

## CHARACTERIZATIONS ENERGY AND ENVIRONMENTAL OF THE BIOMETHANATION PILOT APPLIED ON THE ANIMAL DROPPINGS

Y. M'Sadak\*, R. Zoghlami and S. Baraket

Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, Université de Sousse, Tunisie  
Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel

Received: 15 December 2012 / Accepted: 18 December 2012 / Published online: 31 December 2012

---

### ABSTRACT

This study interested in monitoring energy (quantitative and qualitative) and environmental performances at various pilot digesters of animal biomass.

Main results are:

The combined effect of the diet and the substrate on quantitative experimental productivity of gas is in favor of poultry digesters continuously fed. The biogas produced has better potential especially in industry. The environmental evaluation virtually shows a certain interest on the depollution for industrial digester.

**Keywords:** Animal biomass, pilot digester, gas quantitative productivity, gas composition, calorific value, depollution balance sheet.

### 1. INTRODUCTION

Devant la conjoncture aléatoire du prix de produits énergétiques et le souci de vaincre notamment la pollution locale et l'effet de serre, la recherche et le déploiement des nouvelles sources d'énergie ont été entrepris depuis longtemps [1, 2]. Ainsi, les énergies renouvelables suscitent un intérêt grandissant particulièrement celles issues de la biomasse, et surtout, le biogaz résultant de la biométhanisation des effluents [3,4 ; Chynoweth, 1996 cité par 5].

---

Author Correspondence, e-mail: [msadak.youssef@yahoo.fr](mailto:msadak.youssef@yahoo.fr)

[ICID: 1025916](#)

La fermentation méthanique est, aujourd'hui, la filière bioénergétique aux perspectives encourageantes [6]. En Tunisie, les technologies de biométhanisation sont relativement nouvelles [7]. Dans le secteur agricole, on parle de la filière de valorisation de déjections animales récupérées (Cas des digesteurs rural à Sidi Thabet et industriel à Hammam Sousse). La dégradation de la Matière Organique (MO) par voie anaérobie est de plus en plus admise comme méthode impérative d'une technologie avancée permettant la protection de l'environnement et la conservation des ressources [8,9]. Le fonctionnement efficace (potentialité énergétique, dépollution) de ce type de procédé est amplement déterminé par les exigences physico-chimiques du substrat mis en fermentation (pH, Matière Sèche: MS, ...). En vue du contrôle des conditions du milieu fermentaire pour une meilleure valorisation énergétique et environnementale du biogaz produit, cette étude se propose, comme objectif principal, le suivi et l'évaluation d'une part, de la productivité quantitative du biogaz produit à l'échelle expérimentale à partir des fientes de volailles (digesteurs I et II) et des déjections bovines (digesteurs III et IV), et d'autre part, de la productivité qualitative gazeuse (composition et pouvoir calorifique) au niveau de différents types de digesteurs pilotes mis en œuvre (expérimentaux, rural et industriel). En outre, elle vise l'évaluation des bilans de dépollution des biomasses animales traitées par biométhanisation sur les plans expérimental et réel, en termes de Matières En Suspension (MES) et de Demande Biologique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>).

## **2. MATERIEL ET METHODES**

### **Différents dispositifs expérimentaux**

#### **Digesteurs pilotes de laboratoire**

Le dispositif expérimental, installé au niveau du laboratoire « Biogaz » du Centre de Formation Professionnelle Agricole en Elevage Bovin (C.F.P.A.E.B.) de Sidi Thabet, est constitué de quatre digesteurs pilotes.

Les deux digesteurs I et II diffèrent uniquement par leurs concentrations en MS qui est de l'ordre de 6 % au niveau du premier et de 8 % dans le second. Le suivi de ces deux digesteurs expérimentaux a mis l'accent surtout sur l'effet de la variation du taux de MS des substrats traités par digestion anaérobie sur les productivités gazeuses quantitative et qualitative à partir de la biomasse avicole et sur la réduction de la charge polluante.

