



VALORISATION DES BOUES DE LA STATION D'ÉPURATION DES EAUX USEES DE LA VILLE DE FES

| Rachida Afgane ^{*1} | Mohammed Jmili ² | Faiza Benjelloun ¹ | Farah El Hassani ³ | et | Abderrahim Lahrach ¹ |

¹ Laboratoire Géoresources et Environnement | Université Sidi Mohamed Ben Abdellah | Fès | Maroc |

² Régie Autonome Intercommunale De Distribution D'eau Et D'électricité De Fès | Maroc |

³ Inspection Régionale de l'Urbanisme | de l'Architecture et de l'Aménagement du Territoire | Fès-Meknès | Maroc |

| Received | 20 February 2019 |

| Accepted 23 March 2019 |

| Published 03 April 2019 |

| ID Article | Rachida-ManuscriptRef.1-ajira300219 |

RESUME

Introduction: La station d'épuration des eaux usées de la ville de Fès, est la plus grande station au Maroc, et traite tout type d'eau usée. A la sortie de STEP-Fès l'eau épurée, est accompagnée par une production de quantités non négligeables de boues dont il faut s'en débarrasser, ainsi STEP-Fès a choisie de les éliminer en les mettant en décharge, s'avère une technique peu valorisante et est légalement interdite dans de nombreux pays. La valorisation des boues de STEP-Fès est devenue une priorité régionale, vue les quantités énormes produites, et les dangers qu'elles peuvent générer vue leur composition complexe et hétérogène. **Objectif:** C'est dans cette optique que vient ce présent travail qui vise à suivre le devenir des boues de STEP-Fès avant et après leur mise en décharge ainsi que les caractériser par l'analyse de leurs paramètres physico-chimiques et bactériologiques, afin de prendre une décision sur la possibilité de les valoriser avec l'une des filières répondant à la protection de l'environnement et la minimisation de la pollution. **Résultats:** L'analyse de quelques paramètres physico-chimiques des boues en fonction du temps a montré que les boues stockées une durée de temps sont les plus favorables pour la valorisation énergétiques et agricoles par rapport à celles obtenues directement après le traitement les eaux usées et celles envoyées à la décharge qui ont un contact direct avec d'autres déchets, malgré cela nécessitent des améliorations au niveau de la siccité des boues, et leur structure. La composition de la boue de stockage en éléments traces métalliques est conforme aux normes et ne reflète aucun danger dans leur utilisation pour l'épandage ou le compostage, ainsi l'analyse des caractéristiques bactériologiques ont souligné la présence des œufs d'helminthes qui par leur présence peuvent contaminer les sols agricoles. **Conclusion:** La valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Fès est encouragée, mais il faut trouver des solutions en ce qui concerne les contraintes réglementaires et juridiques fixant les modalités de leur utilisation, ainsi que des contraintes techniques et économiques.

Mots clés: STEP-Fès, boues activées, valorisation, épandage, compostage, siccité, mise en décharge.

ABSTRACT

Background: The sewage treatment plant of the city of Fez, is the largest station in Morocco, and treats all types of waste water. At the end of STEP-Fez the purified water, is accompanied by a production of significant amounts of sludges which must be discarded, technical little value and is legally prohibited in many countries. The valorization of sludge from STEP-Fès is considered as a regional priority, a vision of the resources produced, and the dangers that they can generate their complex and heterogeneous composition. **Objective:** It is in this perspective that this present work aims to follow the fate of STEP-Fès sludge before and after their landfill as well as to characterize them by the analysis of their physico-chemical and bacteriological parameters, in order to make a decision on the possibility of valuing them with one of the sectors responding to the protection of the environment and the minimization of pollution. **Results:** The analysis of some physicochemical parameters of sludge as a function of time showed that the sludge stored for a period of time is the most favorable for energy and agricultural recovery compared to those obtained directly after wastewater treatment. Those sent to the landfill that have direct contact with other wastes, in spite of this, require improvements in the dryness of the sludge, and their structure. The composition of the metal trace element storage sludge is in accordance with the standards and does not reflect any danger in their use for spreading or composting, so the analysis of the bacteriological characteristics has highlighted the presence of helminthes eggs which by their presence can contaminate agricultural soils. **Conclusion:** Sludge recycling at the wastewater treatment plant in the city of Fez is encouraged, but solutions must be found for the regulatory and legal constraints on how to use them, as well as technical constraints and economic. Key words: STEP-Fes, activated sludge, recovery, spreading, composting, dryness, landfilling.

