

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT DE CHIMIE INDUSTRIELLE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME DE MASTER II

EN GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Thème

***Modélisation de la Digestion Anaérobie:
Effet des Inhibiteurs et des
Constantes Cinétiques***

Réalisé par

AOUED OUSSAMA

BOUAFIA SEYYID ALI

Encadré par

Dr. Kerroum DERBAL

Promotion : 2011/2012

SOMMAIRE

NOMENCLATURE.....	I
LISTE DES FIGURES.....	III
LISTE DES TABLEAUX.....	V
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I.1 Classification des déchets.....	3
I.1.1 Les déchets ménagers et assimilés.....	3
I.1.2 Les déchets industriels.....	4
I.1.3 Les déchets agricoles.....	4
I.1.4 Les déchets hospitaliers, déchets d'activités de soins ou déchets infectieux.....	5
I.1.5 Les déchets inertes.....	5
I.1.6 Les déchets ultimes.....	5
I.1.7 Biomasse et déchets organiques.....	5
I.1.8 Boues des stations d'épuration des eaux usées municipales.....	6
I.2 Les caractéristiques physique et chimique des déchets.....	7
I.2.1 Caractéristiques de la phase solide.....	7
I.2.2 Caractéristiques de la phase liquide.....	8
I.3 Procédés de traitement des déchets.....	8
I.3.1 Traitements d'épaississement et de concentration.....	9
I.3.2 Déshydratation et conditionnement.....	9
I.3.3 Traitement de stabilisation.....	10
I.4 Potentiel méthanogène.....	12
Chapitre II Transformation de la matière organique en biogaz... ..	15
II.1. Historique.....	15
II.2. Dégradation anaérobie de la matière organique.....	16
II.3. Etapes biochimiques et microbiologique de la digestion anaérobie.....	17
II.2.1. L'étape d'hydrolyse.....	18
II.2.2. l'étape d'acidogénèse.....	18

II.2.3. l'étape d'acétogénèse.....	19
II.2.4. l'étape de la méthanogénèse.....	21
II.3. Les différents paramètres influençant la digestion anaérobie.....	24
II.3.1. Atmosphère d'incubation.....	25
II.3.2. Potentiel d'oxydo-réduction.....	25
II.3.3. La température.....	26
II.3.4. Le pH	28
II.3.5. Le rapport C/N.....	29
II.3.6. Accepteurs d'électrons.....	29
II.3.7. Le temps de séjour hydraulique.....	30
II.3.8. La nature de boues	30
II.4. Les principaux inhibiteurs de la digestion.....	31
II.4.1. Ammonium et ammoniac libre.....	31
II.4.2. Acides gras volatils (AGV) et à longues chaînes (AGVL)	32
II.4.3. Sulfure d'hydrogène.....	32
II.4.4. Minéraux et métaux lourds	34
II.4.5. Hydrogène.....	36
II.5. Types des réacteurs et applications.....	36
II.5.1. Les digesteurs à cultures libres.....	37
II.5.1.1. Les réacteurs contacts	37
II.5.1.2. Les réacteurs piston.....	38
II.5.2. Les digesteurs à lit fixes.....	38
II.5.2.1. Les systèmes UASB	38
II.5.2.2. Les systèmes à lit fixé	39
II.5.2.3. Les systèmes à lit fluidisé.....	40
II.6. Avantages et inconvénients de la digestion anaérobie.....	41
II.6.1. Les avantages de la digestion anaérobie sont.....	41
II.6.2. Les inconvénients de la digestion anaérobie sont.....	42
Chapitre III Modélisation numérique de la digestion anaérobie.....	43
III.1. Introduction.....	43
III.2. Modélisation de processus biologiques.....	43
III.3. Modèles de la digestion anaérobie.....	44
III.3.1. Modèle ADM1.....	44

III.3.2.Modèle AM2	45
III.3.3.Description du modèle proposé.....	47
III.3.2.1.Implémentation des processus biochimique.....	47
a) Cinétique.....	48
b) Disparition de la biomasse.....	48
c) Modèles des termes d'inhibitions.....	48
d) Hypothèses et Bilans massiques du modèle.....	49
e) Définition des paramètres et des variables utilisés ainsi que leurs unités.....	53
III.3.3. La méthode de résolution.....	55
CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	58
IV.1. Introduction	58
IV.2. Variations des différentes espèces produites ou consommées en fonction du temps	58
IV.3. L'effet du pH sur la cinétique des différentes espèces	59
IV.4. L'effet de l'azote ammoniacal sur la cinétique des différentes espèces.....	60
IV.5. Influence des différents paramètres cinétiques sur les espèces produites ou consommées durant le déroulement du processus de la digestion anaérobie.....	63
IV.5.1 Influence des concentrations d'hydrolyse K	63
IV.5.2. Influence de la constante K_{mh} sur la concentration des espèces	65
IV.5.3. Influence de la constante K_{mv} sur la concentration des espèces	65
IV.5.4. Influence de la constante K_{sh} sur la concentration des espèces	69
IV.5.5. Influence de la constante K_{sv} sur la concentration des espèces	69
IV.5.6. Influence de la constante Y_h sur la concentration des espèces	72
IV.5.7. Influence de la constante Y_v sur la concentration des espèces	72
IV.5.8. Influence du taux de mortalité K_{dh} sur la concentration des espèces	75
IV.5.9. Influence du taux de mortalité K_{dv} sur la concentration des espèces.....	75

CONCLUSION GENERALE

Dans le contexte actuel de l'augmentation de la production de déchets, la digestion anaérobie et la valorisation du biogaz ainsi produit, apparaissent comme des solutions d'avenir pour le traitement des déchets dans un esprit de développement durable.

Dans cette étude l'intérêt est porté sur la modélisation de la transformation de la matière organique biodégradable dans les procédés de digestion anaérobie jusqu'à l'obtention du produit final qui est le biométhane (la concentration en matières organique initial (S_p), les produits d'hydrolyse (S_h), les acides gras a courte chaîne (S_v), la production en méthane (S_{CH_4}), la biomasse acidogène (X_h) et la biomasse méthanogène (X_v)). En effet, comme il a été mentionné auparavant, la simulation a considéré le déroulement du processus dans un digesteur fermé (batch) complètement agité. De plus l'inhibition au pH ainsi que celle due à la présence de l'azote ammoniacal ont été considérés. Concernant le pH, les résultats montrent le bon déroulement du processus pour une valeur du pH autour de la neutralité. Au de là de cette valeur l'effet devient négligeable. Par contre pour des valeurs de pH inférieures à la valeur optimale (neutralité), On remarque que ce dernier a un effet variable sur les différentes espèces.

Concernant l'azote ammoniacal, les résultats obtenus montrent que les cinétiques de production ou de consommation des différentes espèces sont très sensibles à la variation de la concentration de l'azote ammoniacal, ou chaque augmentation de ce dernier fait diminuer la concentration des différentes espèces à l'exception de la concentration des produits d'hydrolyse (S_h).

Comme mentionné auparavant, les constantes cinétiques des différentes espèces produites ou consommées durant le déroulement de la dégradation anaérobie ont une influence remarquable sur ces derniers.

Concernant la constante d'hydrolyse « K » il a été constaté que les cinétiques de production ou de consommation des différentes espèces citées précédemment sont très sensibles à la variation de la constante K. par contre les autres paramètres n'ont pas une influence significative.

En ce qui concerne l'influence de la constante qui décrit le taux spécifique maximal d'utilisation des produits d'hydrolyse (K_{mh}), L'augmentation cette dernière fait