Les deux digesteurs expérimentaux III et IV diffèrent de point de vue paramètres physico-chimiques. Ils ont servi pour le suivi de la productivité quantitative gazeuse à partir de la

biomasse bovine. Le tableau 1 montre quelques données générales sur les deux digesteurs en question.

**Tableau 1.** Critères de différenciation entre les deux digesteurs III et IV

<b>Digesteur</b>	<b>Bouses utilisées</b>	<b>Température (°C)</b>	<b>Agitation</b>
<b>Expérimental III</b>	Fraîche et Noire	25	Sans
<b>Expérimental IV</b>	Fraîche	35	Avec

### **Digesteur pilote rural**

Il s'agit d'un digesteur pilote enterré, installé à la ferme rattachée au C.F.P.A.E.B. Ce digesteur rural est caractérisé par un faible investissement et une grande simplicité, puisqu'il est, en grande partie, auto-construit et n'utilisant pas d'appareillage sophistiqué.

### **Digesteur pilote industriel**

Il s'agit d'un digesteur pilote de forme cylindrique, aménagé dans une ferme avicole à Hammam Sousse depuis l'année 2000.

L'installation est conçue pour traiter quatre tonnes de déjections fraîches quotidiennement, représentant la production journalière d'un élevage avicole industriel autour de 20 000 poules pondeuses [7].

Le tableau 2 résume quelques caractéristiques relatives aux différents digesteurs suivis.

Les quantités de chaque matière première introduite dans les digesteurs considérés sont mentionnées dans le tableau 3.

**Tableau 2.** Récapitulatif des caractéristiques générales des digesteurs employés

Type de digesteur	Expérimental		Rural	Industriel	
	I et II	III et IV			
Nature de substrat	Substrat	Fientes avicoles	Bouse bovine fraiche	Bouse bovine fraiche	Fientes avicoles
	Inoculum	Bouse bovine noire	Bouse bovine noire	Bouse bovine noire	-
Capacité Digesteur		500 ml		6 m <sup>3</sup>	300 m <sup>3</sup>
Mode de digestion		En continu	En discontinu	En continu	En continu
MS (%)	Substrat	20,9	31,5	31,5	20,9
	Inoculum	4,0	9,4	9,4	-
pH	Substrat	8,7	6,5	6,5	8,7
	Inoculum	7,2	7,2	7,2	-

**Tableau 3.** Quantification des intrants

Type de digesteur	Substrat (l)	Inoculum (l)	Eau (l)
Expérimental I	0,12	0,15	0,23
Expérimental II	0,17	0,15	0,18
Expérimental III	0,60	0,30	0,18
Expérimental IV	0,10	-	0,20
Rural	2000 au départ + 50/j	1000	0 au départ + 25/j
Industriel	3,33 m <sup>3</sup>	-	6,66 m <sup>3</sup>

### Évaluation des performances énergétiques du biogaz

Le suivi quantitatif et qualitatif du biogaz produit constitue une étape indispensable pour une vraie caractérisation du Co-produit principal de la biométhanisation, en vue d'une valorisation énergétique optimale.

L'analyse quantitative (productions journalière et totale) a été faite au laboratoire « Biogaz » du C.F.P.A.E.B, alors que l'analyse qualitative a été réalisée au laboratoire d'Analyses de la Société Tunisienne des Industries de Raffinage (S.T.I.R.), localisée à Bizerte. Cette analyse

comprend une détermination de la composition du biogaz produit et de son pouvoir calorifique (PC).

Concernant la quantification, on a disposé d'un bac rempli d'eau dans lequel, on a disposé des béchers gradués pour récupérer le gaz produit (le gaz va chasser l'eau et prendre sa place, d'où, on peut lire directement la quantité produite à partir des graduations).

Le prélèvement de biogaz a été réalisé en faisant appel à un système simple basé sur des vessies de ballon.

Pour l'analyse de la composition gazeuse, on a eu recours à la technique de Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG). Cette technique est convenable pour les composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés par chauffage sans décomposition. Les composants déterminés par cette méthode sont les suivants : % Méthane (CH<sub>4</sub>), % Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), % Sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) et % Hydrogène (H<sub>2</sub>).