1. INTRODUCTION

Les eaux usées contiennent divers polluants organiques et inorganiques. Leur rejet direct dans la nature sans traitement s'avère très néfaste sur l'environnement et l'Homme d'où l'importance de ce traitement.

Au Maroc, et pendant les dernières années plusieurs stations d'épurations des eaux usées (STEP) ont été mises en place vue la croissance démographiques, la consommation humaine, industrielle, agricole et les sécheresses répétées.

La station d'épuration des eaux usées de la ville de Fès, est la plus grande station au Maroc, d'une capacité de 1,2 million Équivalent Habitant, et traite tout type d'eau usée (domestique, agricole, industrielle). A la sortie de STEP-Fès l'eau épurée, jetée dans le milieu naturel, est accompagnée par une production de quantités non négligeables de boues dont il faut s'en débarrasser, ainsi STEP-Fès a choisie de les éliminer en les mettant en décharge.

La mise en décharge s'avère une technique peu valorisante et est légalement interdite dans de nombreux pays (directive 1999/31/CE). L'incinération de boues a un coût prohibitif et présente un risque lié à l'impact de gaz toxiques sur l'environnement tel que celui de la dioxine (ADEME, 1999). La valorisation énergétique et agricole des boues sont des techniques vertes permettant de transformer les boues considérées des déchets industriels à un produit de valeur minimisant la pollution.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Collecte des échantillons: L'échantillonnage des boues a été reposé sur trois types de boues : une boue "fraîche" qui a été récupérée juste après le traitement des eaux, une deuxième qui est stockée pendant trois mois dans le Hall de stockage à la STEP, et une troisième prélevée à la décharge contrôlée reçue là-bas depuis plus qu'un an. Ces trois types de boues ont été prélevés afin de pouvoir suivre l'évolution de leurs caractéristiques physico-chimiques en fonction du temps et pouvoir ainsi noter les changements dans leur état et prendre une décision sur la possibilité de leur valorisation et choisir la filière délicate pour cet égard.

2.2 Traitement des boues avant l'analyse: Avant l'analyse de la boue, on procède à un prétraitement pour sa préparation pour l'analyse suivant un protocole de prétraitement : NF ISO 11464 : 2006 - Qualité du sol - Prétraitement des échantillons pour analyses physico-chimiques.

- **Préparation de la poudre de boue pour les différentes analyses**

2.2.1 Séchage: Étaler toute la matière sur un plateau ne pouvant provoquer aucune contamination, en une couche dont l'épaisseur ne doit pas être supérieure à 5 cm, et la sécher dans une étuve à 105°C pendant 24 heures.

2.2.2 Broyage et tamisage: On prépare la poudre de boue en broyant l'échantillon dans un mortier, pour le tamiser ensuite afin d'éliminer les éléments grossiers.

Cette poudre sera utilisée pour les différentes analyses chimiques : Détermination du pH et la CE, détermination le taux d'humidité et celui de la matière organique, détermination des métaux lourds.

2.2.3 L'échantillonnage: Pour faire une analyse, cela demande de savoir prélever un échantillon fiable de ce qui est analysé. L'échantillonnage ne se fait pas arbitrairement mais suit une méthode afin de prélever un échantillon représentatif de l'ensemble des boues. Il s'agit du quartage qui s'appuie sur le mélange des prises élémentaires d'un tas de boues, les diviser en quartiers. Deux quarts sont éliminés, les 2 quarts restant sont mélangés de nouveau. Ce processus est répété jusqu'à obtenir la quantité de matière appropriée qu'on conserve dans des récipients plastiques.

