

**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**

### **Amélioration de la digestion anaérobie par prétraitement enzymatique**

**Présenté par :**

**Hammou Randa**

**Saadi Nawel**

**Remita Aya**

**Dirigé par :**

**Dr Kheireddine Baní**

**Année universitaire**

**2021-2022**

**Session : juin**

## Résumé

La digestion anaérobie est devenue l'une des technologies les plus utiles pour traiter la fraction organique des déchets et peut être une source importante de bioénergie. Dans ce contexte, le travail de ce mémoire a pour objectifs de déterminer le rôle de l'enzyme cellulosique "Cellulase D'ASPERGILLUS NIGER" sur le rendement en biogaz et en biométhane ajouté à différentes concentrations et mis en contact avec le substrat utilisé (margine d'olive), réalisé en mode batch et en phase mésophile.

Les résultats obtenus montrent que l'ajout de l'enzyme cellulosique pour les cinq concentrations en enzyme testés C2=(0.5%) ; C3=(1%) ; C4 =(3%) ; C5=(6%) ; C6=(9%) fait augmenter Les valeurs obtenues du rapport  $DCO_S/DCO_T$  qui reflète le transfert de la phase particulaire vers la phase soluble de 75 à 88.88% contre 68% du test témoin (sans prétraitement).

Du point de vu biodégradabilité les résultats montrent une amélioration pour certain cas la production en biogaz et en biométhane .elle est remarquable pour le test de C4= (3%) ou la production spécifique en biomethane égale à 408.14ml/gTVS et une Amélioration de La phase d'exponentielle 7.5 fois le test témoin.

Afin de pouvoir évaluer la performance de la digestion anaérobie de production potentielle du biométhane, une partie de modélisation a été entreprise en utilisant le logiciel Origin 2021 on choisissant deux modèles mathématiques contenus dans la base de données de ce logiciel, Slogistic1 et SGompertz.

Le modèle de SLogistic1 a donné une valeur plus élevée de  $R^2=0.99$  et de production en biométhane conséquente que celle prédite par le modèle SGompertz dans la phase mésophile

**Mot clés :** digestion anaérobie, prétraitement, enzyme, biogaz, solubilisation, Biodégradabilité.

# Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale

1

## Chapitre I : La digestion anaérobie

<b>I.1. Historique de la digestion anaérobie.....</b>	<b>4</b>
<b>I.2. Principes généraux de la digestion anaérobie.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3 Les étapes de la bio méthanisation.....</b>	<b>5</b>
<b>I.4 Les paramètres influençant les performances de la digestion anaérobie.....</b>	<b>6</b>
I.4.1 Humidité.....	6
I.4.2 pH.....	7
I.4.3Température .....	7
I.4.4Rapport carbonée/azote C/N.....	7
I.4.5Temps de rétention hydraulique HRT.....	8
I.4.6Concentration en acides gras volatiles AGV.....	8
I.4.7Nutriments .....	8
<b>I.5 Compostions du biogaz.....</b>	<b>8</b>
<b>I.6 Détermination du potentiel méthane.....</b>	<b>9</b>
I.6.1Théorique.....	9
I.6.2 Essai BMP.....	10
<b>I.7 Les avantages du biogaz.....</b>	<b>10</b>
I.7.1Sur le plan social.....	10
I.7.2Sur le plan économique.....	10
I.7.3Sur le plan environnemental.....	10
<b>I.8 Valorisation énergétique des déchets agroalimentaire (margine d'olive).....</b>	<b>11</b>
I.8.1 La margine.....	11
<b>I.9 Valorisation des margines.....</b>	<b>11</b>
I.9.1 Production De biogaz.....	11

