

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03**  
**FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

## **Mémoire**

**PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER**  
**EN GÉNIE DES PROCÉDÉS**  
**OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT**

**Etude expérimentale de la Co-digestion et prétraitement  
thermique du mélange  
« écorces de grenade et des grignons d'olives »**

**Présenté par :**

**Benabila Sabrina**

**Bendjaballah Fatima**

**Benmeddour Amel**

**Dirigé par :**

**kheireddine Bani**

**Grade: MCA**

**Année universitaire**

**2022-2023**

**Session : juin**

# SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste d'abréviation

Introduction Générale.....1

Chapitre I : Généralités sur les déchets organiques biodégradable.....2

I.1 Les déchets .....2

I.2 Déchets organiques et déchets inorganiques.....3

I.3 Procédés de traitement des boues et des déchets .....3

I.4 Grignons d'olive .....4

I.5 Ecorce de grenade .....5

CHAPITRE II : Principe de la digestion anaérobie

II. Introduction.....6

II .1Digestion anaérobie .....6

II.2 Historique de la digestion anaérobie .....6

II.3 Principe de la digestion anaérobie.....7

II.4 Valorisation du méthane.....7

II.5 Les étapes de la digestion anaérobie .....7

II.5.1 Hydrolyse .....8

II.5.2 Acidogénèse .....8

II.5.3 Acétogénèse .....8

II.5.4 Méthanogènes .....9

<b>II.6 Paramètres physico chimique influençant la digestion anaérobie .....</b>	<b>10</b>
<b>II.6.1 Température .....</b>	<b>10</b>
<b>II.6.2 pH .....</b>	<b>11</b>
<b>II.6.3 Alcalinité .....</b>	<b>12</b>
<b>II.6.4 Potentiel d'oxydoréduction .....</b>	<b>12</b>
<b>II.7 Les avantages et les inconvénients de la digestion anaérobie .....</b>	<b>12</b>
<b>Chapitre III : prétraitements des boues</b>	
<b>III.1 Introduction .....</b>	<b>14</b>
<b>III.2 Prétraitement thermique .....</b>	<b>15</b>
<b>III.3 Prétraitement mécanique .....</b>	<b>15</b>
<b>III.3.1 Homogénéisation par ultrasons .....</b>	<b>15</b>
<b>III.3.2 Broyage par billes .....</b>	<b>15</b>
<b>III.4 Prétraitement biologiques.....</b>	<b>15</b>
<b>III.5 Prétraitement physico-chimiques .....</b>	<b>16</b>
<b>III.5.1 Ozonation .....</b>	<b>16</b>
<b>III.5.2 Oxydation .....</b>	<b>16</b>
<b>III.5.3 Oxydation au peroxyde d'hydrogène .....</b>	<b>16</b>
<b>III.6 Prétraitement alcalin et acide .....</b>	<b>17</b>
<b>III.6.1 Prétraitement acide .....</b>	<b>17</b>
<b>III.6.2 Prétraitement alcalin .....</b>	<b>17</b>
<b>CHAPITRE IV : Matériels et méthode</b>	
<b>IV.1 Introduction .....</b>	<b>18</b>
<b>IV.2 Description des échantillons.....</b>	<b>18</b>

<b>IV.3 Granulométrie .....</b>	<b>21</b>
<b>IV.4 Régime de température : mésophile .....</b>	<b>21</b>
<b>IV.5 La Co-digestion .....</b>	<b>21</b>
<b>IV.6 Prétraitement thermique .....</b>	<b>22</b>
<b>IV.7 Tests de potentiel de méthane biochimique (BMP).....</b>	<b>22</b>
<b>IV.8 Détermination des caractéristiques des substrats et Inoculum .....</b>	<b>23</b>
<b>IV.8.1 Demande chimique en oxygène(DCO).....</b>	<b>24</b>
<b>IV.8.2 pH.....</b>	<b>24</b>
<b>IV.8.3 TA et TAC.....</b>	<b>25</b>
<b>IV.8.4 Matières sèches (TS) et Matières volatiles (TVS) .....</b>	<b>25</b>
<b>IV.8.5 Acides Gras Volatils (AGV).....</b>	<b>26</b>
<b>IV.9 Description du digesteur et dispositif utilisé.....</b>	<b>26</b>
<b>IV.10 Description du dispositif de mesure du biogaz et du méthane .....</b>	<b>27</b>
 <b>Chapitre V : Résultats et discussions</b>	
<b>V.1 Introduction.....</b>	<b>28</b>
<b>V.2 Méthodologie.....</b>	<b>28</b>
<b>V.3 Caractérisation physico-chimique du mélange réactionnelle utilisé .....</b>	<b>29</b>
<b>V.4 Présentation des différents résultats de la biodégradabilité des différents ratios testés en phase mésophile .....</b>	<b>30</b>
<b>V.4.1 Production spécifique de biogaz de Co-digestion.....</b>	<b>30</b>
<b>V.4.2 Production en méthane de la Co-digestion.....</b>	<b>31</b>
<b>V.4.3 Composition du biogaz produit .....</b>	<b>31</b>
<b>V.5 Caractéristiques de la phase liquide après incubation en phase mésophile .....</b>	<b>33</b>