2.3 L'analyse physico-chimique de la poudre de boue

2.3.1 Détermination du pH (NF EN 12176): Le pH de la boue préparée est déterminé par le pH-mètre en diluant une portion de cette dernière dans l'eau distillée.

2.3.2 Détermination de la conductivité électrique: La CE est déterminé par un conductimètre dans la même solution préparée pour la détermination du pH.

2.3.3 Calcul d'humidité et/ou siccité : (NF ISO 11465): La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10% présente une humidité de 90%.

Elle est déterminée à partir du pourcentage en poids obtenu après séchage à l'étuve à 105°C pendant une nuit, soit environ 15heures. La différence entre le poids avant et après séchage exprime la teneur en eau de l'échantillon initial.

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

2.3.5 Étude granulométrique des boues: La granulométrie des boues a été faite pour l'objectif de diviser ses différentes fractions (sables, limons et argiles), et calculer leur pourcentages.

2.4 Détermination de la composition chimique de la boue: L'analyse de la composition chimique des boues nécessite leur minéralisation pour préparer une solution qui contient les différents éléments chimiques à analyser. La minéralisation qui se fait par différentes méthodes qu'on spécifie selon l'objectif du manipulateur.

L'objectif de notre travail est l'analyse environnementale des boues: On veut déterminer la composition chimique des boues (principalement les métaux lourds), afin d'évaluer leur degré de pollution afin de s'assurer de leur conformité pour une valorisation agricole ou pour la mise en décharge, et delà le choix d'une mise en solution douce avec l'eau régale qui ne libère pas nécessairement tous les éléments (les silicates, certains oxydes, par exemple).

- **Minéralisation des boues par attaque acide (à l'eau régale) (NF-ISO 11466)**

On mélange 1g de la poudre de boue préparée avec 0,5 ml d'eau, 7 ml d'acide chlorhydrique (HCl), et 2.5 ml d'acide nitrique (HNO₃) goutte à goutte. On chauffe le mélange à température ambiante qu'on augmente peu à peu jusqu'au reflux (environ 2 heures).

On filtre le tout et on récupère la solution dans un récipient de 50ml, et on complète avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

La solution est analysée dans le spectromètre à absorption atomique (ICP-AES).

2.5 Analyse bactériologique des boues (NF EN ISO 7899-2, NF EN ISO 9308-1)

L'analyse de la charge bactérienne que portent les boues reste aussi l'un des paramètres de leur caractérisation vue l'influence de cette charge sur leur qualité et conditionne leur devenir quand il s'agit de microorganismes pathogènes qui risquent de nuire aux cultures. Notre analyse s'est basée sur les microorganismes aérobies, les entérocoques, les oeufs d'helminthes, et l'Escherichia Coli.

- Identifier les dilutions sur les fioles (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}) et les plats de Pétri (10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}).
- Ajouter le 0,5 g sol à l'Erlenmeyer contenant 50 ml d'agar (Ceci est la dilution).
- Agiter pendant au moins une minute.
- Prélever 0,5 ml à l'aide d'une pipette stérile et déposer dans une fiole contenant 4,5 ml d'agar 0,1%. (Ceci est la dilution 10^{-3}).
- Agiter pendant au moins une minute.
- Répéter les étapes 4 et 5 pour les trois autres dilutions (10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6}).
- En commençant par la dilution la plus faible (10^{-6}), pipeter 1 ml sur chacun des 2 plats de Pétri contenant le milieu PDA. Étendre sur toute la surface avec le bâtonnet (hockey) stérile. (La dilution 10^{-6} en premier.) Effectuer les mêmes étapes pour les dilutions de 10^{-4} , 10^{-5} .
- Sceller les plats de Pétri à l'aide du Ruban Parafilm.
- Incuber les plats de Pétri à la température de la pièce.
- Observer après 24, 48 et 72 heures.
- Noter le nombre de colonies/plat de Pétri/dilution.
- Calculez le nombre de microorganismes par gramme de sol selon la formule (1) suivante :

$$\text{Nombre de colonies /plat} \times \text{le facteur de dilution} = \text{nombre d'organismes} / 1 \text{ gramme de sol} \quad (1)$$

