

**SEMINAIRE NATIONAL SUR LA GESTION
INTEGREE DES DECHETS**

ENSET D'Oran

29 et 30 Mai 2007

**Articles sélectionnés par le comité
scientifique du séminaire pour
publication**

VALORISATION DES DECHETS DE CAMELIN EN VUE DE LA PRODUCTION DE BIOENERGIE

K. Hadri, M. Khelafi,
URER/MS Adrar Route de Reggane B.P 478 Adrar 01000
Tél. : (049) 96/81/68 Fax : (049) 96/04/92
Email: hadri_kamel@univ-bordj.dz

Résumé:

Les Procédés de méthanisation en vue de la production de biogaz, sont connus depuis plus d'un siècle. Au fil du temps l'utilisation de ce procédé s'est développée passant d'un méthaniseur artisanal à un digesteur industriel.

La ville d'Adrar se situe au sud ouest de l'ALGERIE et dispose d'un gisement solaire important. La disponibilité de cette source énergétique gratuite et son exploitation comme source d'énergie calorifique pour faire fonctionner le digesteur est très opportune.

Dans ce travail nous avons réalisé et étudié un digesteur de type Batch d'une capacité de 11l dont le couvercle joue le rôle de capteur solaire, servant à pourvoir le digesteur en énergie calorifique nécessaire pour maintenir une température favorable à la méthanisation.

Le substrat utilisé est constitué de déjection de camelin avec un taux de dilution de 90%.

Les températures mesurées à l'intérieur du digesteur; durant une période de trois mois, allant du mois d'avril au mois de juin; sont à 90% dans un intervalle de 25 à 45 °C, favorisant ainsi une production significative et accrue de biogaz.

Mots clés: Déchets de camelin, méthanisation, biogaz, capteur solaire, digesteur, température.

Abstract:

Methanisation processes and biogas production, are known since more than one century. With the wire of time the use of this process has been developed from an artisanal methanisor to an industrial digester.

The city of Adrar is located at the western south of ALGERIA and has a significant solar layer. The availability of this free energy source led us to exploit it as a calorific source of energy to make a better function of the digester.

In this work we realized and studied a Batch type digester of 11l capacity whose lid plays the role of a solar collector, being used to supply our digester by calorific energy necessary to maintain a favorable temperature to methanisation process.

The substrate used is constituted by camels dungs, diluted at a rate of 90%.

The temperatures collected inside the digester; during a three months period from April to June; are 90% in the interval of 25 to 45 °C, thus supporting a significant biogas production.

1. Introduction :

La méthanisation contribue efficacement à la sauvegarde de l'environnement par la valorisation des déchets de nature organique (déchets d'abattoir, eaux usées, ordures ménagères) pour donner naissance à un combustible à haute valeur énergétique et de ce fait elle permet de réduire le recourt aux énergies fossiles.

Selon le mode d'alimentation, les digesteurs sont classés en deux type : digesteur batch

(semi- continu) et digesteur continu [1]. Le digesteur batch ou discontinu a l'avantage d'être d'une construction simple. Le mode opératoire consiste à remplir le digesteur avec les substances organiques et laisser digérer, le temps de rétention étant fonction de la température et d'autres facteurs.

Dans ce projet on s'intéresse à la valorisation des déchets organiques en exploitant l'énergie solaire (énergie renouvelable) pour faire chauffer notre digesteur.

2. Matériel et méthodes:

2.1. Description du digesteur:

Le digesteur est composé de deux parties essentielle, un capteur solaire qui sert en même temps comme couvercle et d'un bac pour la digestion du substrat, voir schémas si dessous. Le métal utilisé pour le capteur et le bac est de l'acier galvanisé, le bac de digestion est composé d'une double paroi séparée l'une de l'autre par un isolant à savoir le polystyrène.

