

Etude de l'évolution physico-chimique et organique d'un fermenteur anaérobie d'ordures ménagères / J. Aoun, N. Wakim. — Extrait de : Annales de recherche scientifique. — n° 1 (1998), pp. 323-333.

Bibliographie. Figures.

I. Déchets industriels — Centres de traitement. II. Digestion anaérobie. III. Déchets — Elimination — Liban. IV. Biogaz.

Wakim, N.

PER L1049 / FA56156P

## **ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE ET ORGANIQUE D'UN FERMENTEUR ANAÉROBIE D'ORDURES MÉNAGÈRES**

J. AOUN  
N. WAKIM

### **ABSTRACT**

The methanation of the urban wastes constitutes a treatment and a valorisation technique which has three advantages: reduction of environmental harmful effects, production of biogas, and obtaining of fertilizing value.

In this study, a bibliographical study on household wastes with the related treatment, in general, has been exposed. Afterwards, a verification on the procedure of anaerobic digestion has been worked out.

The sequence of the experimentation has been realized:

In the chemistry laboratories of the Lebanese University at Fanar where, the reactor of fermentation containing the selected and ground household rubbish issued from the factory of wastes treatment at Quarantaine, has been deposited, at the laboratories of the Agronomic Research Institute of Lebanon IRAL and at the laboratories of the Faculty of Agronomic Sciences at USEK.

The essential target of the work is the control of various parameters for the moving off of a fermentation pilot in a discontinuous way. The obtained results constitute a first step towards other experimentations to be performed in this field.

A moderated difference in temperature, a neutral pH, an automatic agitation, a well balanced AGV/TAC relation, form the major parameters which are to be controlled, in addition to the good selection and the grinding of the used household rubbish.

The mechanical agitation, the heterogeneity of wastes, and the excessive AGV production contribute to the inhibition of the methanogenesis process.

The obtained product is humid, mature, and rich in organic materials. After valorization, it may be used as an organic improvement for the soils poor in organic materials.

*Key Works:* Domestic refuse, Anaerobic digestion.  
Methanization. Heavy metals.  
Compost. Agronomic evaluation.

## RÉSUMÉ

La méthanisation des ordures ménagères est une technique de traitement et de valorisation à trois avantages: réduction des nuisances environnementales, production de biogaz et obtention d'une valeur fertilisante.

Dans cette étude, une étude bibliographique sur les ordures ménagères et leur traitement en général a été exposée. Une vérification spéciale sur le procédé de la méthanisation a été élaborée.

Le déroulement de l'expérimentation a été réalisé aux laboratoires de chimie à l'Université Libanaise à Fanar. Le réacteur de fermentation contenant les ordures ménagères triées et broyées provenant de l'usine de traitement des déchets à la Quarantaine, est déposé, aux laboratoires de l'Institut de Recherche Agronomique du Liban IRAL et aux laboratoires de la Faculté des Sciences Agronomiques à l'USEK.

L'objectif primordial du travail est le contrôle des différents paramètres pour le démarrage d'un pilote de fermentation en discontinu.

Les résultats obtenus ne sont qu'un premier pas vers d'autres expériences à effectuer dans ce domaine.

Une température à plage mésophile, un pH neutre, une agitation automatique, un rapport AGV/TAC bien équilibré, sont les paramètres principaux à contrôler, ajoutés au bon tri et broyage des ordures ménagères utilisées.

L'agitation mécanique, l'hétérogénéité des ordures et la production excessive d'AGV contribuent à l'inhibition du processus de la méthanogénèse.

Le digestat obtenu est humide, mature et riche en matières organiques. Après valorisation il peut être utilisé comme amendement organique aux sols appauvris en matières organiques.

*Mots clés:* Ordures ménagères. Digestion anaerobic. Méthanisation. Compost, Métaux lourds. Valorisation agricole.