3. RESULTATS

3.1 Paramètres physico-chimiques

Tableau 1: Résultats des analyses physico-chimiques des trois types de boues

	Boue fraîche	Boue de stockage (3mois)	Boue de décharge (1 an)
PH	6.56	7.72	7.09
Calcimétrie (%)	10.86	15.21	20.23
CE ($\mu\text{s/cm}$)	1822	1741	1410
Siccité (%)	20.4	28.74	32.7
MO (%)	40.43	52.21	45.01

Les résultats des analyses des trois types des boues montrent que leurs caractéristiques physiques changent et évoluent durant le temps.

Le pH des boues ne connaît pas de grands changements durant le temps ; les boues fraîches sont caractérisées par un pH acide qui va à la basicité après certains mois de stockage par le biais des précipitations qui augmentent le pH, mais juste après la mise en décharge cette basicité peut diminuer vue le contact avec d'autres déchets et leurs lixiviats acides. Le pourcentage des calcaires dans les boues est aussi un paramètre important pour leur caractérisation, et comme les résultats le montre il ya une évolution croissante dans leur présence.

La conductivité électrique nous renseigne sur la salinité des boues. Sa valeur élevée dans les boues fraîches est due aux additifs chimiques et des sels ajoutés lors du traitement et son évolution décroissante durant le temps paraissent raisonnable par l'intermédiaire des précipitations qui diminuent cette salinité peu à peu.

La siccité des boues est un paramètre qui est considérée le plus important avant et après la mise en décharge parce qu'il conditionne les fermentations des boues, les mauvaises odeurs émises, ainsi le fonctionnement des engins et du matériels techniques au sein de la décharge.

Les valeurs de la siccité sont relatives car dépendent essentiellement des méthodes de séchage et de déshydratation adaptées lors du traitement, du facteur temps et des facteurs climatiques (température, précipitations) qui changent l'état physique de la boue en général (pâteuse, liquide, sèche...). Pour les boues de STEP-Fès leur siccité est

généralement égale ou inférieure à 30% avant d'être transportée à la décharge, où ça devient relatif selon les facteurs dit précédemment.

La matière organique dans les boues est très importante, cela est dû à la composition des eaux usées épurées qui sont riches en éléments organiques. Elle connaît une évolution quand elle est stockée et cela peut être expliqué par sa dégradation et décomposition. Par contre, sa diminution dans les boues de décharge est sûrement due à leur mélange avec quelques déchets inorganiques mais reste malgré cela toujours importante.

D'après les résultats obtenus des analyses physico-chimiques, on peut déjà déduire que les boues fraîches nécessitent un traitement secondaire pour qu'elles puissent s'adapter avec une filière de valorisation précédemment décrite. Dans cet égard, la détermination de la composition chimique des boues et leur charge bactériologique a été envisagée pour les boues de stockage pour pouvoir déterminer si l'on peut les valoriser d'une autre manière au lieu de leur mise en décharge.

3.2 Composition chimique

Tableau 2: Résultats des analyses de la composition chimique des boues de stockage (EL Madani, F.Z, 2014, Valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées Fès (El Madani 2014).

Paramètres [] en mg.kg ⁻¹	Ag	As	Ba	Cd	Co
	< 0,01	< 0,01	0,346	< 0,01	< 0,01
Paramètres [] en mg.kg ⁻¹	Mo	Ni	Pb	Sb	Cr
	< 0,01	0,035	0,034	< 0,01	9,194
Paramètres [] en mg.kg ⁻¹	Cu	Fe	Se	Zn	Mn
	0,148	4,664	< 0,01	0,377	0,072

[] : Concentration.

La composition chimique des boues de stockage a montré que ces dernières portent une charge métallique faible sauf pour le chrome (Cr) et le fer (Fe) qui sont relativement présents avec des quantités remarquables.