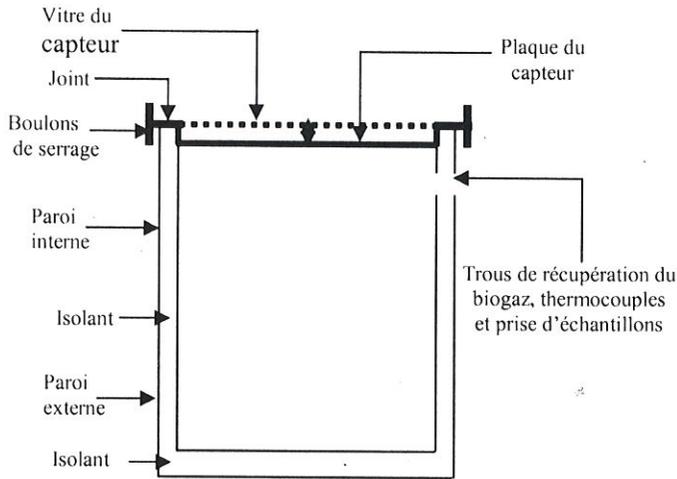


Figure n°1 : schéma descriptif du digesteur solaire

2.2. Théorie et Bilan thermique :[2][3][4]

Avant la réalisation de ce prototype une étude théorique assimilatrice d'un capteur solaire a été réalisée en collaboration avec l'équipe de distillation solaire de la division dont le but est de déterminer la surface du capteur solaire optimale pour avoir la température souhaitée à l'intérieur de notre digesteur

Le long de cette étude, on considère par hypothèse que :

- Les températures de la vitre, du substrat et de la plaque sont uniformes.
- On néglige la chaleur emmagasinée sauf pour le substrat.
- On assimile le substrat à l'eau.

A partir delà, on a établi le bilan énergétique au niveau de chaque élément pris à part :

- Au niveau de la vitre:

$$hr_{p-v} A_0(T_p - T_v) + hc_{p-v} A_0(T_p - T_v) = hr_{v-ciel} A_0(T_v - T_c) + hc_{v-a} A_0(T_v - T_a) \quad (1)$$

Avec:

- hr_{p-v} : Coefficient d'échange radiatif entre la plaque et la vitre
- A_0 : Surface de la plaque du capteur
- T_p : Température de la plaque
- T_v : Température de la vitre
- hc_{p-v} : Coefficient d'échange convectif entre la plaque et la vitre
- hr_{v-ciel} : Coefficient d'échange radiatif entre la vitre et le ciel
- T_c : Température du ciel (voute celeste)
- T_a : Température ambiante
- hc_{v-a} : Coefficient d'échange convectif entre la vitre et l'ambiance.

- Au niveau de la plaque:

$$\tau_v \cdot \alpha_p \cdot G \cdot A_0 = hr_{p-v} A_0(T_p - T_v) + hc_{p-v} A_0(T_p - T_v) + hp A_0(T_p - T_{sub}) \quad (2)$$

$$\frac{1}{h_p} = \frac{e}{K_{ac}} + \frac{1}{\frac{K_{air}}{L_{vid}} + hr_{p-sub} + hc_{p-sub}} \quad (3)$$

Avec :

- τ_v : Coefficient de transmissivité de la vitre
- α_p : Coefficient d'absorption de la plaque
- G : éclairage solaire
- T_{sub} : Température du substrat
- h_p : Coefficient de perte global
- e : Epaisseur de la plaque
- K_{ac} : Coefficient de la conductivité thermique de la plaque
- K_{air} : Coefficient de la conductivité thermique de l'air
- L_{vid} : Hauteur séparant la surface du substrat et la plaque du capteur

- Au niveau du substrat :

$$M_{sub} C_p \frac{dt_{sub}}{dt} = h_p A_0 (T_p - T_{sub}) - h_{perte} A_0 (T_{sub} - T_a) \quad (4)$$

$$h_{perte} = \frac{K_{isolant}}{e_{is}} + \frac{K_{isolant} S_l}{e_{is} A_0} \quad (5)$$

Avec :

- M_{sub} : Masse du substrat
- C_p : Capacité calorifique de l'eau
- h_{perte} : Coefficient de perte global du substrat

K_{isolant} : Coefficient de conductivité thermique de l'isolant

e_{is} : Epaisseur de l'isolant

S_1 : Surface latérale du bac en contact avec le substrat

L'étude théorique nous a montré que la surface optimale du capteur est de 40 cm^2 , les figures 2 et 3 présentent les résultats de cette étude. Ces résultats nous ont permis d'avoir une idée sur la gamme théorique de la température à l'intérieur du digesteur.