En outre, on s'est intéressé également au potentiel énergétique, en estimant la valeur du Pouvoir Calorifique Inférieur noté PCI.

Le PCI est l'énergie résultante de la combustion sans tenir compte de l'énergie consacrée à la vaporisation de l'eau. Cette énergie est calculée lorsque l'eau produite par la combustion reste à l'état de vapeur.

La valeur du Pouvoir Calorifique Supérieur noté PCS, est déduite à partir de la relation ci-après.

$$\text{PCS} = \text{PCI} + \text{Chaleur latente de vaporisation}$$

### **Évaluation des performances environnementales des digesteurs mis en œuvre**

Les paramètres environnementaux auxquels on s'est intéressé sont relatifs à la charge polluante (MES et DBO<sub>5</sub>) de la matière digérée provenant de différents digesteurs. Les analyses ont été effectuées au laboratoire « Biogaz » du C.F.P.A.E.B.

Pour les MES, elles correspondent à l'ensemble de particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée [10]. Leur détermination permet d'estimer la biomasse bactérienne dans le digesteur [11]. L'analyse repose sur le principe de quantifier toutes les matières pouvant être décantables après élimination de la majeure partie de l'eau par filtration et évaporation dans l'étuve à 105 °C.

Concernant la DBO<sub>5</sub>, ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en MO biodégradable d'une eau au cours des procédés d'autoépuration. Le principe de la mesure de

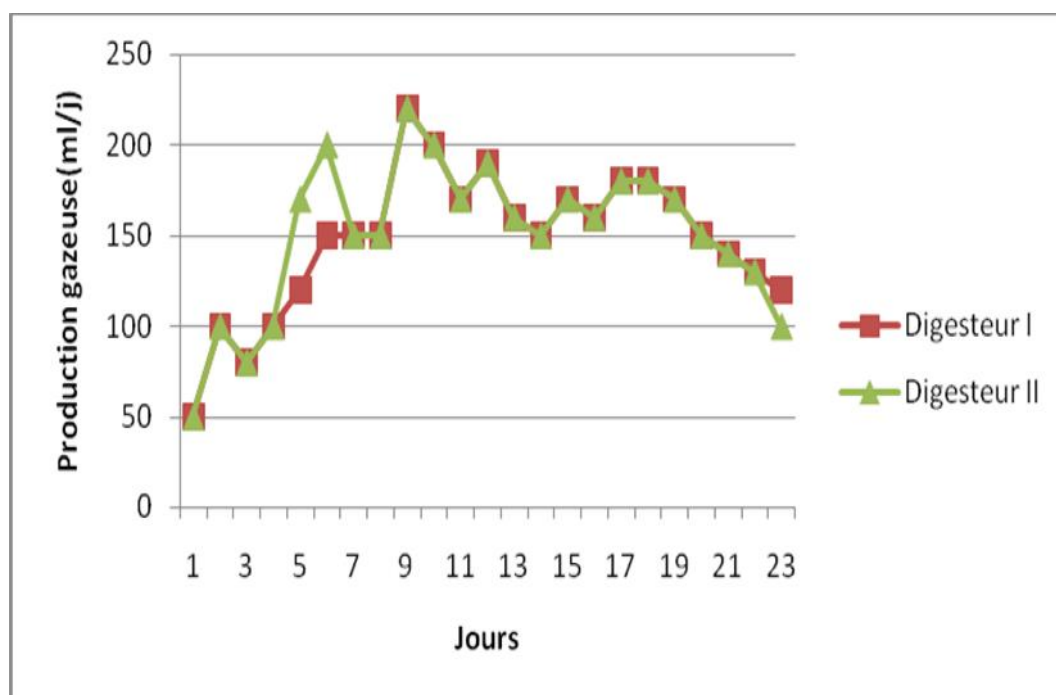
la DBO<sub>5</sub> repose sur la quantification de l'oxygène consommé après incubation de l'échantillon durant cinq jours.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### Résultats de l'évaluation quantitative de la productivité gazeuse

Dans les cas étudiés, quand on converse de productivité quantitative du biogaz produit à partir de la biomasse animale dans des digesteurs de laboratoire, il y a deux échelles différentes: Une grande échelle qui correspond à la productivité relevée pour le cas des fientes avicoles (Figure 1) et la deuxième plus petite correspondant au cas de bouses bovines (Figure 2). Ce qui permet de dire que la productivité du biogaz résulte du type de MO digérée et de la technologie d'alimentation (ou mode de digestion) du digesteur. Elle est plus élevée dans le cas de la biomasse avicole traitée dans un digesteur alimenté en continu.