3.3 Paramètres bactériologiques

Tableau 3: Résultats des analyses bactériologiques des boues de stockage (EL Madani, F.Z, 2014, Valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées Fès).

Paramètre	Micro-organismes aérobies	Entérocoques	Oeufs d'helminthes	Escherichia-Coli
Valeur	1,1 10 ⁶	7,2 10 ⁴	Présente	Présente

Pour les paramètres bactériologiques, on a choisi les boues de stockage et nous assistons à une charge biologique portée par les bactéries étudiées : Les micro-organismes aérobies, les Entérocoques, sont présents avec des quantités remarquables, l'Escherichia-coli est absente, au contraire des oeufs d'helminthes qui apparaissent dans la boue.

4. DISCUSSION

La combustion des boues est une méthode d'exploitation pour la production énergétique. Son application pour les boues de STEP-Fès, est possible même pour les boues directement en sortie des unités de traitement des eaux mais cela paraît très difficile vu les contraintes techniques essentiellement qui exigent la présence des installations de combustion spécifiques (fours, générateurs...), qui de point de vue économique sont coûteux. En plus des problèmes techniques et économiques, la loi marocaine interdit toute industrie pouvant atteindre à l'environnement et engendrant une pollution de ce dernier mais ne contient toujours pas les détails sur les domaines d'application et les conditions d'incinération, les normes d'émissions, et mesures de sécurité ce qui ne permet pas l'encouragement de cette filière.

L'épandage et le compostage des boues sont conditionnés par leurs caractéristiques physicochimiques, la présence de certains éléments chimiques et bactériologiques avec des teneurs bien précises, répondant aux normes internationales. Il s'agit des valeurs des éléments fertilisants, des ETM, et des germes pathogènes.

L'analyse des particularités physico-chimiques des trois types de boues de STEP-Fès montre que leur acidité est légèrement basique (6 < pH < 7) donc approprié aux normes du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) qui exige un pH supérieur à six (pH > 6) pour utiliser les boues dans le domaine d'agriculture, mais on remarque que les boues fraîches et ceux de la décharge peuvent s'avérer dangereuses dans certains cas, car leur pH peut connaître avec le temps des diminutions importantes à cause des conditions de traitement, de transport et de dépôt à la décharge. Par contre, les boues de stockage avec leur pH basique (7.72) montrent qu'elles sont les plus favorables du point de vue

acidité ainsi que du point de vue salinité exprimée par la conductivité électrique qui est très favorables pour l'utilisation agricole.

La texture des boues de culture est aussi un facteur physique pris en compte, car elle conditionne les retenues du sol en eau qui peuvent causer des risques environnementales comme la pollution des eaux potables par infiltration, ou ruissèlement si le pourcentage des sables est élevé (texture sableuse) ou le risque d'eutrophisation (texture limoneuse). Les boues de culture sont conditionnées par la granulométrie suivante :

Tableau 3: Résultats de l'analyse granulométrique des boues de stockage.

Fraction	Pourcentage
Argiles	15 à 25 %
Limons	15 à 25 %
Sables	40 à 50 %

Les boues analysées ont une texture limono-argileuse avec un pourcentage en limons et argiles de 70% et 30% pour les sables, ce qui rendra leur utilisation en culture difficile et de là l'idée de les mélanger avec des déchets verts pour améliorer leur structure et leur aération.

La teneur en eau ou l'humidité des boues est un autre facteur nécessitant un contrôle pour que ces dernières soient compostées. En effet, une teneur en eau trop faible en eau limite le développement microbien, et dans le cas d'une humidité trop élevée, l'eau sature les espaces lacunaires et étouffe les microorganismes dans le tas du mélange à composter (Kulcu et Yaldiz, 2004). En règle générale, l'humidité des déchets à composter doit être ajustée à une valeur comprise entre 50% et 70% ce qui n'est pas le cas pour nos boues qui ne dépassent pas les 30% et cela après un temps de stockage mais peuvent être séchées si on améliore les conditions de déshydratation et de stockage et en procédant au séchage à l'air libre.

