

**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**

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

# **PRODUCTION DU BIOHYTHANE PAR CO-DIGESTION DES DÉCHETS ALIMENTAIRES PRÉTRAITÉS AVEC LES ÉPLUCHURES D'ORANGE**

**Présenté par :**

- \* **SOLTANE Amani**
- \* **MEDJDOUB Rayen**
- \* **RAMOUL Sameh**

**Dirigé par :**

**Dr. ACHOURI Ouafa**  
**Grade: Maître de conférence**

**Année universitaire**

**2020-2021**

**Session : juin**

# *Table de Matières*

<b>Remerciement.....</b>	<b>I</b>
<b>Dédicace.....</b>	<b>II</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>III</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>IV</b>
<b>Abréviations et symboles.....</b>	<b>V</b>
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>

## *Chapitre I : Généralités sur les Déchets alimentaires et agro-alimentaire*

I. Introduction.....	4
II .1 Généralités.....	4
II.1.1 Définitions des déchets.....	4
II.1.2 les différents types des déchets et leur gisement.....	5
II.1.3 Classification des déchets selon la filière de traitement.....	5
II. 2 Les déchets alimentaires.....	6
II.2.1 Définition.....	6
II.2.2 Comment traiter les déchets alimentaires?.....	7
II.2.3 Pourquoi trier les déchets alimentaires?.....	8
II.2.4 Que deviennent les déchets alimentaires ?.....	9
II.3 Les déchets agroalimentaire.....	9
III. Statistiques des déchets alimentaires.....	10
III. 1 Les déchets alimentaires dans la ville de Constantine.....	10
III.2 Les déchets alimentaires en Algérie.....	11
III.3 Les déchets alimentaires dans le monde.....	12
IV. Les déchets de transformation d'orange.....	13
V. Que contient l'orange ?.....	14

## *Chapitre II : Fermentation Sombre*

I. Introduction.....	16
II. Généralité sur l'hydrogène.....	16
III. Fermentation sombre.....	17
III.1 Définition.....	17
III.2 Principe.....	17
III.3 Etapes de la fermentation sombre.....	18

III.3.1 L'hydrolyse.....	19
III.3.2 L'acidogénèse et acétogénèse.....	19
III.4 Paramètres Améliorants la fermentation sombre.....	20
III.4.1 Source et sélection des microorganismes producteurs de biohydrogène.....	20
III.4.2 Les prétraitements.....	21
III.4.3 Mode de fonctionnement.....	22
V. La Co-fermentation sombre et la digestion anaérobie (méthanogénèse) et la production de biohythane.....	24
VI. Conclusion.....	25

### ***Chapitre III : Digestion Anaérobie***

I. Introduction.....	28
II. Procédé de digestion anaérobie.....	28
II.1 Historique de la digestion anaérobie.....	28
II.2 Mécanisme de la digestion anaérobie.....	29
II.3 les étapes de la digestion anaérobie.....	30
II.3.1 L'hydrolyse.....	30
II.3.2 L'acidogénèse.....	31
II.3.3 L'acétogénèse.....	31
II.3.4 La méthanogénèse.....	32
III. Paramètres d'influence de la digestion anaérobie.....	33
III.1 Température.....	33
III.2 ph.....	33
III.3 Oxygène moléculaire et teneur en eau.....	34
III.4 Potentiel redox.....	34
III.5 Rapport C/N.....	34
III.6 L'humidité.....	34
III.7 Inhibiteurs de la méthanisation.....	34
IV. Avantages et inconvénients de la digestion anaérobie.....	35
IV.1. Les avantages de la digestion anaérobie.....	35
IV.2. Les inconvénients de la digestion anaérobie.....	35
V. La différence entre la digestion anaérobie en une et à deux étapes.....	36
VI. La Co-digestion des déchets alimentaires.....	38

### ***Chapitre IV : Matériels et Méthodes***

I. Introduction.....	40
----------------------	----

II. Description des échantillons.....	41
II.1 Inoculum.....	41
II.2 Substrats.....	42
II.2.1 les épiluchures des oranges.....	42
II.2.2 les Déchets alimentaires.....	42
III. Détermination des caractéristiques des substrats et l'inoculum.....	43
III.1 pH .....	43
III.2 Solides totaux (TS) et Solides volatiles totaux (TVS).....	43
III.3 Dosage de la demande chimique en oxygène (DCO).....	44
III.4 Dosage de titre alcalimétrique complet (TAC) et les acides gras volatiles (AGV).....	46
III.5 Dosage de l'azote ammoniacal.....	48
IV. Prétraitement d'oxydation par H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	49
V. Tests de potentiel biochimique d'hydrogène (BHP) et Tests de potentiel biochimique de méthane (BMP).....	50
V.1 Description du digesteur et dispositif utilisé.....	50
V.2 Conception expérimentale des tests de potentiel biochimique d'hydrogène (BHP).....	50
V.2.1 Acclimatation de l'inoculum.....	50
V.2.2 Préparation des substrats.....	51
V.2.3 BHP test.....	51
V.2.4 Description du dispositif de mesure du biogaz .....	52
V.2.5 Tests de potentiel de méthane biochimique (BMP).....	53
V.2.6. Méthode de mesure la composition du biogaz .....	54

