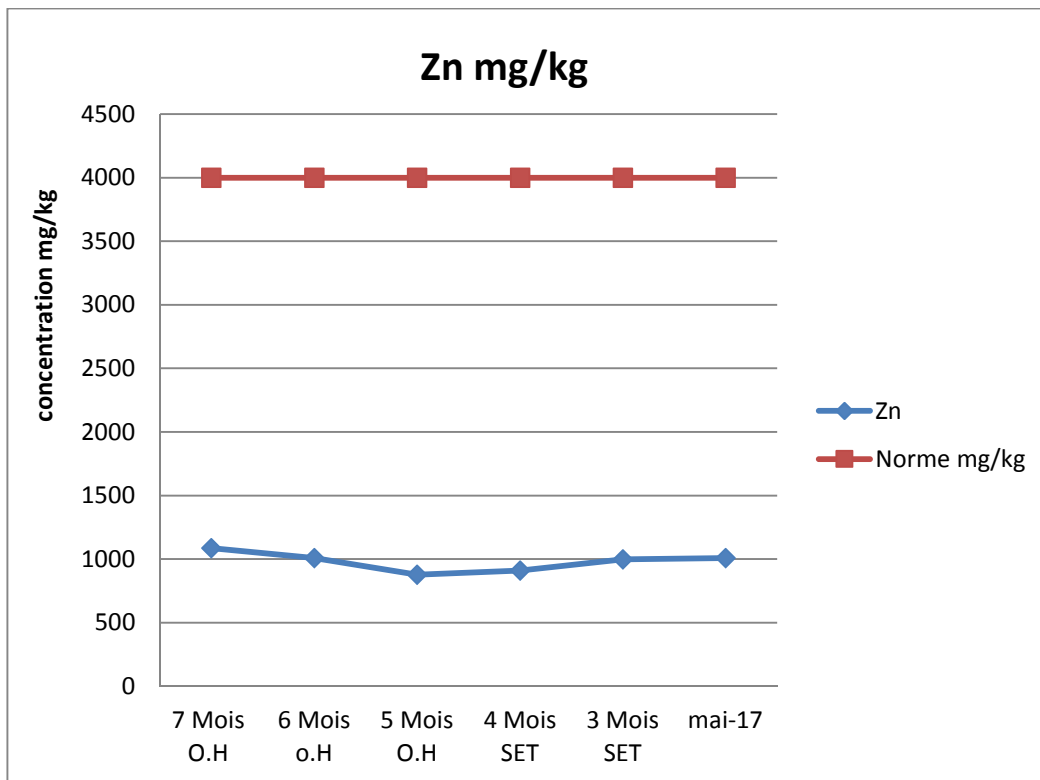
Graph N°8 : Concentration du Plomb dans les boues calcinées des deux STEP

c) Le Zinc

Les concentrations en zinc déterminées dans les boues des deux stations sont représentées sur le graphique ci-dessous ; dont, les teneurs de Zinc sont comprises entre 876 et 1087 mg/kg.

Et pour l'usage agricole, les boues destinées pour l'épandage ne doivent pas dépasser la norme de 4000 mg/kg de teneurs en Zinc et c'est le cas de nos données après une calcination de ces dernières.

Et mise à part sa, Le zinc est considéré comme un élément essentiel dans la nutrition humaine et animale et a une action de protection vis-à-vis du cadmium et du plomb et jouerait le rôle d'antioxydant vis-à-vis des radicaux libres. D'un point de vue physiologique, et sans que la toxicité puisse entrer en jeu.