La matière organique joue un rôle primordial dans le fonctionnement du sol, sa structuration, et l'apport en éléments nutritifs. Elle est présente dans les sols avec des teneurs qui varient entre 1% et 5% qui sont faibles pour assurer la fertilisation et le bon rendement du sol de culture et delà la nécessité d'en ajouter sous forme "d'engrais organiques. La boue de STEP-Fès analysée est très riche en matière organique (52.11% qui représente la moitié du poids de la matière sèche) qui reflète la richesse de ces boues de point de vue organique et leur intérêt agronomique.

La matière organique est un réservoir d'éléments nutritifs, et en se basant sur sa quantité on peut dire que ces derniers y sont présents avec des teneurs importantes pour compenser leur faible teneur dans le sol surtout l'azote et le phosphore qui risquent le plus d'être présents en quantité limitée, et surtout qu'ils représentent l'essentiel que les plantes tirent du sol pour leur croissance et développement. Certains parmi eux sont nécessaires en quantité relativement importante, d'autres sont essentiels en très petites quantités donc il faut en ajouter périodiquement avec des doses bien calculées et précises.

Les éléments nutritifs n'ont pas pu être analysés, mais généralement pour les stations d'épuration des eaux usées qui se basent sur le traitement à "boues activées", les éléments nutritifs ont les valeurs suivantes :

Tableau 4: Pourcentages des éléments nutritifs dans la boue.

Azote	3 à 9 % de la MS
Phosphore	4 à 6 % de la MS
Potasse	< à 1 % de la MS

Ces pourcentages ont un intérêt pour l'agriculture et surtout qu'ils sont présents dans les sols avec des quantités très faibles nécessitant une compensation.

Le rapport C/N est toujours demandé quand il s'agit d'agriculture car il reflète la minéralisation de la matière organique ou sa dégradation. Ainsi pour que le compostage se fasse dans des conditions optimales, le rapport Carbone/Azote doit être situé entre 15 et 30 car si le mélange à composter est trop faible en azote, il n'aura pas de dégradation de matière organique par contre s'il est élevé on aura un sur échauffement et les microorganismes seront tués. Les boues de STEP ont un rapport de 3 à 12, il peut être amélioré par l'ajout d'autres déchets.

Les microorganismes aérobies se développent en présence d'oxygène, ce sont principalement des bactéries, des moisissures, et des levures. Ils jouent un rôle fondamental dans la fertilité du sol par la production des minéraux nécessaires à la plante (N, P, K, etc.), ainsi certaines bactéries participent à la libération et la transformation des métaux dans le sol et contribuent ainsi à augmenter ou réduire la toxicité des métaux lourds. Notre boue contient une quantité importante en microorganismes aérobies importante et cela est positive vue leurs rôles indispensables, en plus de ça on a

souligné l'absence d'Escherichia-coli qui est un microorganisme pathogène, au contraire des œufs d'helminthe qui reflète une contamination.

Les ETM dans tout type de sol risquent de s'avérer très néfastes pour ce dernier s'ils sont présents avec des teneurs élevées, car risquent à être bioaccumulés dans la végétation et donc doivent être contrôlés et suivre les normes pour éviter leur danger. Les résultats des analyses montrent que les quantités des ETM présentes dans les boues sont conformes et très inférieures aux normes internationales, mais cela ne permet pas de négliger la teneur obtenue en chrome (9.19 mg/kg) qui attire l'attention par rapport aux autres valeurs.

Tableau 5: Valeurs limites des ETM de la norme AFNOR U 44-041.

Elément chimique	Valeurs seuils en mg/kg MS
Cd	2
Cr	150
Cu	100
Ni	50
Pb	100
Zn	300

L'épandage/compostage nécessite une étude détaillée des sols agricoles, leurs caractéristiques et leur aptitude à recevoir une boue brute ou compostée. Ainsi fixer toutes les modalités techniques, matériels, quantité...etc. Cela doit être mentionné dans une loi qui est ajustée aux boues des stations d'épuration car le côté réglementaire reste la première contrainte pour la gestion de ces boues.