<b>V.5.1 Rendement d'élimination en TS et TVS.....</b>	<b>34</b>
<b>V.5.2 Rendement d'élimination en DCO total .....</b>	<b>35</b>
<b>V.5.3 Dégradation de la DCO en fonction de temps .....</b>	<b>36</b>
<b>V.6 Cinétiques du rendement en méthane et de la DCO dégradée en fonction du temps.....</b>	<b>37</b>
<b>V.7 Prétraitement thermique .....</b>	<b>38</b>
<b>V.7.1 Production spécifique de méthane de la Co-digestion.....</b>	<b>38</b>
<b>V.7.2 Composition du biogaz produit .....</b>	<b>39</b>
<b>V.7.3 Présentation des différents résultats de la biodégradabilité après prétraitements en phase mésophile .....</b>	<b>40</b>
<b>V.7.3.1 Rendement d'élimination des TS et TVS.....</b>	<b>40</b>
<b>V.7.3.2 Rendement d'élimination en termes de DCO total.....</b>	<b>41</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>41</b>
<b>Chapitre VI : Résultats de la modélisation</b>	
<b>VI.1 Introduction .....</b>	<b>42</b>
<b>VI.2 Modèles cinétiques de production cumulée de méthane .....</b>	<b>42</b>
<b>VI.3 Modélisation des résultats de la production spécifique de méthane des tests de proportions.....</b>	<b>43</b>
<b>VI.4 : constantes cinétiques des deux models.....</b>	<b>46</b>
<b>VI.4.1 Influence de la production cumulée maximale en méthane et de sa vitesse maximale en mésophile.....</b>	<b>46</b>
<b>VI.4.2 Influence du temps de latence <math>\lambda</math> en mésophile .....</b>	<b>47</b>
<b>VI.5 Modélisation des résultats de la production spécifique de méthane des tests de prétraitement thermique .....</b>	<b>47</b>
<b>VI.6 Constantes cinétiques des deux models.....</b>	<b>49</b>
<b>VI.6.1 Influence de la production cumulée maximale en méthane et de sa vitesse maximale en mésophile.....</b>	<b>49</b>

**Conclusion .....50**

**Conclusion Générale.....51**

## ملخص

في الوقت الحاضر، تتم معالجة مياه الصرف الصحي بشكل أساسي باستخدام عملية الحمأة المنشطة التي تولد كمية كبيرة من الحمأة. بعد تحسين معدل إزالة MO وتقليل حجم الحمأة المتكونة أثناء المعالجة قضيبتين حاسمتين. ومع ذلك، الهضم اللاهوائي، حل مثير للاهتمام لمشكلة إدارة حمأة الصرف الصحي الهدف من هذه الدراسة هو فحص التحلل البيولوجي (اختبار BMP) للنفايات المستخدمة (قشور الرمان وثلث الزيتون وخليطها بنسب مختلفة وتحسين حجم ونوعية الغاز الحيوي الناتج عن المعالجة الحرارية المسبقة في المرحلة المتوسطة (37 درجة مئوية)، للخلط (50% غرينادين و 50% ثفل زيتون). تم إجراء الهضم اللاهوائي دفعة واحدة باستخدام زجاجات مصل زجاجية سعة 250 مل بحجم عمل 150 مل. يتم إدخال نسبة اللقاح / الركيزة (1 : 1) في كل مفاعل. تمت إضافة 10 مل من محلول يحتوي على تركيزات متفاوتة من العناصر الغذائية إلى كل مفاعل. يتم ضبط حجم المفاعلات بالماء المقطر. تتضمن التجربة خلط ركيزتين بنسب متفاوتة تعتبر اختبارات إيجابية واختبارات فارغة (Inoculum وحده). جميع المفاعلات مبنية ثلاثياً. خضع الاختبار، الذي يتضمن 50% من نفايات ثفل الزيتون و 50% من نفايات قشور الرمان، لسلسلة من المعالجة الحرارية المسبقة. نطاق المعالجة الحرارية المختار هو 100 درجة مئوية، 150 درجة مئوية، 180 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة، مع الأخذ في الاعتبار درجة الحرارة التي تساوي 20 درجة مئوية. يظهر التوصيف قبل حضنة خليط التفاعل أنه غني بالمادة الجافة عالية التقلب (TVS) يتراوح بين 58.33 و 71.58% و DCO مرتفع جداً وهو في شكله القابل للذوبان، يستنتج أن المعالجة البيولوجية لهذه النفايات السائلة لا ينبغي أن تشكل مشكلة. أظهر إنتاج الميثان من عملية الهضم اللاهوائي للنفايات أن إنتاج الميثان من ثفل الزيتون أعلى بكثير من إنتاج نفايات قشور الرمان كشف اختبار المعالجة الحرارية المسبقة أن إنتاج الميثان المحدد يزداد مع زيادة درجة حرارة المعالجة المسبقة التحسين واضح في مرحلة الكمون (2 إلى 3 أيام) يتراوح بين 17 إلى 19 مرة لكل تقرير خليط تفاعل غير معالج لجميع درجات الحرارة التي تم اختبارها. أعطت النمذجة باستخدام برنامج Origin 2021 قيم R2 بين 0.98 و 0.95 لكلا النموذجين مع نهج أفضل لنموذج Gompertz المعدل.