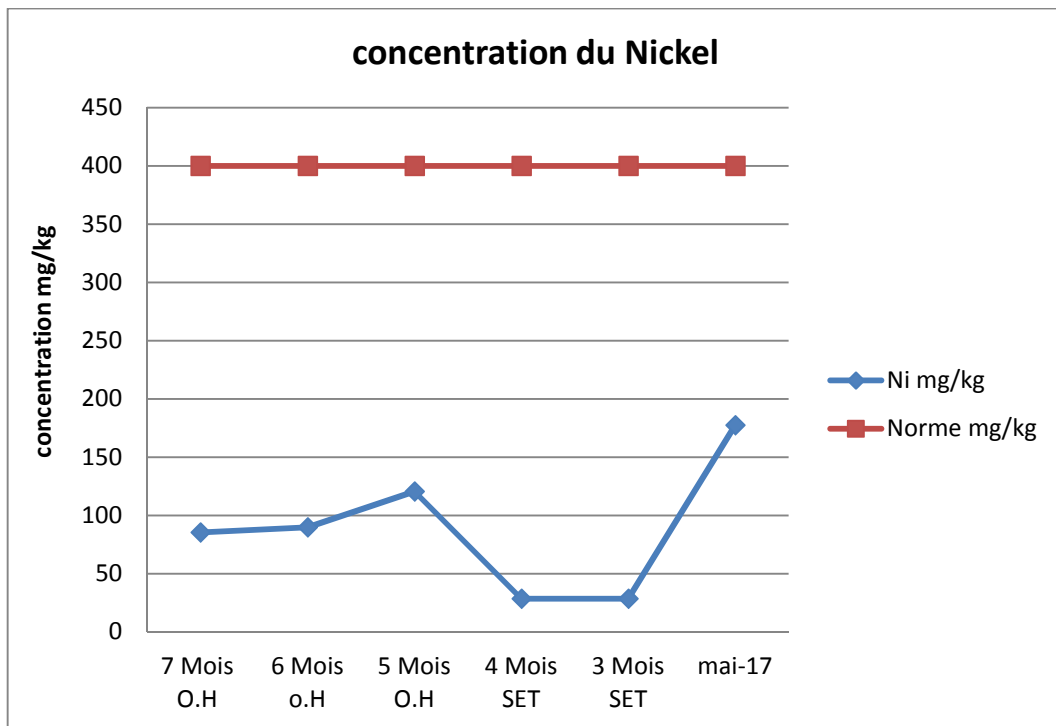


Graphe N°9 :Concentration du Zinc dans les boues calcinées des deux STEP

d) Le Nickel

Les résultats des analyses des boues étudiées sont donnés sur graphe ci-dessous. Nous remarquons que les concentrations de Nickel des boues calcinées des deux Boues répondent au normes conçu à leurs utilisation dans l'agriculture à savoir 400mg/kg et cela malgré que la boue calcinée, la chaleur imposée pour faire volatilisé la matière organique permet aussi de faire des ruptures des liaisons monovalente et bivalentes y compris les liaisons fortes, qui conduira à la libération des métaux initialement emprisonnés, et par conséquent leurs augmentations dans la boue calcinée.

Toutefois, on peut prévoir que les concentrations de Nickel des boues brutes répondent à la norme exigée du moment que les métaux dans leurs états naturel formant des complexes organiques et minérales avec une ou plusieurs autres molécules.