En comparant l'épandage et le compostage, le deuxième reste la meilleure méthode pour la valorisation des boues de STEP-Fès car ces dernières compostées présentent un intérêt plus important, leur structure sera plus favorable pour les sols, stables et leur commercialisation est possible.

5. CONCLUSION

Les boues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Fès issues du traitement des eaux domestiques et industrielles sont caractérisées par une composition complexe, qui englobe des éléments organiques et inorganiques. La STEP-Fès envoie ses boues à la décharge contrôlée de la ville de Fès. Cette dernière les reçoit sous la condition qu'elles soient d'une siccité qui dépasse 30% pour qu'elle puisse les mélanger avec les déchets domestiques, tasser et enfouir par la suite.

L'analyse de quelques paramètres physico-chimiques des boues en fonction du temps ont montré que les boues stockées une durée de temps sont les plus favorables pour la valorisation énergétiques et agricoles par rapport à celles obtenues directement après le traitement des eaux usées et celles envoyées à la décharge qui ont un contact direct avec d'autres déchets, malgré cela nécessitent des améliorations au niveau de la siccité des boues, et leur structure.

La composition de la boue de stockage en ETM est conforme aux normes et ne reflète aucun danger dans leur utilisation pour l'épandage ou le compostage, ainsi l'analyse des caractéristiques bactériologiques ont souligné la présence des œufs d'helminthes qui par leur présence peuvent contaminer les sols agricoles.

La valorisation énergétique des boues n'est encouragée pour les boues de STEP, est possible pour tout type de boues mais son application est difficile car il ya l'absence de modalités réglementaires, économiques et techniques.

La valorisation des boues de STEP-Fès par compostage est encouragée d'après ces premières analyses, mais nécessite d'autres analyses plus détaillées pour les boues ainsi que pour les sols de culture. Ainsi il faut trouver des solutions en ce qui concerne les contraintes réglementaires et juridiques qui par la quasi-absence d'une loi encadrant la gestion des boues de STEP en général et des textes fixant les modalités de leur utilisation dans tout domaine risque d'être la plus grande contrainte devant cette valorisation. En plus de ces contraintes, il ya les contraintes techniques et économiques qui exigent un matériel et des techniques spécifiques pour pouvoir suivre les changements des caractéristiques de ces boues durant le temps et en fonction de plusieurs facteurs.

6. REFERENCES

- [1]- Amir, S, (2005). Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost, Thèse de Doctorat p.341
- [2]- AMORCE, (2012). Boues de Station d'Épuration : Techniques de traitement, valorisation et élimination, Association au carrefour des collectivités territoriales et des professionnels p. 36
- [3]- AMORCE, (2012). Gestion des boues de stations d'épuration Co-traitement avec les déchets ménagers, Association au carrefour des collectivités territoriales et des professionnels p. 41
- [4]- Cahier des charges d'assainissement liquide, 1996, RADEEF

- [5]- EL Madani, F.Z, (2014). Valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées Fès. Mémoire de fin d'étude Master
- [6]- Loi 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement, Dahir n° 1 -03 - 59 du 10 rebi I 1424 (12 mai 2003), B.O du 10 Rebi I 1424 (12/5/2003) ; page500
- [7]- Loi 12-03 relative à la gestion des déchets solides, Dahir n° 1.03.60 du 10 Rabii I 1424 (12 mai 2003), BO N° 5118 du 19 Juin 2003
- [8]- RECORD, Ch. BAZIN, J. MÉHU Décembre 2004, Meilleures pratiques d'analyse de polluants ciblés dans des matrices solides complexes (déchets, sols et matériaux pollués), Étude n°03-0130/1A p.221
- [9]- REMALD, (2005). « La revue Marocaine d'Administration Locale et de Développement », la loi 10-95 sur l'eau, page 47



Cite this article: **Rachida Afgane, Mohammed Jmili, Faiza Benjelloun, Farah El Hassani, et Abderrahim Lahrach.** VALORISATION DES BOUES DELA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES DE LA VILLE DE FES. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2019; 8(4): 113-119.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>