الشعبية الديموقراطية الجزائرية الجمهورية
والبحث العالي التعليم وزارة
العلمي
1 سطيف عباس فرحات جامعة
Université Ferhat Abbas -Sétif 01-
كلية العلوم
Faculté des sciences
قسم الكيمياء

DÉPARTEMENT DE CHIMIE

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE: Sciences de la Matières

FILIERE : Chimie

SPECIALITE : Chimie de l'environnement

Thème

Caractérisation et valorisation des boues issues du traitement des eaux usées domestiques : Cas de la STEP d'Ain Oulmaine

Présenté Par :

ADOUANE Houssem Eddine

BOUOUDEN Yousra

Date de soutenance : 24/06/2026

Jury de Soutenance

Présidente : Dr. DEHIMI Leila	**MCA**	**UNFAS1**
Examinateur : Dr. FODIL Mohamed	**MCB**	**UNFAS1**
Encadrante : Dr. AKKARI Imane	**MCB**	**UNFAS1**
Co-encadrante : Dr. MAANE Samira	**MCA**	**UNFAS1**
Invité : HAOUCHET Adlane	**STEP**	**ONA Ain Oulmaine**

Promotion : 2025/2026

SOMMAIRE

Introduction générale .....**Error! Bookmark not defined.**

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

I.1. Origine des eaux usées .....**Error! Bookmark not defined.**

a. Eaux usées domestiques .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Eaux usées industrielles.....**Error! Bookmark not defined.**

c. Eaux usées agricoles.....**Error! Bookmark not defined.**

I.2. Pollution des eaux.....**Error! Bookmark not defined.**

I.2.1. Définition de la pollution.....**Error! Bookmark not defined.**

I.2.2. Principaux types de pollutions.....**Error! Bookmark not defined.**

a. Pollution microbiologique .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Pollution chimique.....**Error! Bookmark not defined.**

c. Pollution physique .....**Error! Bookmark not defined.**

I.3. Principaux paramètres d'évaluation de la pollution des eaux**Error! Bookmark not defined.**

I.3.1. Paramètres organoleptiques.....**Error! Bookmark not defined.**

a. Odeur .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Couleur .....**Error! Bookmark not defined.**

I.3.2. Paramètres physico-chimiques .....**Error! Bookmark not defined.**

a. Température .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Turbidité .....**Error! Bookmark not defined.**

c. Potentiel hydrique .....**Error! Bookmark not defined.**

d. Conductivité :.....**Error! Bookmark not defined.**

e. Matière en suspension (MES) .....**Error! Bookmark not defined.**

f. Demande Chimique en Oxygène (DCO) .....**Error! Bookmark not defined.**

g. Demande Biochimique en Oxygène (DBO) .....**Error! Bookmark not defined.**

h. Oxygène dissous .....**Error! Bookmark not defined.**

i. Phosphore .....**Error! Bookmark not defined.**

j. Azote .....**Error! Bookmark not defined.**

k. Métaux lourds .....**Error! Bookmark not defined.**

l. Nutriments .....**Error! Bookmark not defined.**

I.3.3. Paramètres microbiologiques .....**Error! Bookmark not defined.**

a. Virus .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Bactéries .....**Error! Bookmark not defined.**

c. Champignons .....**Error! Bookmark not defined.**

d. Protozoaires .....**Error! Bookmark not defined.**

I.4. Traitement des eaux usées .....**Error! Bookmark not defined.**

I.4.1. Définition.....**Error! Bookmark not defined.**

I.4.2. Étapes d'épuration des eaux usées.....**Error! Bookmark not defined.**

b. Traitement primaire .....**Error! Bookmark not defined.**

a. Traitement secondaire (biologique) .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Traitements tertiaires .....**Error! Bookmark not defined.**