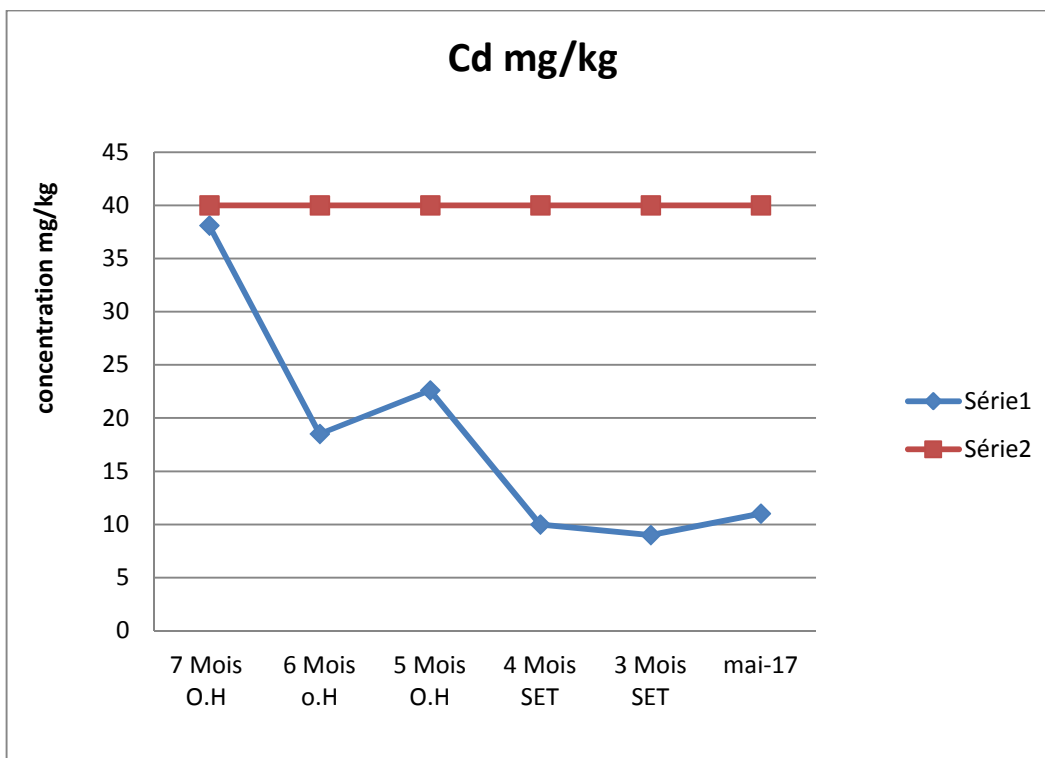


Graphique N°10 : Concentration du Nickel dans les boues calcinées des deux STEP

e) Cadmium

La présence accidentelle du cadmium dans l'environnement sous forme d'articles galvanisés, de boues d'épuration et d'engrais ne peut qu'accroître la charge polluante du milieu qui nous entoure. On le qualifie d'élément à utilisation dispersive, en raison de son introduction sans retenue dans l'environnement.

D'après le graphique ci-dessous, les résultats d'analyses du cadmium, effectués sur les boues calcinées, sont au maximum de 38,1 mg/kg, inférieures à la norme requise (40 mg/kg) pour leur utilisation en agriculture.

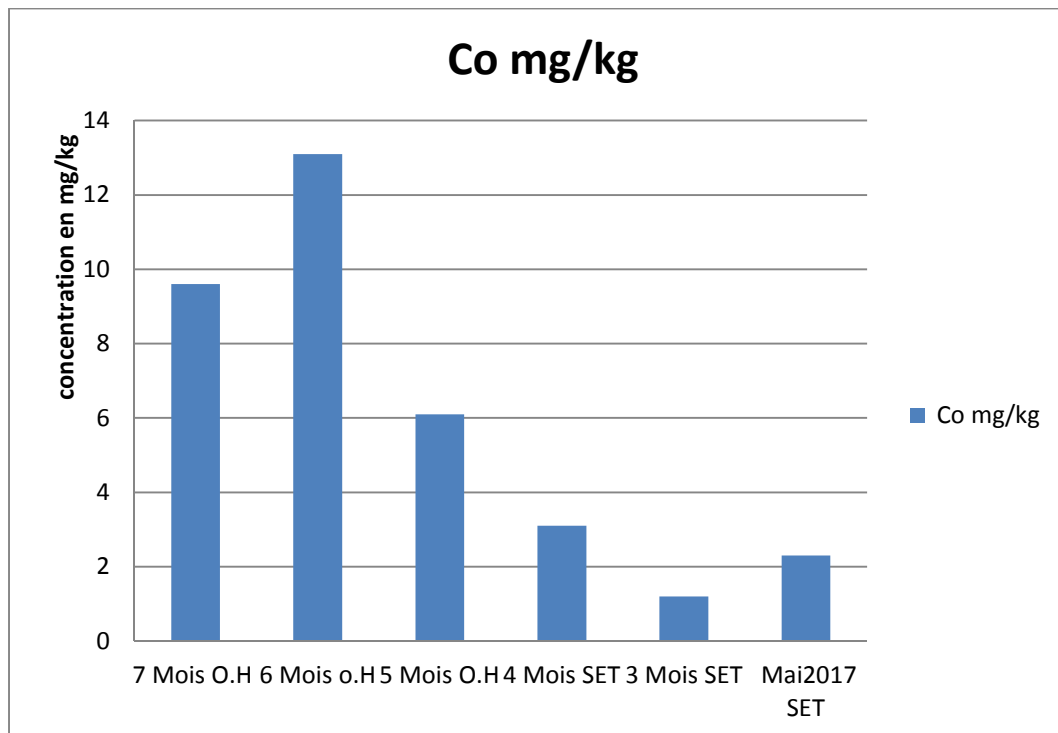


Graphe N°11 : Concentration du Cadmium dans les boues calcinées des deux STEP

f) Cobalt

Le cobalt est très utilisé dans la métallurgie des aciers spéciaux très résistants ; les sels de cobalt sont également employés comme pigments colorés (peintures, céramiques) et comme catalyseurs et intervient en tant qu'oligo-élément pour les plantes.