## INTRODUCTION

La quantité des ordures ménagères (O. M.) augmente avec la croissance démographique et la progression du niveau de consommation. Au Liban, elle est estimée à 1,2 Kg/jour/habitant (AOUN, 1994, C.P., 1990). La composition de ces déchets ménagers, estimé par la FAO en 1994 est de:

≈ 55-65% Matières putrescibles  
≈ 3-6% Métaux et matières plastiques.

Cette croissance de la production des O.M. intervient avec une absence de système de traitement et d'élimination, une mauvaise gestion des O.M., et la présence de plusieurs décharges sauvages au Liban qui sont néfastes à l'environnement, et le cadre de vie de l'homme.

D'autre part, 95% des sols libanais sont pauvres en M.O. (FAO, 1994) qui sont nécessaires pour l'équilibre édaphique du sol du point de vue physique, chimique et biologique.

L'ensemble de ces problèmes et l'importation des sources d'énergie extérieures (DESAINT, 1993, c.l. 1990, MOUTON *et al.*, 1985) qui sont onéreuses incitera à trouver de nouveaux procédés biotechnologiques autre que l'incinération ou la pyrolyse, la mise en décharge et la fermentation aérobie, telle la fermentation anaérobie.

La fermentation anaérobie est un procédé biotechnologique de stabilisation de la M.O., appelé méthanisation, présente un triple objectif.

1- Réduction des nuisances environnementales, protection de l'être dans son cadre de vie;

2- Production d'un biogaz riche en méthane (CH<sub>4</sub>), valorisé pour des fins énergétiques.

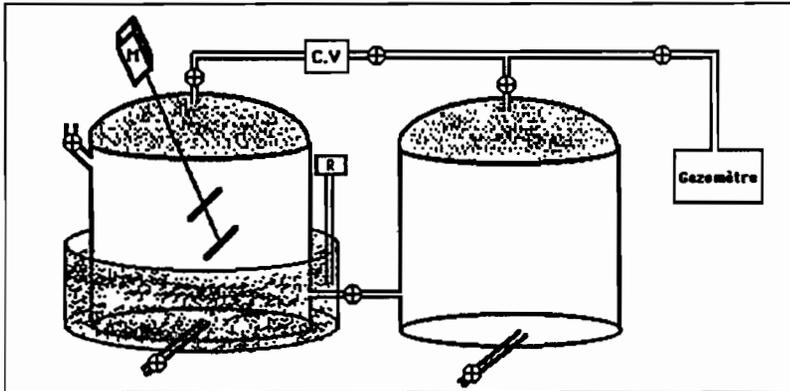
3- Production d'un amendement organique mature indispensable aux sols pauvres en M.O..

L'expérience effectuée a pour but le contrôle des différents paramètres de fonctionnement d'un réacteur en discontinu afin d'obtenir une production optimale de méthane, du digestat dans des conditions satisfaisantes pour l'environnement.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Pilote de méthanisation*

La méthanisation des ordures ménagères est effectuée dans un réacteur-fermenteur représentée par la figure suivante (fig. 1).



⊕ : Vanne / Robinet

M : Moteur / Agitateur

R : Résistance

C.V: Compteur volumétrique du gaz

Fig.1. Pilote de méthanisation des ordures ménagères

### *Réacteur*

Ce réacteur est constitué par les éléments suivants:

- Un fermenteur en fer galvanisé cylindrique de capacité 59L.
- Un bain-marie porté à 37°C par une résistance qui y plonge contenant de l'eau, couverte par des pièces en polyester qui assurent l'isolation thermique.
- Un digesteur secondaire qui joue le rôle d'un décanteur qui sera utilisé ultérieurement pour la poursuite de l'expérience.
- Des tubes de connections.

- Un gazomètre.
- Un mélangeur mécanique.
- Une ouverture pour la prise d'échantillon, et une autre pour l'alimentation, ...

En effet, le réacteur est alimenté par 25Kg d'ordures ménagères broyées, provenant de l'usine de traitement des déchets ménagers de la Quarantaine.

