

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE CONSTANTINE 3 SALAH BOUBNIDER



FACULTE DE GENIE DES PROCEDES
DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N d'ordre :

Série :

Mémoire de master

Filière : Génie des procédés.

Spécialité : Génie chimique.

**Etude de l'amélioration de la méthanisation des
déchets organique par un traitement acide et
thermique**

Dirigé par :

Dr. MANSOURI Noura

Grade : MCB

Présenté par :

NOUIOUA Ahmed Tamime

REGUIG Nour El Houda

NOUIOUA Ahmed Tamime

Année Universitaire 2024/2025.

Session :(Juin)

Sommaire

<i>Remerciements</i>	X
<i>Liste des tableaux</i>	X
<i>Liste des figures</i>	X
<i>Liste des abréviations</i>	X
INTRODUCTION GENERALE	1
Références bibliographiques	3
CHAPITRE 1 : Digestion Anaérobie, Biogaz, Généralités	5
I- Introduction	5
II- Généralités	5
II-1- Digestion anaérobie, biogaz, biométhane	5
II-2- Elément de la digestion anaérobie	7
III- Etapes de la digestion anaérobie	8
III-1- Hydrolyse	8
III-2- Acidogénèse	9
III-3- Acétogénèse.....	9
III-4- Méthanogénèse	9
IV- Paramètres influencent la digestion anaérobie.....	10
IV-1- Température	10
IV-2- Acidité de milieu (pH).....	11
IV-3- Charge organique et Gestion des inhibiteurs	12
IV-4- Rapport Carbone/Azote (C/N).....	12
IV-5- Temps de séjour	12
V- Amélioration de rendement de la méthanisation	13
V-1-Traitement Mécanique (Broyage/Tamissage).....	13
V-2-Traitement Chimique (Acide et Basique)	13
V-3- Traitement Thermique.....	14
VI- Études précédentes.....	14
Références bibliographiques chapitre 1	18
CHAPITRE 2 : Matériels, Méthodes et Protocoles Expérimentaux	23
I- Introduction	23
II- Matériels utilisés	23
II-1-Appareillage	23
II-2- Description des échantillons	23
II-3- Préparation du milieu réactionnel (choix de ratio)	25
III- Méthodes de prétraitement adoptées	27

III-1-Prétraitement chimique.....	28
III-2-Prétraitement thermique.....	28
VI- Procédure de la digestion anaérobie.....	28
VI-1- Préparation des réacteurs batch.....	28
VI-2- Déroulement de la méthanisation au cours du temps de séjour dans les digesteurs ...	29
VI-3- Analyse qualitative et quantitative du méthane produit	30
V- Méthodes analytiques	31
V-1- Mesure du pH.....	31
V-2- Matière en suspension « MES » et matière volatile en suspension « MVS ».....	31
V-3- Dosage du TA et TAC	33
V-4- Détermination de la Demande chimique en oxygène totale et soluble (DCO)	34
Références bibliographiques chapitre 2.....	37
CHAPITRE III : Résultats et Discussion.....	40
<i>Partie 1: Essais préliminaires de production de biogaz à partir de noyaux de dattes et déchets de cuisine</i>	<i>40</i>
I- Rappel sur le protocole expérimental.....	40
II- Résultats obtenus pour la production et la composition du biogaz.....	41
III-Discussion des résultats obtenus	44
IV- Conclusion.....	45
<i>Partie 2: Production de biogaz à partir de déchets de cuisine : influence des prétraitements mécaniques, chimiques et thermiques</i>	<i>45</i>
I- Introduction	45
II-Choix de ratio inoculum/substrat.....	45
III- Effet de taux de dilution sur la production de biogaz.....	47
IV-Rendement en biogaz et en biométhane pour un substrat traité par H ₂ SO ₄ concentré...50	
V- Effet de prétraitement thermique sur la production et la composition du biogaz.....	51
VI-Etude de l'Effet de température sur la production de biogaz et CH ₄	52
VII- Effet de traitement chimique sur la production de biogaz et CH ₄ pour même concentration du milieu	54
IIIX- Etude de l'efficacité du traitement chimique et thermique	55
IX- Etudes comparatifs.....	57
X- Caractérisation du milieu réactionnel avant et après la digestion	60
<i>Partie 3 : Modélisation de production cumulée de méthane pour un substrat</i>	<i>65</i>
I- Introduction	65
II- Modèle de Gompertz/Gompertz modifié.....	65
III-Résultats de la modélisation pour les digesteurs A0, A1 et A2	66
IV- Résultats de la modélisation pour les digesteurs B0, B1 et B2	68
V- Résultats de la modélisation sur les digesteurs A3, A4 et A5.....	71