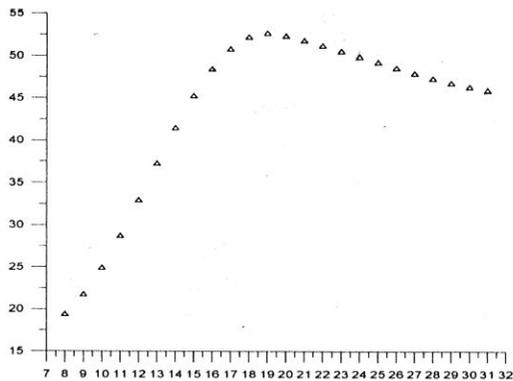


Figure n°2 : Variation de la température théorique du substrat au cours d'une journée estivale, surface du capteur = 40 cm^2

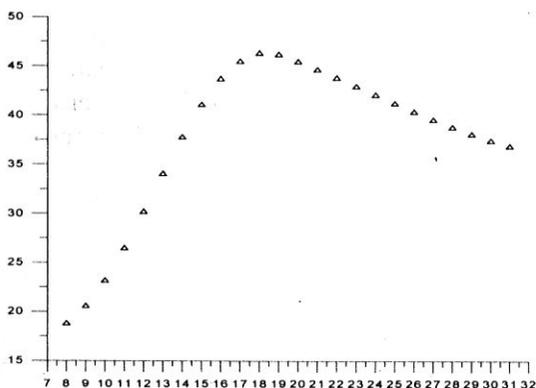


Figure n°3 : Variation de la température théorique du substrat au cours d'une journée vernale, surface du capteur = 40 cm^2

Selon la littérature la gamme de température pour une méthanisation optimale est de 30 à $45 \text{ }^\circ\text{C}$ [5]. D'après l'étude théorique la température à l'intérieur de notre digesteur sera très proche de l'intervalle de température pour lequel on aura une meilleure méthanisation.

3. Partie expérimentale :

L'étude expérimentale consiste à faire remplir le digesteur par un substrat biodégradable (*déchets de camelin*) avec un faible taux de dilution (90%) et de mesurer les températures au niveau du capteur ainsi qu'à l'intérieur du digesteur. Ces mesures sont assurées par des thermocouples de type K et sont enregistrées par une acquisition de données de type Hydra Fluke. La figure suivante montre le digesteur durant son fonctionnement.

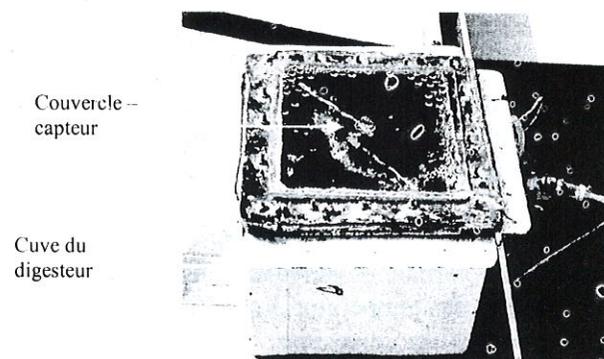


Photo n°1 : Digesteur solaire type Batch sans couvert

4. Résultats et discussions

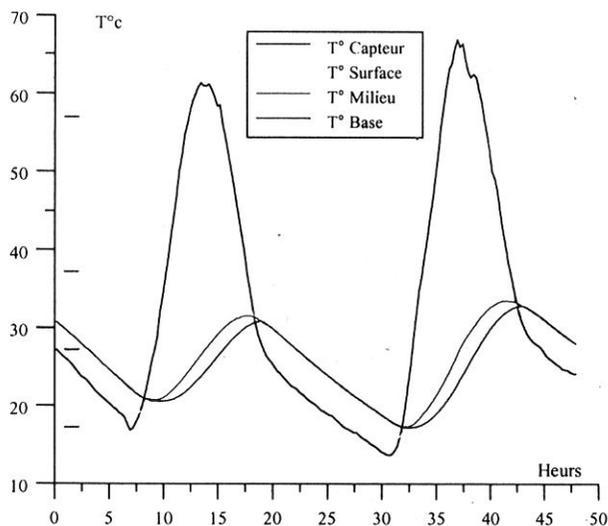


Figure n°4 : Variation de la température du substrat au cours des journées du 17 et 18 juin 2006 (sans couvercle)

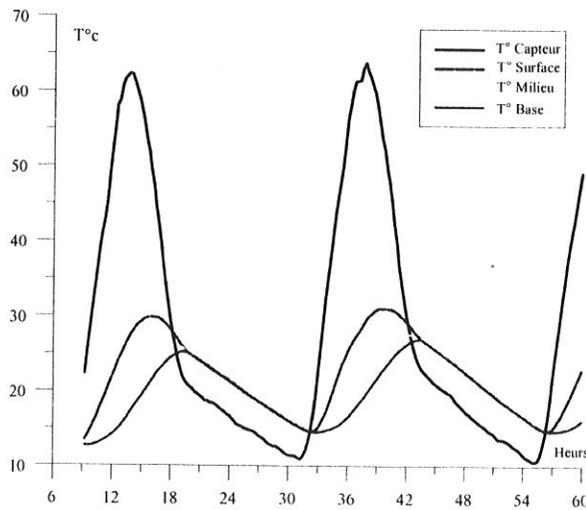


Figure n°5: Variation de la température du substrat au cours des journées du 24 et 25 avril 2006 (sans couvercle)

Au cours de la digestion mise en œuvre en périodes vernale et estivale, nous avons suivi la variation des températures à différents niveaux à l'intérieur du digesteur. Ces résultats sont représentés par les figures 4 et 5.