#### *Paramètres de suivi de fonctionnement du réacteur*

Les paramètres de suivi de fonctionnement du réacteur sont les suivants: pH, Taux alcalimétrique complet (TAC), M. Organique (M.O), (acides gras volatils) (AGV), réduction du biogaz et enfin la valorisation du digestat.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le suivi de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des ordures ménagères au cours de la méthanisation nous a permis de mettre en évidence les points suivants:

#### *Température*

La production du biogaz dépend directement de la température, une plage mésophile a été assurée, puisque la température variant entre 25 et 37°C est nécessaire pour l'obtention d'une production optimale de méthane, tandis que des températures thermophiles augmentent les vitesses des réactions et favorisent la production du CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O au lieu du méthane.

#### *pH*

Le pH a une importance primordiale pour l'accomplissement de la phase méthanogène, car une diminution du pH, donc une augmentation des AGV, inhibe ce processus.

Normalement, le pH diminue avec l'évolution de la fermentation de la M.O., surtout lors des deux premières phases. Le pH est maintenu entre 6 et 7 durant l'expérimentation. Il est équilibré avec de la chaux éteinte qui joue le rôle d'un tampon en augmentant l'acidité du milieu par la formation du CaCO<sub>3</sub> soluble selon la valeur du pH.

## AGV

Les acides gras volatils sont produits lors de l'acidogénèse donc, ils évoluent avec la fermentation de la M.O.. Lors de l'acétogénèse, les AGV dégagés se dégradent en  $H_2$  et acétate qui donnent le méthane lors de la méthanogénèse.

La figure 2 montre l'évolution de l'AGV en fonction du temps.

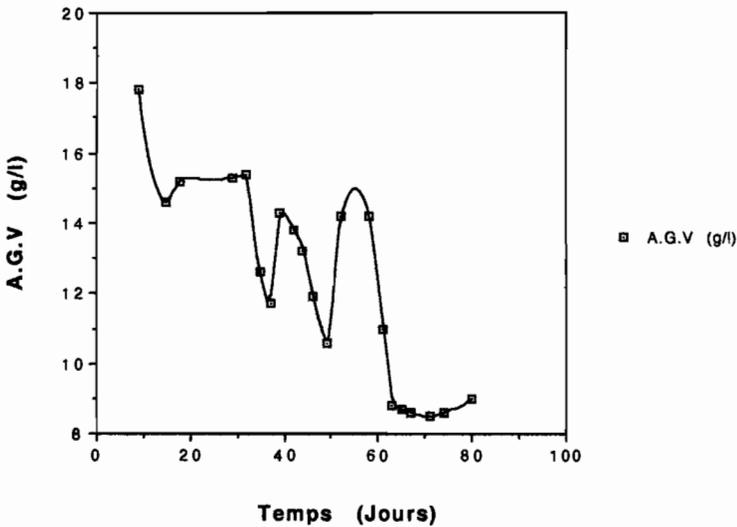


Fig. 2. Courbe de l'évolution des AGV au cours du temps

## Rapport AGV/TAC

La moyenne des valeurs du rapport est 0.812, cette valeur est supérieure à 0.2, qui est la valeur moyenne des matières solubles facilement biodégradables, tandis que les ordures ménagères (O.M) sont hétérogènes.

De plus, les échantillons pris n'ont pas été centrifugés et c'est la valeur des AGV globale qui est déterminée.

## Evolution de la matière organique (M.O)

L'évolution de la matière organique au cours du temps est un critère de la transformation de la fraction fermentescible des matières organiques totales. Cette fraction est susceptible de fournir des acides gras volatiles (A.G.V) qui par la suite produisent le biogaz riche en méthane ( $CH_4$ ).

Les résultats obtenus montrent que la biodégradation des matières organiques est intense. Ceci traduit l'existence d'une activité satisfaisante qui tend à stabiliser les matières organiques bioséparables présents dans les ordures ménagères.