VI- Résultats de la modélisation pour les digesteurs A6, A7 et A8.....	73
Références bibliographiques chapitre 3.....	76
<i>CONCLUSION GENERALE</i>	79
<i>Résumé</i>.....	82

Résumé

Ce travail se concentre, en premier lieu, sur l'étude du processus de digestion anaérobie des déchets de cuisine (substrat) en présence des boues d'épuration (inoculum), à une température mésophile (37°C). L'objectif principal est d'étudier l'effet de prétraitement de ce substrat sur la production de biogaz et de bio méthane produit, pour un rapport inoculum/substrat de 1/3 et 1/2 et différentes taux de dilution (sans dilution , 50% ,70%)

Deux méthodes de prétraitements ont été adoptées, le prétraitement chimique : L'application de traitements chimiques, notamment l'utilisation d'acide sulfurique (H_2SO_4) à pH 2 et à 24 °C

en deuxième lieu Prétraitements thermiques : Ce procédé consiste à chauffer le substrat à des températures comprises entre 70 °C et 200 °C sous pression, pendant un certain temps.

Les résultats de nos expériences ont montrés que le prétraitement chimique donne de meilleure production en biogaz et en méthane par rapport aux traitements thermiques et sans traitements

La modélisation a été entreprise en utilisant le logiciel Origine on choisissant deux modèles mathématiques SGompertz et Gompertz modifié contenus dans la base de données de ce logiciel Origine pro19.

Mots Clés : Digestion Anaérobie , prétraitement chimique, prétraitement thermique, Biogaz, d'acide sulfurique (H_2SO_4)

الملخص

يركز هذا العمل في المقام الأول على دراسة عملية الهضم اللاهوائي لنفايات المطبخ (الركيزة) في وجود الحمأة المنشطة (اللقاح) عند درجة حرارة متوسطة (37°C). الهدف الرئيسي هو دراسة تأثير المعالجة المسبقة لهذه الركيزة على إنتاج البيوغاز والبيوميثان، باستخدام نسب مختلفة من اللقاح إلى الركيزة (1/3 و 2/1) ونسب تخفيف مختلفة (بدون تخفيف، 50%، 70%).

تم اعتماد طريقتين للمعالجة المسبقة:

المعالجة الكيميائية المسبقة: تمثلت في استخدام حمض الكبريتيك عند درجة حموضة (2) ودرجة حرارة (24°C)

المعالجة الحرارية المسبقة: وشملت تسخين الركيزة إلى درجات حرارة تتراوح بين (70°C) و (200°C)

تحت ضغط معين ولمدة زمنية محددة .

أظهرت نتائج التجارب أن المعالجة الكيميائية المسبقة حققت أفضل مردودية من حيث إنتاج البيوغاز والبيوميثان مقارنة بالمعالجة الحرارية أو غياب أي معالجة.

كما تم إجراء نمذجة رياضية باستخدام برنامج Origine pro19 حيث تم اختيار نموذجين رياضيين هما نموذج

Gompertz modifié و SGompertz والمتاحين ضمن قاعدة بيانات البرنامج .

الكلمات المفتاحية: لهضم اللاهوائي، المعالجة الكيميائية المسبقة، المعالجة الحرارية المسبقة، لبيوغاز، حمض الكبريتيك (H_2SO_4).

Abstract

This study primarily focuses on the anaerobic digestion process of kitchen waste (substrate) in the presence of sewage sludge (inoculum) at mesophilic temperature (37 °C). The main objective is to investigate the effect of substrate pretreatment on the production of biogas and biomethane, using inoculum-to-substrate ratios of 1/3 and 1/2, and applying different dilution rates (no dilution, 50%, and 70%).

Two pretreatment methods were employed:

Chemical pretreatment: involving the use of sulfuric acid (H_2SO_4) at pH = 2 and a temperature of 24 °C.

Thermal pretreatment: consisting of heating the substrate to temperatures ranging from 70 °C to 200 °C under pressure for a specific period of time.

The experimental results showed that chemical pretreatment led to higher biogas and methane yields compared to thermal pretreatment and the untreated substrate.

Mathematical modeling was carried out using **Origin Pro 19** software, applying two kinetic models: the **Gompertz** and **Modified Gompertz** models available in the program's database.

Keywords: Anaerobic digestion, chemical pretreatment, thermal pretreatment, biogas, sulfuric acid (H_2SO_4).