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur les boues

II.1. Définition d'une boue.....**Error! Bookmark not defined.**

II.2. Types des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

II.2.1. Boue de traitement primaire.....**Error! Bookmark not defined.**

II.2.2. Boues secondaires (biologiques).....**Error! Bookmark not defined.**

II.2.3. Boues mixtes .....**Error! Bookmark not defined.**

II.2.4. Boues obtenues par traitement physico-chimique**Error! Bookmark not defined.**

II.3. Caractéristiques des boues d'épuration .....**Error! Bookmark not defined.**

II.3.1. Paramètres physiques .....**Error! Bookmark not defined.**

a. Taux de matière sèche (siccité) .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Taux de matières volatiles sèches (MVS) .....**Error! Bookmark not defined.**

c. Résistance spécifique à la filtration .....**Error! Bookmark not defined.**

d. Pouvoir calorifique .....**Error! Bookmark not defined.**

e. Consistance de la boue .....**Error! Bookmark not defined.**

f. Viscosité apparente (comportement rhéologique)**Error! Bookmark not defined.**

g. Test de pénétromètre .....**Error! Bookmark not defined.**

h. Tenue en tas .....**Error! Bookmark not defined.**

i. Granulométrie .....**Error! Bookmark not defined.**

II.3.2. Paramètres chimiques.....**Error! Bookmark not defined.**

a. Acidité des boues (pH) .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Azote total (NT) : .....**Error! Bookmark not defined.**

c. Phosphore total (PT) :.....**Error! Bookmark not defined.**

II.4. Filières de traitement des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

II.4.1. Stabilisation des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

II.4.2. Réduction de la teneur en eau des boues.**Error! Bookmark not defined.**

II.4.3. Traitement d'hygiénisation des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

II.5. Composition des boues résiduaires .....**Error! Bookmark not defined.**

II.5.1. Éléments utiles .....**Error! Bookmark not defined.**

II.5.2. Éléments indésirables.....**Error! Bookmark not defined.**

II.5.3. Micro-organismes pathogènes.....**Error! Bookmark not defined.**

Chapitre III : Domaines de valorisation des boues

III.1. Principales filières de valorisation des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

III.1.1. Valorisation des boues dans l'agriculture**Error! Bookmark not defined.**

III.1.2. Valorisation énergétique des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

III.1.3. Utilisation des boues d'épuration dans la fabrication des ciments **Error! Bookmark not defined.**

III.1.4. Utilisation des boues d'épuration dans la production des adsorbants .....**Error! Bookmark not defined.**

Partie Expérimentale

Partie A

I.1. Présentation de l'organisme d'accueil.....**Error! Bookmark not defined.**

I.2. Rôle de la STEP d'Ain-Oulmaine .....**Error! Bookmark not defined.**

I.3. Réseau d'assainissement de la STEP.....**Error! Bookmark not defined.**

I.4. Procédés de traitement de la STEP et description de ses différents ouvrages...**Error! Bookmark not defined.**

I.5. Traitement des eaux.....**Error! Bookmark not defined.**

I.5.1. Prétraitement.....**Error! Bookmark not defined.**

a. Dégrilleur grossier .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Relevage (par quatre pompes relevage) :.....**Error! Bookmark not defined.**

c. Dégrillage fin .....**Error! Bookmark not defined.**

d. Canal Venturi .....**Error! Bookmark not defined.**

e. Le répartiteur N1 .....**Error! Bookmark not defined.**

I.5.2. Dessablage–déshuilage.....**Error! Bookmark not defined.**

a. Classification des sables .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Répartiteur N2 .....**Error! Bookmark not defined.**

I.5.3. Aération (traitement biologique) .....**Error! Bookmark not defined.**

a. Répartiteur N3 : .....**Error! Bookmark not defined.**

I.5.4. Clarificateur .....**Error! Bookmark not defined.**

I.5.5. Auto surveillance en sortie de station.....**Error! Bookmark not defined.**

I.5.6. Lagune de finition.....**Error! Bookmark not defined.**

I.6. Traitement des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

I.6.1. Recirculation et extraction des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