## الكلمات المفتاحية:

النفايات العضوية، الهضم المشترك اللاهوائي، المعالجة المسبقة.

## Abstract

At present, wastewater treatment is mainly carried out using an activated sludge process which generates a large amount of sludge. Improving the OM removal rate and decreasing the volume of sludge formed during treatment are two crucial issues. However, anaerobic digestion, an interesting solution for the problem of sewage sludge management. The purpose of this study is to examine the biodegradability (BMP Test) of the waste used (pomegranate peel peelings and olive pomace and their mixture in different proportions) and to improve the volume and quality of the biogas produced. by heat pre-treatment in the mesophilic phase (37°C), for the mixture (50% pomegranate peel and 50% olive pomace). Anaerobic digestion was performed in batch using 250 ml glass serum bottles with a working volume of 150 ml. An Inoculum/Substrate ratio of 1:1 is introduced into each reactor. 10 ml of a solution containing varying concentrations of nutrients were added to each reactor. The volume of the reactors is adjusted with distilled water. The experiment includes the mixture of two substrates in varying proportions is considered positive tests and blank tests (Inoculum alone). All the reactors are made in triplicate. The test, which includes 50% olive pomace waste and 50% pomegranate peel waste, underwent a series of heat pre-treatments. The heat treatment range chosen is 100°C, 150°C, 180°C for 30 minutes, considering the temperature equal to 20°C. The characterization before incubation of the reaction mixture shows that it is rich in high volatile dry matter (TVS) varies between 58.33 and 71.58% and a very high COD and which is in its soluble form, we deduce that the biological treatment of this effluent should not pose a problem. The production of methane from the process of anaerobic digestion of the two wastes showed that the production of methane from olive pomace is much higher than that of grenadine waste. The thermal pretreatment tests revealed that the specific methane production increases with the increase in the pretreatment temperature. the improvement is apparent in the lag phase (2 to 3 days) varies between 17 to 19 times relative to the untreated reaction mixture for all the temperatures tested. Modeling with Origin 2021 software gave R2 values between 0.98 and 0.95 for both models with a better approach of the modified.

**Key Words:** Organic waste, Anaerobic co-digestion, Pretreatment.

## Résumé

Les essais du prétraitement thermique ont révélé que la production spécifique en méthane augmente avec l'augmentation de la température de prétraitement.

L'amélioration est apparente en phase de latence (2 à 3 jours) varie entre 17 à 19 fois par rapporte mélange réactionnel non traitées pour toutes les températures testées.

Le but de cette étude est d'examiner la biodégradabilité (BMP Test) des déchets utilisées (les d'écorces de grenade et les grignons d'olives et de leurs mélanges a des différentes proportions et d'améliorer le volume et la qualité du biogaz produit par un prétraitement thermique en phase mésophile (37 °C), pour le mélange (50% d'écorces de grenade et 50% grignons d'olives).

La digestion anaérobie a été réalisée en batch à l'aide de bouteilles de sérum en verre de 250 ml avec un volume de travail de 150 ml. La gamme de traitement thermique choisie est de 100°C, 150°C, 180°C pendant 30 minutes, en considérant la température égale à 20°C.

La production du méthane à partir du procédé de la digestion anaérobie des deux déchets ont montré que la production du méthane des grignons d'olives est largement supérieure à celle du déchet de grenadine.

Le test qui comprend 50% de déchet grignons d'olive et 50% de déchet d'écorce de grenade a subi une série de prétraitement thermique. 10 ml d'une solution contenant des concentrations variables de nutriments ont été ajoutés à chaque réacteur. le volume des réacteurs est ajusté avec de l'eau distillée.

La caractérisation avant incubation du mélange réactionnel montre qu'il est riche en matière sèche volatil élevé (TVS) Cependant, la digestion anaérobie, une solution intéressante pour le problème de gestion des boues d'épuration.

L'expérience comprend le mélange de deux substrats a des proportions variables est considéré comme tests positifs et les tests à blanc (Inoculum seul), l'épuration des eaux usées est principalement réalisée à l'aide d'un procédé à boues activées qui génère une grande quantité de boue.

**Mots clés :** déchet organique, digestion anaérobie, prétraitement.