La production journalière du biogaz avicole n'est pas constante. Elle a fluctué autour d'une valeur journalière moyenne, qui est de l'ordre de 142 ml pour le cas du digesteur I (6 % MS), et autour de 147 ml pour le cas du digesteur II (8 % MS).



**Fig.1.** Évolution du volume de biogaz produit au niveau des digesteurs I et II

Les résultats obtenus pour les deux digesteurs I et II sont conformes avec la bibliographie qui indique une augmentation de la production de biogaz avec l'accroissement de la concentration de MS [12]. Selon le même auteur, la concentration en MS des fientes de volailles dans un

digesteur ne doit pas dépasser 10%. Au-delà de cette valeur, la matière est dense et provoque rapidement l'arrêt de la fermentation méthanique.

La présence de divers pics pourrait être expliquée par l'existence des matières fraîches qui n'arrivent pas régulièrement au niveau des bactéries et leur évacuation qui se fait avant leur décomposition complète.

L'effet combiné considérable de la température et de l'agitation sur la productivité du biogaz bovin est plus remarquable que l'effet de l'ajout de l'inoculum, de point de vue rapidité et production quantitative.

A cet égard, notons que l'agitation permet de dégager les bulles de gaz à partir des couches profondes, de maintenir l'homogénéité de la température à différents niveaux et d'éviter la consolidation de la croûte à la surface du digesteur. Elle favorise, en plus, l'approvisionnement des bactéries en substances nutritives et leur transport au substrat frais, nouvellement introduit, d'où, une amélioration nette de la quantité produite.

En termes de productivité, le digesteur IV a présenté une production totale de l'ordre de 187 ml avec un pic de production journalière correspondant à 27 ml/j. Pour le cas du digesteur III, il a enregistré un total égal à 141 ml de biogaz produit avec un maximum de production journalière de l'ordre de 19 ml/j.