D'après les résultats d'analyses obtenus dans le graphe ci-dessous pour les échantillons mis en évidence, on remarque une présence de 1,2 à 13,1 mg/kg pour les bous calcinées et de, ces traces de cobalt sont probablement dues à une industrie de fabrication artisanale des citernes en acier, limitrophe de la zone d'étude. Les directives du Conseil des communautés européennes, L'OMS et la réglementation européenne ne donnent pas de normes pour le cobalt pour les boues destinées à l'agriculture.



Graphe N°12 : Concentration du cobalt dans les boues calcinées des deux STEP

III.3. Application en agriculture des données de la STEP de SET et Bouira

La valorisation agricole des boues résiduares requiert des dispositions particulières, à savoir l'étude de leurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques, ainsi que celles des sols récepteurs, des mesures particulières prises au sujet des concentrations en métaux lourds qui limitent sévèrement leurs épandage agricole à cause des temps de demie vie de ces éléments dans l'eau et dans le sol sont de l'ordre séculaire et même millénaires.

Toutes les recommandations portant sur l'étude préalable à l'épandage ont été élaborées et analysées, caractérisées, précédemment. Et par conséquent, les analyses des paramètres de classification des ions métalliques dans les boues résiduares calcinées des deux stations de dépurations à savoir la STEP de SET et la STEP de O.H ont été effectuées et consignées, et résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° VIII : Résultats des concentrations des métaux lourds.

métaux	Unité	moyenne	pourcentage
Cuivre	mg/kg	272,766	0,0272766
Plomb	mg/kg	130,65	0,013065
Zinc	mg/kg	981,333	0,0981333
Nickel	mg/kg	83,54	0,008354
Cadmium	mg/kg	18,2	0,00182
Cobalt	mg/kg	5,9	0,00059

Il apparait que les valeurs des concentrations en métaux lourds déterminées dans les boues résiduaires calcinées des deux STEP étudiées sont inférieures aux valeurs guide des tableaux annexés.

Leur épandage comme amendement organique ne présente donc aucune restriction, quant à leur utilisation agricole ; de même les eaux dont elles sont issues peuvent être réutilisées dans l'irrigation, étant donné que les boues résiduaires des stations d'épuration contiennent naturellement des concentrations plus élevées en métaux lourds et en micropolluants que les eaux usées dont elles sont issues.

Par ailleurs la valorisation agricole peut être considérée comme le mode de valorisation le plus adopté pour rééquilibrer les cycles biogéochimiques (C, N, P), pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Plus loin que ça, elle vise à ménager également les ressources naturelles et à éviter toute pollution et gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges qui nécessitent des espaces de plus en plus importants.

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, et phosphore ou peuvent aussi corriger des carences. Les éléments 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

III-5. Conclusion

D'après les analyses réalisées des boues des deux stations d'épuration des eaux usées à savoir l'Unité de Bejaia et celle de Bouira : les résultats obtenus pour les Nitrates, Phosphates et l'Azote nous permettent de donner un avantage pour utiliser ces boues des deux stations en agriculture , sans avoir recours au concentrations des métaux lourds , dont ces concentrations sont minimales par rapport aux normes édictées par l'Organisation Mondiale de la Sante, qui ne sont pas nuisantes pour l'agriculture .Cette procédure analytique est une conduite à notre sujet de caractérisation et de quantification de l'intégralité des paramètres de pollutions recherchées dans les effluents liquides et solides.

Conclusion générale

Les quantités de boues des deux stations d'épuration sont en croissance, dues au rejet journalier, comptant annuellement. Ceci est le résultat de la croissance démographique de la ville de Bejaia et de la ville de Bouira. La destination actuelle des boues des deux STEP est la décharge, le stockage ou le transport vers un centre d'enfouissement technique qui se trouve pour la wilaya de Bouira au niveau de Ras Bouira à quelque mètre de la STEP. Le comblement de cette dernière pose de gros soucis à l'état notamment pour trouver un dépôt où évacuer les boues. A côté de cela s'ajoute l'impact sur l'environnement en raison de la production de gaz à effet de serre et les risques certains de pollution de la nappe phréatique.

Les analyses effectuées montrent que les concentrations des substances chimiques et organiques que détiennent les boues déshydratées et calcinées, des deux stations d'épuration pour la détermination des paramètres de pollution ; DCO, Nitrate (NO_3), l'Azote total (N_t) et le phosphate (PO_3), des valeurs sont de concentrations importantes pour une revalorisation des boues, et leur intérêt comme engrais naturels pour la fertilisation des cultures marichaires produit remplaçant les engrais chimiques qu'on utilise pour nos terres qui polluent encore l'environnement.