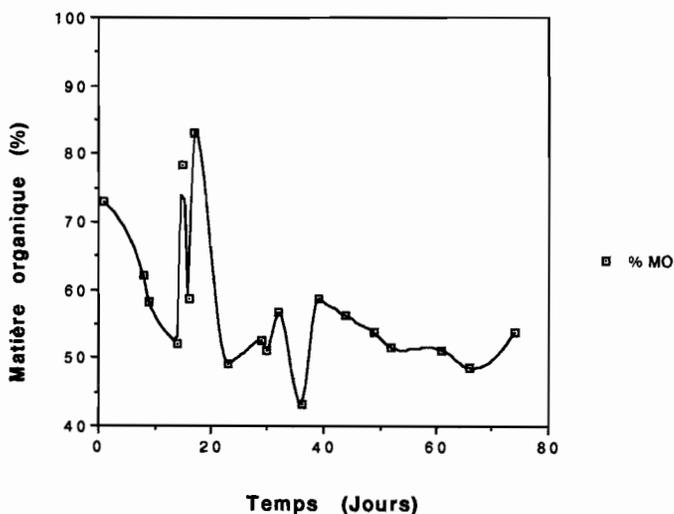


Fig. 3. Courbe de la variation des Matières organiques en fonction du temps

En réalité la teneur en M.O. dépend de la composition des ordures ménagères et surtout de l'hétérogénéité des échantillons qui peuvent parfois contenir des matières plastiques aux dépens d'autres échantillons d'où la fluctuation des valeurs obtenues.

#### *Évolution de la production du biogaz*

La production du biogaz a débuté 15 jours après le démarrage du pilote, donc nous pouvons dire que la phase méthanogénèse a débuté le 15<sup>e</sup> jour.

Elle s'est ensuite poursuivie lentement jusqu'au 32<sup>e</sup> jour pour être ensuite inhibée.

La production du biogaz augmente avec la diminution des AGV, ensuite elle diminue avec la dégradation du substrat utilisé.

Le profil d'évolution de biogaz produit au cours du temps est illustré dans la figure 4.

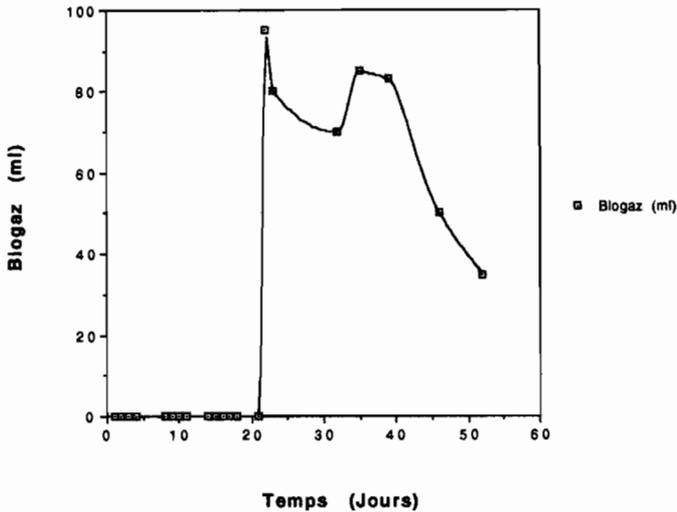


Fig. 4. Courbe de l'évolution du biogaz en fonction du temps

L'inhibition est due à l'utilisation d'un système en production excessive d'AGV, et une agitation mécanique utilisée.

#### *Production du biogaz par rapport à la M.O.*

La production du biogaz par rapport à la M.O. est très faible. En principe seulement 50% de la M.O. putrescible est convertie en biogaz, de plus la fraction organique des O.M. n'est pas entièrement fermentescible.