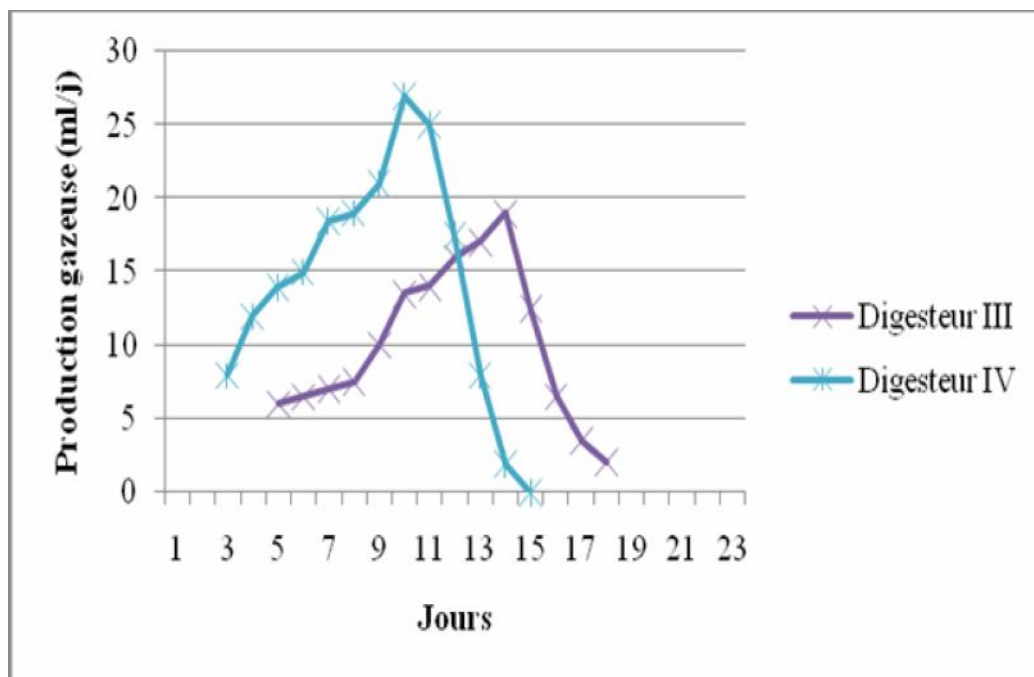


Fig.2. Évolution du volume de biogaz au niveau des digesteurs III et IV

### Résultats de l'évaluation qualitative de la productivité gazeuse

Le biogaz produit par le digesteur rural a subi un conditionnement (filtration, réduction de l'humidité, ...), de même, le biogaz industriel a subi un traitement par épuration en faisant appel à une désulfuration avec l'hématite de fer. L'épuration consiste à chasser non seulement les éléments traces comme la vapeur d'eau, l'hydrogène sulfuré et les composés halogénés, mais aussi le gaz carbonique, afin d'enrichir la concentration du biogaz en méthane.

Concernant le biogaz expérimental, aucun conditionnement n'a été mis en œuvre. Finalement, le suivi qualitatif s'est limité au biogaz produit au niveau des digesteurs expérimentaux I et II.

### Composition gazeuse

Les résultats des analyses relatives à la composition en éléments majeurs du biogaz produit par les digesteurs testés sont relatés dans le tableau 4.

**Tableau 4.** Expression des résultats de la composition du biogaz produit

Type de digesteur		CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S (%)	H <sub>2</sub> (%)
	<b>Expérimental I</b>	63,3	20,0	16,16	0,54
	<b>Expérimental II</b>	63,4	30,0	5,89	0,70
<b>Rural</b>	<b>Avant conditionnement</b>	58,1	40,9	Traces	Traces
	<b>Après conditionnement</b>	66,1	32,7	Traces	Traces
<b>Industriel</b>	<b>Avant épuration</b>	60,0	30,0	10,00	Traces
	<b>Après épuration</b>	75,0	25,0	0,00	Traces

La qualité du biogaz est évaluée essentiellement par le pourcentage de méthane (CH<sub>4</sub>) qu'il contient. Un biogaz est d'autant meilleur que son pourcentage en méthane est élevé [12].

Pour le cas des digesteurs expérimentaux, le % CH<sub>4</sub> produit généralement a été renforcé avec l'augmentation de la concentration en MS (en passant de 6 à 8 %), quoique, l'élévation est négligeable. Il convient de noter que la teneur en méthane est influencée également par d'autres paramètres non suivis (rapport C/N, ...). De même, le % CO<sub>2</sub> s'est élevé aussi avec l'augmentation de la concentration en MS. Ceci pourrait être expliqué par la dissolution de l'ammoniac sous forme d'ammoniaque, élevant ainsi la valeur du pH, alors qu'après post-traitement du biogaz rural et du biogaz industriel, le % de cet élément parvient à diminuer largement.



Le % H<sub>2</sub>S a diminué avec l'élévation de la concentration en MS dans les conditions expérimentales adoptées. Cependant, il convient de signaler que ce paramètre est généralement moins élevé que celui relevé. Dans l'état actuel, un tel taux engendre le phénomène de corrosion et l'épuration du biogaz produit s'avère fortement recommandée avant utilisation.

L'analyse des résultats de l'évaluation de la performance du post-traitement réalisé permet de dégager que le % CH<sub>4</sub> après conditionnement a augmenté de 8 % (cas du digesteur rural) et de 15 % (cas du digesteur industriel), ce qui donne respectivement des rendements d'épuration de 13,8 % et 25,0 %.

Les résultats obtenus montrent une certaine efficacité du post-traitement du biogaz assurant mieux une réduction en éléments polluants (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, ...) ainsi qu'une intensification en concentration du CH<sub>4</sub>.