Les analyses des éléments métalliques des boues des deux stations d'épuration sont minimales ou négligeables par rapport aux normes édictées par législation algérienne et européenne. La valorisation agricole des boues sera la meilleure voie sur le plan économique grâce à la répartition des terrains agricoles dans la région de Bouira. Les boues seront valorisées par compostage et produits utilisables comme fertilisants pour la production agricole.

Le domaine agricole reste la meilleure solution pour se débarrasser des boues mais à conditions qu'elles répondent aux normes internationales et en contiennent pas de polluants qui peut contraindre la vie de la population.

En Algérie actuellement, les rejets des stations d'épuration des eaux usées ne sont pas valorisés, les eaux épurées sont déversées dans le milieu naturel à défaut de les exploiter dans l'irrigation, et les boues entassées dans les stations d'épuration au lieu de les utiliser comme amendements pour les terres agricoles ainsi que d'autres secteurs. Cette situation alarmante ne peut durer, car nous ne pourrions plus stocker éternellement. Pour y remédier, il suffit d'attirer l'attention des acteurs concernés à savoir les responsables du secteur en ressources en eaux, pouvoirs publics ainsi que les agriculteurs.

La revalorisation, doit commencer par l'élaboration d'une étude s'étalant sur une longue période afin d'avoir des résultats et de prendre des décisions qui permettent de tirer profit de ces sous produits, aussi bien dans les domaines de l'agriculture, de l'énergie qu'environnemental et économique.

- [1] Silman,S. Papa,S.(2003).Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Salyportugal, Sénégal, Université de Dakar, p 01.
- [2] Bechac ,J . Boutin.B, Mercier-P, (1984).Traitement des eaux usées, BD St Germain-7500, Paris, , p 161.
- [3] Guirkinge.B.(2006). Président du SPDE, La gestion intégrée des boues urbaines des délégataires de services d'eau et d'assainissement, P 20, 30,1.
- [4] Amir,S. (2005) .Contribution à la valorisation de boues de stations D'épuration par compostage : devenir des micropolluants Métalliques et organiques et bilan humique du compost, P06.
- [5] Bournigal,J-M. (2012). Disciplines environnement « gestion de l'eau ». Institut de recherche en science et technologie pour l'environnement et l'agriculture.
- [6] Ait ayane, K. Soufiya, D.(2009).Assainissement liquide de Marrakech Valorisation agricole et énergétique des boues issues de l'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech, ,6,3p.
- [7] Azouzzi, M , Ait youns,O(2012). Valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech, 27, 28,14p.
- [8] Donnier, B. La pollution chimique en méditerrané, Laboratoire. C. E. R. B. O. M., Nice, France, 9,2 p.
- [9] Ladjel, F, Bouchefer, S, A. Exploitation d'une station d'épuration à boues activées et d'une lagune, niveau II.
- [10] Emilian, K. (2009). Traitement des pollutions industrielles, 2^e édition DUNOD Paris, 4,9, 23, 2p.
- [11] Marc, H, Dominiclemyre,C et al. (2011). Revue scientifique en sciences de l'environnement volume épandage agricoles du bio solide Marc.
- [12] Anonyme (2012). Boues de Station d'Epuration : Techniques de traitement, Valorisation et Elimination, Série Technique DT 51.
- [13] Werther et Ogada. (2004). Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost.