I.6.2. Épaississement des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

I.6.3. Stabilisation des boues.....**Error! Bookmark not defined.**

I.6.4. Déshydratation des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

I.6.5. Lits de séchage.....**Error! Bookmark not defined.**

Partie B

I. Échantillonnage .....**Error! Bookmark not defined.**

I.1. Prélèvements des eaux.....**Error! Bookmark not defined.**

I.2. Prélèvement des boues.....**Error! Bookmark not defined.**

II. Matériels et méthodes.....**Error! Bookmark not defined.**

II.1. Analyses physico-chimiques de l'eau .....**Error! Bookmark not defined.**

a. Détermination du pH.....**Error! Bookmark not defined.**

b. Détermination de la conductivité électrique (CE) **Error! Bookmark not defined.**

c. Détermination de l'oxygène dissous : .....**Error! Bookmark not defined.**

d. Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO)**Error! Bookmark not defined.**

e. Détermination du la demande biochimique en oxygène (DBO_5) : ..... **Error! Bookmark not defined.**

f. Détermination des matières en suspension (MES) :**Error! Bookmark not defined.**

g. Détermination la pollution azotée (L'ammonium NH_4^+)**Error! Bookmark not defined.**

II.2. Analyses physico-chimiques des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

a. Détermination de la pH .....**Error! Bookmark not defined.**

b. Détermination de la conductivité .....**Error! Bookmark not defined.**

c. Détermination de la siccité ou matière sèche (MS) **Error! Bookmark not defined.**

d. Détermination du taux de matières volatiles sèches (MVS) **Error! Bookmark not defined.**

e. Détermination la matière minérale des boues (MMS) **Error! Bookmark not defined.**

f. Détermination de l'indice de Mohlman (IM) .....**Error! Bookmark not defined.**

g. Analyse bactériologique pour la détection des vorticelles dans les boues activées .....**Error! Bookmark not defined.**

h. Analyse de la boue sèche par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) .....**Error! Bookmark not defined.**

i. Dosage de l'Azote Organique par la Méthode KJELDAHL dans la boue sèche .....**Error! Bookmark not defined.**

j. Dosage des éléments minéraux majeurs dans un sol par spectroscopie de flamme .....**Error! Bookmark not defined.**

k. Analyse qualitative du phosphore dans les boues sèches :**Error! Bookmark not defined.**

l. Analyse des métaux lourds dans la boue sèches**Error! Bookmark not defined.**

III. Résultats et discussion .....**Error! Bookmark not defined.**

III.1. Analyses physico-chimiques des eaux.....**Error! Bookmark not defined.**

III.1.1. pH.....**Error! Bookmark not defined.**

III.1.3. Conductivité électrique .....**Error! Bookmark not defined.**

III.1.3. Oxygène dissous .....**Error! Bookmark not defined.**

III.1.4. Demande Chimique en Oxygène (DCO)**Error! Bookmark not defined.**

III.1.5. Demande Biologique en Oxygène (DBO_5)**Error! Bookmark not defined.**

III.1.6. Matières En Suspension (MES) .....**Error! Bookmark not defined.**

III.1.7. Ammonium (NH_4^+).....**Error! Bookmark not defined.**

III.2. Caractérisation physico-chimique des boues .....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.1. pH.....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.2. Conductivité électrique .....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.3. Matières Volatiles Sèches (MVS).....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.4. Matières Minérale Sèches (MMS) .....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.5. Siccité.....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.6. Indice de Mohlman .....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.7. Vorticelles dans la boue activée.....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.8. Analyse de la boue sèche par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) .....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.9. Dosage de l'azote organique par la méthode KJELDAHL dans la boue sèche.....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.10. Dosage des éléments minéraux majeurs dans les boues sèches par spectroscopie de flamme.....**Error! Bookmark not defined.**

III.2.11. Analyse qualitative du phosphore dans les boues sèches ..... **Error! Bookmark not defined.**

III.2.12. Analyse des métaux lourds dans les boues sèches **Error! Bookmark not defined.**

Conclusion générale ..... **Error! Bookmark not defined.**

Références bibliographiques ..... **Error! Bookmark not defined.**

Annexes 109

Résumé : Au terme de ce travail, qui visait à caractériser et à valoriser les boues issues du traitement des eaux usées domestiques de la station d'épuration d'Ain Oulmaine, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques des eaux brutes, des eaux épurées et des boues sèches.