### Pouvoir calorifique

Les résultats énergétiques correspondant à la mesure des PCI, et par la suite, à la détermination des PCS au niveau de différents digesteurs considérés, sont mentionnés dans le tableau 5.

**Tableau 5.** Résultats relatifs aux pouvoirs calorifiques

Type de digesteur		PCI (kcal/Nm <sup>3</sup> )	PCS (kcal/Nm <sup>3</sup> )
	<b>Expérimental I</b>	5394	6011
	<b>Expérimental II</b>	5429	6045
<b>Rural</b>	<b>Avant conditionnement</b>	4973	5532
	<b>Après conditionnement</b>	5210	5932
<b>Industriel</b>	<b>Avant épuration</b>	5110	5684
	<b>Après épuration</b>	6389	7106

On constate une légère augmentation des PCI et des PCS en fonction de la concentration en MS dans le cas des digesteurs expérimentaux I et II.

Toutes les valeurs calorifiques relevées sont conformes avec celles indiquées par Mozambe [13] qui proclame une fourchette comprise généralement entre 5000 et 8500 kcal/Nm<sup>3</sup>.

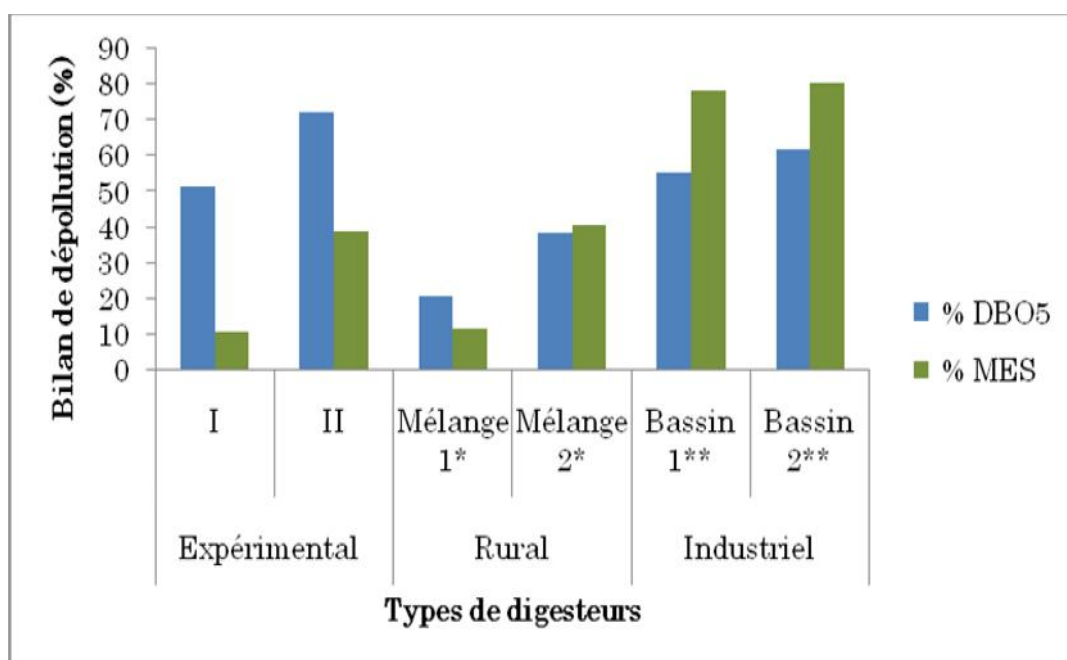
Après épuration, il y a une nette amélioration du pouvoir calorifique surtout dans le cas du digesteur industriel présentant un rendement égal à 25 %. On peut dire que le biogaz industriel produit dévoile des potentialités énergétiques valables avant et après épuration.

Le rendement d'épuration du digesteur rural est égal à 4,8 %. Ce faible rendement pourrait être expliqué par l'inefficacité du procédé de conditionnement mis en œuvre.