- [14] Kakii et al. (2003). Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost.
- [15] Zebarth et al.(2000). Soil Physical Properties and Organic Matter Fractions Under Forages Receiving Composts, Manure or Fertilizer.
- [16] Asmahane,B. (2011). Valorisation des poussières de four à ciment dans le procédé de solidification/stabilisation des déchets.
- [17] Emmanuel, A. (2005). Eléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement, Centre d'Affaires des Monts d'or, 2 , 7p.
- [18] Canler, J. et al (1999). Aide au diagnostic des stations d'épurations par observation microscopique des boues activées, édition Camagref, Paris.
- [19] Document, technique.(2013) ONA Office National d'assainissement pour la récupération et l'élimination des déchets. La valorisation agricole des boues de stations d'épurations urbaines, Laboratoire ONA –STEP -Tlemcen jour d'exploitation,.
- [20] Gean,M, (2016). Gestion des déchets, Technique et Ingénierie, Dunod.
- [21] Abdelkader .G. (2002) Traitement des boues.
- [22] Anonyme. Mrc D'argenteuil. Plan De Gestion Des Matières Résiduelles.
- [23] Cerra, Iris, D. ESAGNAT, Mathieu, DUBART, Romain, JUVEN, Lucas, ZHOU Ning, ZIANI, Hamza .(2014). Traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités.
- [24] Karine, M., Béatrice, P. (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.
- [25] Revue (2012).Boues de station d'épuration, Techniques de traitement, Valorisation et élimination, Amorce technique DT51.
- [26] Emmanuelle, UGHETTO. INERIS (2012).Panorama des projets de recherche et perspectives sur la problématique des micropolluants dans les boues de stations de traitement des eaux usées urbaines.
- [27] Revue (2017) Technologique Le traitement durable des boues résiduaires Quand un déchet devient une source d'énergie alternative) Wabag . 3, 5p.

- [28] S. Igoud.Rev, Energ, Ren.(2001). Production et Valorisation – Biomasse, Valorisation des Boues Résiduairees Issues des Stations d’EpuratiOn Urbaines par leur Epanage dans les Plantations Forestières.
- [29] Alexandre, Dudkowski. L’épandage agricole des boues de stations d’épuration d’eaux usées urbaines
- [30] Couillard, D, Chouinard, P. Cormier, E. et al(1995). Valorisation des boues d’épuration des eaux usées urbaines (liquides ou séchées) et étude de la productivité des érablières et des plantations d’arbres de Noël et évaluation des risques de contamination du sol et des ressources hydriques.
- [31] Froal, J.,Advisor, P. et al (1995) D. Composting of sewage ludge 03p.
- [32] Vicky, L, KINLEY ,M. et al . Physical and Chemical Correlates of Microbial Activity and Biomass in Composting Municipal SewageSludge, Department of Biological Sciences, University of Cincinnati.
- [33] Yahiaoui, F. Attachée de Recherche, Valorisation énergétique des boues des stations d’épuration dans les zones arides et semi-arides.
- [35] INRA, (2000). Courrier de l’environnement, 134, 135p.
- [36] Barnat, S. (2001). Les boues d’épuration document de synthèse, 9,10p.
- [37] Les cahiers G de la mise , (2001): Epanage agricole des boues issues du traitement des eaux usées domestiques., 3p.
- [38] Jean François, Blais et Jean, Louis Sasseville. Etat de l’air du traitement et de la disposition ou valorisation des boues d’usines d’épuration municipales.
- [39] VATEC, WABAG et BOUNA, TUNISIE. Réalisation et équipement de la Station d’épuration des eaux usées de STEP, 2001, Tome II.
- [40] Blaszkow, F. FILALI, R, et al. Evalorisation énergétique des boues de station d’épuration.
- [41] Dagot , C et Laurent, J.(2014). Module d’enseignement ASTEP,UVED, 46p.
- [42] Rodier, J. (2005).L’analyse de l’eau : eaux naturelles, eaux résiduairees, eaux de mer , huitième édition, édition Dunod, Paris.

[43] Gomella et Guerré .(1978). Le traitement des eaux publiques industrielle et privée. Edition Eyrolles, Paris.

[44] Rejsek, F. (2002).Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP), Bordeaux, 358p.

[45] Eckenfelder, W.(1978). Gestion des eaux usées urbaine et industriels traduit de l'américain Par L, Vandevenne, technique et documentation, Lavoisier, Paris.

Annexes

Annexe 1**Tableau 04** : exploitation des stations d'épurations des eaux usées en Algérie