Les analyses des eaux ont porté sur le pH, la conductivité, la DBO_5, la DCO, les MES, l'oxygène dissous et l'ammonium. Les résultats ont montré une amélioration significative de la qualité des eaux traitées, avec une diminution importante des principaux polluants et une conformité aux normes de rejet.

La caractérisation des boues a révélé un pH proche de la neutralité, une siccité d'environ 40 %, une teneur élevée en matière organique (MVS : 57 à 67 %), ainsi que la présence d'azote, de phosphore, de potassium, de calcium et de sodium. Les analyses FTIR ont également confirmé la présence de groupements fonctionnels caractéristiques de la matière organique.

L'ensemble des résultats montre que les boues étudiées présentent un potentiel intéressant de valorisation, notamment en agriculture comme amendement organiques ou fertilisant, dans le respect des normes environnementales.

Abstract: At the end of this work, which aimed to characterize and valorize the sludge produced from the treatment of domestic wastewater at the Ain Oulmaine wastewater treatment plant, a series of analyses was carried out to evaluate the quality of the treated wastewater and the physicochemical properties of the produced sludge.

Physicochemical analyses of raw and treated wastewater were performed, including pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD_5), total suspended solids (TSS), and ammonium, in order to assess the efficiency of the treatment process. The results showed a significant improvement in treated water quality, with a marked reduction in pollutants and compliance with discharge standards. The characterization of the dried sludge revealed a near-neutral pH (6.97–7.39), an average dry matter content of about 40%, and a high organic matter content, with volatile solids ranging from 57% to 67%. The analyses also confirmed the presence of essential nutrients, including organic nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and sodium, as well as characteristic organic functional groups identified by FTIR analysis.

Overall, the results indicate that the studied sludge has promising potential for valorization, particularly in agriculture as an organic amendment or fertilizer, while complying with current environmental standards.

ملخص: في ختام هذا العمل، الذي هدف إلى توصيف وتثمين الحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي المنزلية بمحطة معالجة المياه المستعملة بعين ولمان، أجرينا سلسلة من التحاليل لتقييم جودة المياه المعالجة، بالإضافة إلى دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للحمأة المنتجة.

شملت التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الخام والمياه المعالجة قياس الرقم الهيدروجيني(pH) ، والطلب البيوكيميائي على الأكسجين(DBO_5) ، والطلب الكيميائي على الأكسجين(DCO) ، والمواد العالقة(MES) ، والأكسجين المذاب، والأمونيوم، والناقلية الكهربائية، بهدف تقييم كفاءة نظام المعالجة. وأظهرت النتائج تحسنًا ملحوظًا في جودة المياه المعالجة، من خلال انخفاض كبير في الملوثات الرئيسية ومطابقتها لمعايير التصريف.

كما أُجري توصيف للحمأة الجافة، حيث بينت النتائج أن الرقم الهيدروجيني بقي قريبًا من التعادل (6.97–7.39)، مع نسبة جفاف تقارب 40%، واحتواء الحمأة على نسبة مرتفعة من المادة العضوية، إذ تراوحت نسبة المواد العضوية المتطايرة (MVS) بين 57% و67%. كما كشفت التحاليل عن وجود عناصر غذائية أساسية مثل الآزوت العضوي، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والصوديوم، إضافة إلى وجود مجموعات وظيفية مميزة للمادة العضوية تم تحديدها بواسطة تقنية.FTIR

وفي المجمل، تُظهر النتائج أن الحمأة المدروسة تمتلك إمكانات واعدة للتثمين، خاصة في المجال الزراعي كمحسن للتربة أو كسماد عضوي، مع الالتزام بالمعايير البيئية المعمول بها.