### ***Chapitre V : Résultats et discussions***

I. Introduction.....	56
II. Caractérisation des substrats et l'inoculum.....	57
III. L'étude du prétraitement des déchets alimentaires par H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	57
III.1 L'effet du prétraitement par H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> sur la solubilisation de la DCO.....	57
III.2 L'effet du prétraitement par H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> sur la concentration des AGV.....	58
III.3 L'effet du prétraitement par H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> sur le rapport TVS /TS.....	59
IV. L'étude du traitement des FW non-prétraités par la DA en deux étapes.....	60
IV. 1 La fermentation sombre de la Co-digestion des FW non-prétraités avec les OP.....	60

IV.2. Caractérisations finales après la fermentation sombre (non-prétraité) .....	62
IV.3 La digestion anaérobie de la Co-digestion des FW non-prétraités avec les OP	63
IV.4. Composition du biogaz (cas des déchets alimentaires non-prétraités).....	64
IV.5. Caractérisation finale après digestion anaérobie (non-prétraités) .....	64
V. L'étude du traitement des FW prétraités par la DA en deux étapes.....	65
V.1 La fermentation sombre la Co-digestion des FW prétraités avec les OP.....	65
V.2 Caractérisations finales après la fermentation sombre (Prétraités).....	67
V.3 La digestion anaérobie de la Co-digestion des FW prétraités avec les OP.....	68
V.4 Composition du biogaz (cas des déchets alimentaires prétraités).....	69
V.5 Caractérisations finales après digestion anaérobie (déchets alimentaires prétraités).....	70
VI. Valorisation énergétique du procédé Fermentation sombre+ Digestion anaérobie en deux étapes.....	71
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>75</b>
<b>Les perspectives.....</b>	<b>76</b>
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>77</b>

## Résumé

Le traitement des déchets alimentaires (FW) par digestion anaérobie (DA) peut conduire à une production d'énergie couplée à une réduction du volume et des émissions de gaz à effet de serre de ce type de déchets. Cependant, atteindre le plus grand volume de méthane dans un temps plus court avec un fonctionnement stable est un défi. Pour maximiser les performances du traitement biologique DA, une digestion anaérobie en deux étapes (fermentation sombre (FS) + digestion anaérobie), ainsi qu'un prétraitement d'oxydation utilisant  $H_2O_2$  et une Co-digestion avec des épluchures d'orange (Orange peels (OP)), ont été examinés. Dans le cadre de cette recherche pour étudier les effets de (i) le prétraitement sur l'amélioration de la solubilité de la fraction organique des déchets, (ii) l'amélioration du procédé DA par deux étapes, et (iii) la Co-digestion de deux déchets.

L'étude présente non seulement des effets sur le traitement des déchets solides par la méthanisation et la production de  $BioH_2$  et  $BioCH_4$  mais aussi les effets sur l'élimination de la DCO, TS, TVS, AGV, et  $NH_4^+$ , ainsi que l'énergie totale récupérée estimée sous forme d'hydrogène et de méthane (BioHythane) a été calculé pour montrer l'efficacité énergétique du processus de fermentation sombre + digestion anaérobie en deux étapes en termes d'énergie.

**Mots Clés :** *Digestion anaérobie, Fermentation Sombre, Biogaz, Biohythane*

## Graphical abstract



## Abstract

The treatment of food waste (FW) by anaerobic digestion (AD) can lead to energy production coupled with a reduction in the volume and greenhouse gas emissions of this type of waste. However, achieving the highest volume of methane in the shortest time with stable operation is a challenge. To maximize the performance of biological WF treatment, two-step anaerobic digestion (dark fermentation (FS) + anaerobic digestion), as well as an oxidation pretreatment using  $H_2O_2$  and Co-digestion with orange peels (OP), were examined as part of this research to study the effects of (i) the pretreatment on improving the solubility of the organic fraction of the waste, (ii) improving the AD process by two steps, and (iii) the Co-digestion of two wastes.

The study not only presents these effects on the treatment of solids wastes by anaerobic digestion and the production of  $BioH_2$  and  $BioCH_4$  but also the effects on the elimination of COD, TS, TVS, AGV, and  $NH_4^+$ , as well as the estimated total energy recovered as Hydrogen and Methane (BioHythane) was calculated to show the energy efficiency of the Dark Fermentation + Two-Stage Anaerobic Digestion process in terms of energy.

**Key Words:** *Anaerobic digestion, Dark Fermentation, Biogas, Biohythane*