Zone	Wilaya	Station d'épuration	EPURATION					
			Capacité		Volume moyen journalier des eaux brutes (m ³ /j)	Qualité des eaux épurées (Sortie)		
			(Eq/H)	(m ³ /j)		MES (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)
Alger	Médéa	Station d'épuration à boues activées Médéa	162 500	26 000	6 604	15	7	38
		01 STEP	162 500	26 000	6 604	15	7	38
	Boumerdès	Station d'épuration à boues activées Boumerdès	75 000	15 000	3 160	10	7	21
		Station d'épuration à boues activées Thenia	30 000	6 000	1 880	35	11	57
		Station d'épuration à boues activées Zemmouri	25 000	5 000	3 436	10	6	17
		03 STEP	130 000	26 000	8 476	18	8	32
	Blida	Station d'épuration monobloc de Megtaâ Lazreg	2 500	500	360	Analyses Non Effectuées		
01 STEP		2 500	500	360				
Tamanrasset	Tamanrasset	Station de lagunage aéré Tamanrasset	126 000	15 500	11 699	105	38	152
		Station de lagunage naturel In Ghar	15 000	2 700	659	Données Non Transmises		
		02 STEP	141 000	18 200	12 358	105	38	152
	Illizi	Station de lagunage naturel de Djanet	16 500	2 500	4 700	77	32	Données Non Transmises
01 STEP		16 500	2 500	4 700	77	32		
Laghouat	Laghouat	Station à boues activées Laghouat	167 000	26 700	Station à l'arrêt			
		Station de lagunage aéré de Tadjmout	18 086	5 092	1 000	32	38	101
		Station de lagunage naturel Sebgaq	3 444	1 547	484	31	32	98
		03 STEP	188 530	33 339	1 484	32	35	100
	Ghardaïa	Station de lagunage naturel Kaf Edoukhan	331 700	46 400	11 300	57	56	65
		01 STEP	331 700	46 400	11 300	57	56	65
	Djelfa	Station d'épuration à boues activées de Djelfa	270 000	36 300	11 722	17	19	71
01 STEP		270 000	36 300	11 722	17	19	71	
Bechar	Adrar	Station à filtres plantés de Ksar Meraguen	850	200	47	Analyses non effectuées		
		01 STEP	850	200	47			
	Tindouf	Station de lagunage naturel Tindouf	94 000	12 000	4 983	210	65	Analyses Non Effectuées
01 STEP		94 000	12 000	4 983	210	65		
D-A Touggourt	Touggourt	Station d'épuration à boues activées Touggourt	62 500	9 360	8 223	21	15	24
		Station à filtres plantés Témacine	100	15	15	46	20	40
		02 STEP	62 600	9 375	8 237	34	18	32
D-A Ouargla	Ouargla	Station de lagunage aéré Ouargla	260 102	56 997	29 146	58	10	80
		Station de lagunage aéré de Sidi Khouiled	7 165	995	1 138	78	55	154
		Station à filtres plantés de N'Goussa	10 915	1 515	900	31	28	84
		03 STEP	278 182	59 507	31 184	56	31	106
D-A El Oued	El Oued	Station de lagunage aéré Kouinine	239 134	44 335	23 998	65	48	139
		Station de lagunage aéré Hassani Abdelkrim	79 620	14 332	2 981	17	42	150
		Station de lagunage aéré Sidi Aoun	72 286	13 011	2 407	26	35	97
		Station de lagunage aéré Reguiba	28 451	5 121	870	35	40	123
		04 STEP	419 491	76 799	30 257	36	41	127
Total du mois de Janvier 2017		137 STEP	9 187 862	1 409 992	520 188	47	40	88

Annexe 2

Mesure de Siccité des boues

➤ **Mode opératoire:**

- On rince d'abord un creusé vide avec de l'eau distillée ;
- On sèche le creusé, puis on le pèse ;
- On prend une quantité de boue, puis on la met dans le creusé vide séché;
- On pèse le creusé et la boue ;
- On met le creusé à l'étuve à 105°C pendant 4 à 8 heures.
- Une fois refroidit dans le dessiccateur on pèse notre boue séché.

➤ Le calcul de la siccité se fait par la formule suivante :

$$\text{Siccité} = \frac{P_2 P_0}{P_1 P_0} \times 100 (\%)$$

P₀ = le creusé vide (en g)

P₁ = le poids de la boue + le creusé (en g)

P₂ = le poids de la boue après le séchage(en g)

Annexe 3**M.V.S de Boue déshydratée**

- On calcine le reste de boue déjà séché dans le four à moufle 551C° pendant 2 Heures
- Après calcination on le met dans le dessiccateur pour refroidir
- On pèse le creusé calcinée
- **Calcul de M.V.S de boue**
 $M.V.S = P_2 - P_3$

P₂= le poids de la boue après le séchage en gramme (g) (M.S)

P₃= le poids de la boue après calcination (M.M.S)

Mode opératoire de D.C.O

- On ouvre une cuve ronde contient de jeu de réactif, on l'a tien inclinée.
- On ajoute lentement, sans mélanger 2 ml de notre échantillon à analyser (boue minéralisée antérieurement) prélevé préalablement avec une micropipette à pipette.
- On ferme la cuve à fond, on l'insert dans le récipient de sécurité et on secoue.
- On la place ensuite dans le bloc chauffant (réacteur DCO), et on enclenche le
- chauffage à 148C° pendant 2h.
- On fait sortir la cuve du bloc chauffant, on la secoue et on laisse refroidir à température ambiante. Puis on nettoie la cuve à l'extérieur.
-
- On mesure l'absorbance avec un photomètre de type NANOCOLOR® et PF-10.