En définitive, il convient d'améliorer davantage le rendement d'épuration du biogaz pour atteindre le maximum théorique égal à 8500 kcal/Nm<sup>3</sup> [13].

### Établissement des bilans de dépollution

La figure 3 regroupe les résultats relatifs aux bilans de dépollution des MES et de la DBO<sub>5</sub> dans les différents types de digesteurs utilisés à l'exception des digesteurs expérimentaux III et IV non suivis sur le plan dépollution.



**Figure 3.** Variation du taux de dépollution à différents niveaux de production

(\*)Mélange 1 : Mélange initialement introduit    Mélange 2 : Mélange ultérieurement introduit

(\*\*)Bassin 1 : Bassin des fientes digérées    Bassin 2 : Bassin de décantation

A l'échelle expérimentale, la consistance des digesteurs en MS influe énormément sur les bilans de dépollution des MES et de la DBO<sub>5</sub>, qui augmentent avec l'élévation du taux de MS des substrats introduits. Cette observation est valable à condition que la concentration en MS ne dépasse pas 10 % [12], ce qui est confirmé par les résultats relevés pour le digesteur expérimental II à 8 % MS, qui présente des bilans de dépollution meilleurs que ceux obtenus

pour le cas du digesteur expérimental I enregistrant des bilans de dépollution non satisfaisants. Même les résultats relatifs aux bilans de dépollution du digesteur II méritent d'être améliorés, et en particulier, le % de réduction de la charge polluante des MES.

Pour le cas des digesteurs rural et industriel, les MES sont en baisse continue tout au long du cheminement du substrat au cours du processus de biométhanisation. A l'échelle rurale, et en allant du premier au second mélange, il y a une amélioration de la réduction de la charge polluante en MES évaluée à 29 % et qui pourrait être expliquée par une biodégradation intense de la MO.

Cette biodégradation est encore meilleure dans le cas du digesteur industriel dont la réduction est supérieure à 80 % des MES au niveau du bassin de décantation. Un tel résultat est largement dû au système de digestion pratiqué, à cellules fixées, faisant appel à 6000 briques de 12 disposées en superposition et qui permet une bonne rétention des bactéries méthanogènes à l'intérieur du digesteur. Ce système n'existe pas au niveau des digesteurs expérimentaux, où le renouvellement par alimentation-extraction réduit en partie la population méthanogène, d'où, le bilan de dépollution est amoindri dans le cas de la digestion expérimentale.

Concernant la  $DBO_5$ , le digesteur industriel présente des bilans de dépollution relativement satisfaisants et la réduction de la charge polluante dépasse 55 % dans les deux bassins. Les résultats obtenus sont plus élevés que ceux retenus pour le digesteur rural montrant des bilans de dépollution non satisfaisants pour les deux mélanges considérés.

#### 4. CONCLUSION

À la lumière des résultats obtenus lors de cette étude se rapportant à la valorisation énergétique (quantitative et qualitative) et environnementale (réduction de la charge polluante) du biogaz produit à partir de déjections animales (fientes avicoles et bouses bovines) digérées dans divers types de digesteurs pilotes (expérimentaux, rural et industriel), il ressort quelques constatations intéressantes, dans les conditions expérimentales considérées, pouvant être récapitulés comme suit.

- L'effet combiné du mode de digestion (en continu ou en discontinu) et de la nature du substrat (avicole ou bovin) sur les performances énergétiques quantitatives du biogaz expérimental produit. La productivité gazeuse est plus élevée dans le cas des digesteurs alimentés en continu avec les fientes avicoles.

- L'effet de la concentration en MS aussi bien sur les performances énergétiques qualitatives (composition gazeuse et pouvoir calorifique) du biogaz expérimental produit et sur la réduction de la charge polluante de point de vue MES et DBO<sub>5</sub>. Cette observation est valable à condition que la concentration en MS ne dépasse pas 10 %, ce qui est confirmé par les résultats relevés pour le digesteur expérimental II (8 % MS) présentant les bilans de dépollution les plus significatifs, tant pour les MES (38,8 %) que pour la DBO<sub>5</sub> (72,1 %).
- Le post-traitement du biogaz rural ou industriel permet d'augmenter davantage les potentialités sur les plans % Méthane et PCI de 25 % dans le cas du digesteur industriel.
- L'évaluation des performances environnementales à l'échelle réelle montre un intérêt certain sur les plans réduction des MES et de la DBO<sub>5</sub> en faveur du digesteur industriel. Les bilans de dépollution obtenus sont faibles à relativement faibles pour le cas du digesteur rural, mais relativement satisfaisants à satisfaisants pour le cas du digesteur industriel.