## Chapitre II : Les prétraitements de la digestion anaérobie

<b>II.1 Introduction.....</b>	<b>12</b>
<b>II.2 Les prétraitements.....</b>	<b>12</b>
<b>II.2.1 Prétraitement mécanique.....</b>	<b>14</b>
<b>II.2.2 Prétraitements thermiques.....</b>	<b>14</b>
<b>II.2.3 Prétraitement chimique.....</b>	<b>14</b>
II.2.3.1 Ozonation.....	14
II.2.3.2 Oxydation.....	15
<b>II.2.4 Prétraitement aux ultrasons.....</b>	<b>15</b>
<b>II.2.5 Prétraitement biologique.....</b>	<b>16</b>
<b>II.2.5.1 Prétraitement enzymatique.....</b>	<b>16</b>
II.2.5.1.2 Etude de cellulase.....	18
<b>II.2.5.2 Synthèse bibliographique de l'hydrolyse thermo enzymatique.....</b>	<b>19</b>
<b>Chapitre III : Matériels et méthode</b>	
<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>21</b>
<b>III.2 Matériels utilisés.....</b>	<b>21</b>
III.2.1 Appareillage.....	21
III.2.2 Produits chimique et réactifs utilisés.....	21
<b>III.3 Description des échantillons.....</b>	<b>22</b>
III.3.1 Substrat et inoculum.....	22
III.3.2 Prétraitements du substrat (margine d'olive).....	23
III.3.3 Tests de potentiel de méthane biochimique (BMP).....	24
<b>III.4 La procédure expérimental.....</b>	<b>25</b>
III.4.1 La mesure de volume du biogaz.....	26
III.4.2 La mesure de composition du biogaz.....	27
<b>III.5 Les méthodes analytiques.....</b>	<b>28</b>
III .5.1 Mesure du PH.....	28
III.5.2 Matières sèches (TS) et Matières volatiles (TVS).....	28
III.5.3 Matières en suspension MES et matière volatile en suspension MVS.....	29
III.5.4 Dosage du TA et TAC.....	30
III.5.5 Détermination de la Demande Chimique en Oxygène Total (DCO).....	31
<b>III.6 Dosage des protéines.....</b>	<b>32</b>
<b>III.7 Dosage de l'azote totale.....</b>	<b>33</b>

## Chapitre IV : Résultats et discussion

<b>IV.1 Introduction.....</b>	<b>34</b>
<b>IV.2 Méthodologie.....</b>	<b>34</b>
<b>IV.3 Synthèse bibliographique.....</b>	<b>35</b>
<b>IV.4 Effet du prétraitement enzymatique sur les paramètres physico-chimique avant incubation.....</b>	<b>37</b>
IV.4.1 Variation du PH en fonction de la concentration de l'enzyme "cellulase" .....	37
IV.4.2 Variation du TA et TAC en fonction de la concentration de l'enzyme cellulase" .....	37
IV.4.3 Effet du prétraitement sur la matière solide (TS) et la matière solide volatile (TVS) .....	38
IV.4.4 Effet du prétraitement enzymatique sur la solubilisation de la matière.....	39
IV.4.4.1 Effet du prétraitement enzymatique sur de rapport MES/MS.....	39
IV.4.4.2 Effet du prétraitement enzymatique DCOs.....	39
IV.4.5 Conclusion de la solubilisation.....	40
<b>IV.5 Résultat de la biodégradabilité en phase gazeuse .....</b>	<b>41</b>
IV.5.1 Production cumulé de biogaz (substrat+inoculum).....	41
IV.5.2 Production cumulé de biogaz (substrat).....	42
<b>IV.6 Composition du CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub>.....</b>	<b>43</b>
<b>IV.7 Production de bio méthane par prétraitement enzymatique.....</b>	<b>44</b>
<b>IV.8 Amélioration de la digestion anaérobie des margines d'olives par prétraitement enzymatique.....</b>	<b>44</b>
<b>IV.9 Caractéristique de la phase liquide après incubation.....</b>	<b>48</b>
IV.9.1 PH .....	48
IV.9.2 TA et TAC.....	48
IV.9.3 Solides totaux et (ST) et les solides volatils totaux (TVS).....	48
<b>IV.10 Pourcentage d'élimination de quelque paramètre après d'incubation dans les réacteurs.....</b>	<b>49</b>
IV.10.2 Pourcentage d'élimination des TS et TVS.....	49
IV.10.3 Pourcentage d'élimination de la DCOt et DCOs.....	49
IV.10.4 Pourcentage d'élimination de NTK.....	51
IV.10.5 Conclusion.....	51

## **Chapitre V : la modélisation**

<b>V.1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>52</b>
<b>V.2</b>	<b>Modèle de production cumulée de méthane pour un substrat .....</b>	<b>53</b>
<b>V.3</b>	<b>Résultats de la modélisation du prétraitement enzymatique .....</b>	<b>54</b>
<b>V.4</b>	<b>Effet de prétraitement enzymatique sur la production du méthane en phase mésophile.....</b>	<b>55</b>
<b>V.5</b>	<b>Paramètres et conformité aux modèles.....</b>	<b>57</b>
<b>V.6</b>	<b>Influence du temp de latence <math>\lambda</math> des deux modèles.....</b>	<b>58</b>
<b>V.7</b>	<b>Influence de la vitesse maximale de production du méthane des deux modèles...</b>	<b>58</b>
<b>V.8</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>59</b>
	<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>60</b>
	<b>Les perspectives</b>	
	<b>Référence bibliographique</b>	