

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

UNIVERSITE CONSTANTINE III
FACULTE DE GENIE DES PROCEDES PHARMACEUTIQUES



DEPARTEMENT DE GENIE DE L'ENVIRONNEMENT
MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME DE
MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Option : Génie de l'Environnement

Thème

*Modélisation de la production de
biohydrogène par fermentation anaérobie*

Dirigé par :

Dr. DERBAL kerroum

Réalisé par :

MEDJDOUB Said

BOUDECHICHE Zidane

Année universitaire 2012/2013

SOMMAIRE

NOMENCLATURE	I
LISTE DES FIGURE	II
LISTE DES TABLEAUX	III
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I. GENERALITE SUR LA PRODUCTION D'HYDROGENE	3
I.1 INTRODUCTION	3
I.2 Production d'hydrogène à partir d'hydrocarbures	4
I.2.1 Le vaporeformage	4
I.2.2 L'oxydation partielle	4
I.3 Production nucléaire d'hydrogène	5
I.4 Production d'hydrogène Biologique	5
I.4.1. Bio photolyse de l'eau par les algues et les cyanobactéries	8
I.4.2 Photo décomposition des composés organiques par les bactéries photosynthétique	9
I.4.3 Fermentation des composés organiques par les bactéries	9
I.4.4 Système hybride utilisant des bactéries photosynthétiques et des bactéries anaérobiques	10
I.5 Production Biologique De L'hydrogène En Algérie	10
I.6 Stockage d'Hydrogène	11
I.6.1 Le stockage haute pression	11
I.6.2 Le stockage basse pression	12
I.6.3 Conclusion	13
CHAPITRE II : TRANSFORMATION DE LA MATIER ORGANIQUE EN BIOGAZ	14
II.1 Historique de la digestion anaérobie	14
II.2 Principes généraux de la digestion anaérobie	14
II.3 Les différentes étapes de la digestion anaérobie	15

II.3.1 L'hydrolyse	16
II.3.2 L'acidogénèse	16
II.3.3 l'acétogénèse	17
II.3.3.1 Les bactéries productrices obligées d'hydrogène	17
II.3.3.2 Les bactéries acétogènes non syntrophes	18
II.3.4 La méthanogénèse	19
II.4 Les Avantages et les inconvénients d'hydrogène	19
II.4.1 Les Avantages	19
II.4.2 Les inconvénients	19
CHAPITRE III : MODELISATION NUMERIQUE DE LA DBIOHYDROGENE	20
III.1.Introduction	20
III.2.Modélisation de processus biologiques	20
III.3. Modèles de la digestion anaérobie	21
III.3.1. Modèle digestion anaérobie I (ADM1) en biohydrogène	21
III.3.2 modèle anaérobie II(AM2)	22
III.4 développement du modèle proposé	22
III.4.1 Positionnement Et But Du Modèle	22
III.4.2 matrice de Peterson	23
III.4.3 Les unités des paramètres et des variables utilisées	24
III.4.4 .Implémentation des processus biochimique	25
A) Cinétique	25
B) Disparition de la biomasse	25
C) Modèles des termes d'inhibitions	26
III.5 La Construction Du Modèle	26
A) Equation Dans La Phase Liquide	26
1-Bilan massique par rapport au Sucre	27
2- Bilan massique par rapport a la biomasse	27

3- Bilan massique par rapport au butyrate	27
4- Bilan massique par rapport au propionate	27
5- Bilan massique par rapport a l'acétate	27
6- Bilan massique par rapport a l'hydrogène	27
III.3.4. La méthode de résolution	27
CHAPITRE IV :RESULTATS ET DISCUSSIONS	30
IV.1 Introduction	30
IV.2 Variations des différents composants en fonction du temps	31
IV.3 Influence des différents paramètres cinétiques sur la concentration des espèces	32
IV.3.1 Influence de Km sur la variation des concentrations des espèces dans le réacteur	32
IV.3.2 Influence de IpH sur la variation des concentrations des espèces dans le réacteur	33
IV.3.3 Influence de y1 sur la variation des concentrations des espèces dans le réacteur	35
IV.3.4 Influence de KS sur la variation des concentrations des espèces dans le digesteur	36
IV.3.5. Influence de Kd sur la variation des concentrations des espèces dans le digesteur	37
IV.3.6 Influence de f1 sur la variation des concentrations des espèces dans le digesteur	39
IV.3.7 Influence de f2 sur la variation des concentrations des espèces dans le digesteur	40
IV.3.8 Influence de F3 sur la variation des concentrations des espèces dans le digesteur	41
IV.3.9 Influence de F4 sur la variation des concentrations des espèces dans le réacteur	42
IV.3.10 Influence de f5, f6, f7 Sur la Production d'hydrogène	44
CONCLUSION GENERALE	45
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	47