## 5. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement tous les organismes impliqués dans ce travail, qui n'a été possible que grâce à la participation de la Société Avicole Frères Mhiri localisée à Hammam Sousse et du Centre de Formation Professionnelle Agricole en Élevage Bovin (C.F.P.A.E.B.) de Sidi Thabet, qui ont mis à leur disposition respectivement le digesteur industriel, le digesteur rural et le laboratoire «Biogaz» avec ses digesteurs expérimentaux. Il en est de même pour la Société Tunisienne des Industries de Raffinage (S.T.I.R.) de Bizerte, qui a contribué à la réalisation des analyses qualitatives du biogaz produit.

## 6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Béline F. et Gac A. - La méthanisation : un moyen de valoriser la matière organique des déjections animales et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. SINFOTECH – Les fiches Savoir-faire, CEMAGREF, France, 2007.
- [2] Amand G., Bonnouvrier A., Chevalier D., Dezat E., Nicolas C. et Ponchant P. - Les consommations d'énergie dans les bâtiments avicoles. Quelques repères sur les consommations d'énergie et propositions de pistes d'amélioration. ITAVI, France, 2008.
- [3] Fuchs J. - Effets de composts et de digestats sur l'environnement, sur la fertilité du sol et sur la santé des plantes. Revue UFA, 2008, 44-45. *Institut de Recherche en Agriculture Biologique (FiBL), Belgique.*

- [4] Schievano A., D'Imporzano G. and Adani F. - Substituting energy crops with organic wastes and agro-industrial residues for biogas production. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90 (8), 2537-2541.
- [5] Guendouz J., Buffière P., Cacho J., Carrère M. and Delgenes J.P. - Dry anaerobic digestion in batch mode: Design and operation of a laboratory-scale, completely mixed reactor. *Waste Management*, 2010, 30, 1768-1771.
- [6] Schievano A., Pognani M., D'Imporzano G and Adani F. - Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a full-scale biogas plant using chemical and biological parameters. *Bioresource Technology*, 2008, 8112-8117.
- [7] ALCOR et AXENNE - Étude stratégique pour le développement des énergies en Tunisie. Bilan des réalisations et Rapport final. *ANER*, Tunisie, 2003.
- [8] Satyanarayana Sh. Murkutea P., Ramakant X. Biogas production enhancement by Brassica compestries amendment in cattle dung digesters. *Biomass and Bioenergy*, 2008, 32, 210-215.
- [9] Karagiannidis A. et Perkoulidis G. A multi-criteria ranking of different technologies for the anaerobic digestion for energy recovery of the organic fraction of municipal solid wastes. *Bioresource Technology*, 2009, 100, 2355-2360.
- [10] Ramade F. - Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Édisciens internationale, Paris, France, 1993.
- [11] Moletta R. - Contrôle et conduite des digesteurs anaérobies. *Revue des Sciences de l'eau*, 1989, 265-293.
- [12] Akrouf, J. - Étude énergétique de la fermentation méthanique des fientes de volailles : optimisation des facteurs influant et modélisation du système. Thèse doctorale. *École Nationale des Ingénieurs de Tunis (E.N.I.T.)*, Tunisie, 1992.
- [13] Mozambe M. - La problématique de la biométhanisation en République Démocratique du Congo. *Université du Québec*, Canada, 2002.

**How to cite this article**

M'Sadak Y, Zoghlami R and Baraket S. Characterizations energy and environmental of the biomethanation pilot applied on the animal droppings. *J Fundam Appl Sci.* 2012, 4(2), 210-222.