Tableau N° IX : Valeurs limites de concentration en métaux lourds dans les boues destinées à l'utilisation en agriculture

Valeurs limites de concentration en métaux lourds dans les boues destinées à l'utilisation en agriculture (mg/kg de matière sèche)	
paramètres	Valeurs limites
Cadmium	20 à 40
Cuivre	100à 1750
Nickel	300 à 400
Plomb	750 à 1200
Zink	2500 à 400
Mercure	16 à 25
Chrome	--

Annexe 4

Tableaux N° XX : Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur
(Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
Turbidité	UTN	50
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercuré total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluor et composés	mg/l	15
Étain total	mg/l	02
Composés organiques chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0,5
(*) Chrome III +	mg/l	03
(*) Chrome VI +	mg/l	0,1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1,0
(*) PCB	mg/l	0,001
(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

Annexe 5



Figure 13 : Grille automatique **Figure 14:** Grille manuelle. **Figure 15 :** Benne



Figure N° 16: Pont déshuilage-dessablage.



Figure N°17 : Classificateur



Figure 18 : Bassin d'aération.



Figure 19: Décanteur secondaire.

Annexe 6

**Figures 20:** Bassin de recirculation des boues**Figure 21:** Epaississeur**Figure 22:** Bloc de déshydratation des boues**Figure 23 :** Boues déshydratées

Résumé

Notre travail, consiste à contribuer à l'évaluation des boues résiduaires des deux stations d'épurations des eaux usées de Souk El Tenine/Béjaia et Oued D'Hous/Bouira en vue de leurs revalorisation et leurs évolution dans le temps, nous sommes plus précisément intéressés à la composition organique et minérale de la boue, afin, de déterminer les concentrations des métaux lourds. Les résultats obtenus des substances fertilisantes telles que le Nitrate, l'Azote et le Phosphate nous rendaient optimiste pour l'utilisation des boues des deux STEP en agriculture. Par conséquent la teneur des boues en métaux lourds présente des concentrations conformes aux normes édictées c'est pourquoi aucune nuisance à l'environnement ou bien les différents écosystèmes de ces boues et des eaux usées.

Mots clés : les eaux usées, les boues, les stations d'épuration, les métaux lourds, valorisation.

Abstract

Our work consists to contribute in the evaluation of the recovered sludge from the two sewage treatment plants of Souk El Tenine / Béjaia and Oued D'Hous / Bouira in order their revalorization and their evolution over time. Precisely interested in the organic and mineral composition of this sludge, in order to determine the concentrations of heavy metals. The results obtained from fertilizing substances such as Nitrate, Nitrogen and Phosphate made us optimistic to use this sludge in agriculture. Consequently, the sludge content of heavy metals shows concentrations in accordance with the standards laid down in ' Is why no environmental nuisance or the various ecosystems of these sludge and wastewater.

Keywords: wastewater, sludge, sewage treatment plant, heavy metals, recovery.

ملخص

عملنا يكمن في المساهمة في تقييم حمأة محطة تصفية المياه المستعملة لسوق الاثنين /بجاية وحمأة محطة تصفية المياه المستعملة لواد دهوس/ البويرة لتقديرهما في الوقت، مهمتنا نحن تكمن بشكل خاص بالتركيبية العضوية والغير عضوية للحمأة، لكي تتمكن تحديد تركيزات المعادن الثقيلة. النتائج المتحصل عليها للمواد المخصبة مثل النترات، الازوت و الفوسفات تجعلنا متفائلين لاستعمال هذه الحمأة في الزراعة. وبمأن الاحتواء على المعادن الثقيلة بتركيزات تتوافق مع المعايير المنصوص عليها، لذلك لا ضرر على البيئة او على الانظمة الأيكولوجية المختلفة من الحمأة والمياه المستعملة. كلمات البحث: مياه الصرف الصحي والحمأة ومحطات الصرف الصحي. والمعادن الثقيلة، و التقييم