L'hétérogénéité des déchets utilisés qui contiennent une grande proportion de M.O. non biodégradable, d'après la valeur du  $DBO_5 = 1g$  et du carbone organique total (C.O.T)=24.6g/l, ce qui explique la faible production du biogaz par rapport à la M.O..

#### *Évolution des métaux lourds au cours de la méthanisation*

L'évolution du processus de méthanisation est accompagnée par une diminution de la teneur des métaux lourds. Ainsi, la biodégradation de la matière organique entraîne la lixiviation des métaux lourds susceptibles d'être solubilisés par le phénomène d'exudation des ordures ménagères en voie de fermentation. Le phénomène de lixiviation se trouve aussi accentué par l'addition de la chaux pour corriger le pH de la masse des ordures en fermentation.

### Qualité du digestat

Le digestat obtenu est riche en matière organique stabilisée par la fermentation. Ce digestat est facilement utilisable comme amendement organique pour les sols appauvris en humus.

La qualité du digestat obtenu est illustrée dans le tableau suivant:

	Digestat	Norme française
pH	6.9	7 à pH
% MS	83.50	
% MO de la MS	42	> 20
C total en g/l	24.6	< 40
Azote total en mg/g	1450	< 2 (% M.S.)
DCO mg/l	46000	
DBO <sub>5</sub> mg/l	1080	
En ppm: Cu	50	800
Zn	-	1000
Fe	1032.5	sans limite
Pb	0.6775	800
Cd	0.119	8
Hg	0.5	8

Une partie de cette matière organique est non biodégradable. Ainsi le digestat assure une source d'azote organique rapidement assimilable, un apport en éléments majeurs et en oligo-éléments.

### CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence les caractéristiques suivantes:

- La détermination des paramètres de fonctionnement nécessaires pour la production du biogaz:

\* Température comprise entre 35°C et 37°C

\* pH compris entre 6,8 et 7,2

\*  $\frac{AGV}{TAC} < 0,93$ .

- La production d'un digestat mature riche en M.O. nécessaire pour l'équilibre édaphique du sol qui contient 40% de M.O..

- La réduction de la teneur des métaux lourds dans le digestat.

- L'agitation mécanique manuelle, la production excessive d'AGV, et l'utilisation d'un système en discontinu inhibent le processus de la méthanisation, ceci se traduit par la formation d'une croûte à l'extrémité du réacteur.

Le travail effectué n'est qu'une première étape d'une étude plus large qui sera conduite dans différentes directions, afin d'aboutir à une bonne maîtrise de traitement des ordures ménagères et une meilleure gestion des déchets ménagers.

Une suite de cette étude serait envisageable par des améliorations qui doivent être apportées, soit au niveau de l'agitation, de l'humidification de la masse en fermentation, soit par un suivi de la qualité de biogaz produit. ainsi, l'étude entreprise devrait permettre de confirmer le triple objectif de ce procédé caractérisé par la dépollution, la valorisation agricole et la production de biogaz.

## BIBLIOGRAPHIE

AOUN, J., 1994, *Rapport, Contribution à l'élimination et au traitement des déchets ménagers*, p. 40.

CHAWAKITCHAREON, P., (C.P.), 1990, *Études descriptives de décharge de déchets et recherche de critères permettant d'estimer le potentiel méthanique des ordures ménagères et/ou d'orienter leur traitement*, Thèse de DEA de l'INSA, Toulouse, Université de Chulalongkorn, Bangkok, Thaïlande.

DESAINT J., 1993, Ordures ménagères, élimination et valorisation énergétique, in *La Technique moderne*, n°5-6-7, pp. 42-46.

FAO (Food and Agricultural Organization) *Utilization of composts consultants report rate*, April 13<sup>th</sup> 1994.

MOUTON, C., BECKELYNCK, J., ALBAGNAC, G. et DUBOURGUIER, H.C., 1985 Production et récupération de biogaz produit par les ordures ménagères enfouies en décharge, in *T.S.M.- L'Eau*, pp. 9, 391-404.