CONCLUSION GENERALE

Cette étude est portée sur la modélisation de la production du biohydrogène par fermentation anaérobie d'un substrat soluble qui est dans notre cas le sucre. Le processus de la fermentation est réalisé dans un réacteur (fermé) complètement agité sans retour.

Après la présentation du processus de la fermentation globale avec les différentes étapes qu'il renferme et du processus de la production du biohydrogène, un schéma global qui représente ce dernier procédé a été présenté. En se basant sur ce dernier schéma des bilans massiques concernant toutes les espèces produites ou consommées (dans le digesteur) ont été élaborées en se basant sur des hypothèses simplificatrices. Parmi les espèces considérées dans le modèle on a le substrat principale qui est le sucre (S_1), la biomasse (X), le butyrate (S_2), le Propionate (S_3), l'acétate (S_4), l'hydrogène (S_5).

Par la suite une étude concernant l'influence des différents paramètres cinétiques (K_m , I_{pH} , y_1 , K_S , K_d , f_1 , f_2 , f_3 , f_4 , f_5 , f_6 , f_7) a été faite. Et cela sur toutes espèces considérées dans le réacteur.

D'après les résultats de la simulation obtenus, on a constaté que la constante cinétique K_m a une influence remarquable et variable sur la variation de la concentration des différentes espèces considérées de même que pour le facteur d'inhibition I_{pH} .

Concernant la constante y_1 (taux de conversion d'hydrogène à partir du sucre), on remarque que cette dernière à une influence remarquable sur les différentes espèces produites ou consommées citées précédemment mais à partir d'une certaine valeur de temps de séjour (170 heures).

Si on revient sur la constante de demi-saturation (K_S), on constate quelle a une influence sur les espèces citées précédemment pour un temps compris entre 80 et 230 heures où chaque augmentation de K_S fait diminuer la cinétique de production de l'acétate, propionate butyrate et l'hydrogène. De même pour le substrat principal S_1 où la chaque augmentation de K_S fait diminuer la cinétique de dégradation de S_1 .

La constante K_d influe légèrement la cinétique d'évolution de la concentration de toutes les espèces citées précédemment à part la concentration de la biomasse où l'influence était remarquable, où l'augmentation de K_d fait diminuer la cinétique de production de la biomasse.

Concernant les constantes f_1 , f_2 , f_3 et f_4 , on remarque qu'elles n'ont pas une influence remarquable sur les espèces les espèces citées précédemment, mais elles ont un effet sur la variation de la concentration de : butyrate, propionate, l'acétate et l'hydrogène successivement.

Concernant les constantes f_5 , f_6 , et f_7 , on constate que l'augmentation de ces derniers n'a aucune influence sur la cinétique l'évolution de la concentration d'hydrogène à des temps de séjour inférieur à 200 heures mais elle peut être considérable à partir de 200 heures. Mais lors de la simulation de l'effet individuel de facteur, on constate que l'effet principal est lié au facteur de conversion de butyrate en hydrogène. Ce résultat confirme ce qui a été supposé lors de l'élaboration du modèle : (la conversion des trois acides en hydrogène est négligeable

Enfin l'étude de l'influence des paramètres cités précédemment sur le procédé de production d'hydrogène aide à l'optimisation et au bon fonctionnement du processus, mais il reste toujours le champ ouvert aux améliorations, à titre d'exemple l'étude de la composition du substrat ainsi que sa nature et aussi la considération de d'autres étapes et paramètres cinétiques dans le modèle considéré pour se rapproché plus du cas réel.