Ces figures nous montrent que la température au milieu du digesteur varie entre 20 et 35 °C. Sachant que l'intervalle de température pour une production optimale de biogaz est compris entre 30 et 45 °C, nous avons opté à l'utilisation d'un couvercle pour la diminution des pertes de température durant la phase nocturne . (Photo n°2).

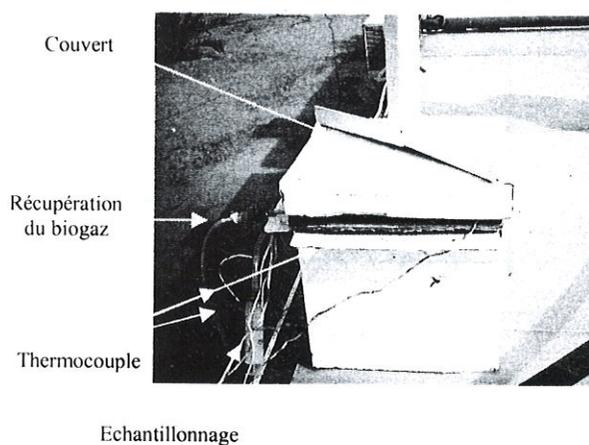


Photo n°2 Digesteur solaire de type Batch avec couvercle

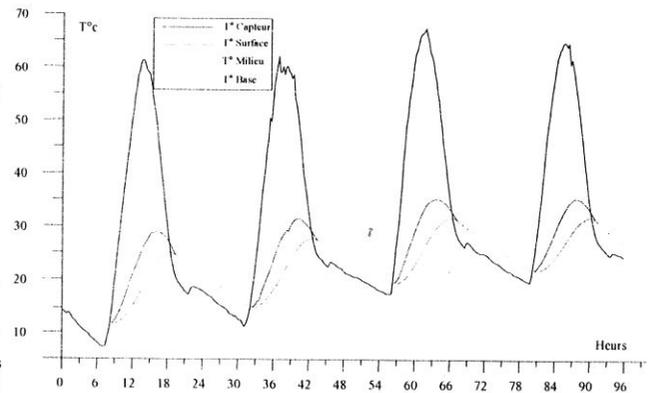


Figure n°6: Variation de la Température du substrat au cours des journées du 25, 26, 27 et 28 juin 2006 (avec couvercle)

L'utilisation du couvert pendant la nuit nous a permis d'avoir un intervalle de températures meilleur que celui sans couvert, la diminution de la température engendre une diminution du rendement, ce qui est confirmé par la courbe représentée par la Figure 6, qui présente le minimum de température qui augmente au fur et à mesure du temps.

5. Conclusion

Les résultats attendus par ce travail étaient d'atteindre un intervalle de températures variant entre 30 et 45 °C. Avec le digesteur réalisé nous avons obtenue durant les périodes vernale et estivale un intervalle de températures très proche de celui projeté.

Durant ces périodes nous avons enregistré des températures inférieures à 20°C au cours de la nuit influant négativement sur le processus de méthanisation.

L'utilisation du couvercle pour le capteur s'est avérée nécessaire pendant la phase nocturne afin d'éviter la diminution de la température au dessous de 25°C.

Références bibliographiques :

- [1]. Bergere S., Meifren I., Couturier C.; (France)
« *la digestion anaérobie des boues urbaines* »
(solagro 2001).
- [2]. Holmon J. P.; « *Heat Transfer* »,
8ème éditions Mc Graw-Hill Newyork ; 1997.
- [3]. J. A. Duffie , W. A. Beckman « *Solar
Engineering of Thermal Processes* », 2ème
édition ; Newyork, 1991.
- [4].C. Couturier, L. Galtier « *Etat des
connaissances sur le devenir des germes
pathogènes et des micropolluants au cours de la
méthanisation des déchets et sous produits
organiques* »; Solagro, 1998.
- [5]. A. yettou, R. Miri, I. Tou, C.D.E.R (Algérie)
« *Etude expérimental d'un digesteur de
production de biogaz alimenté en énergie par un
chauffe-eau solaire* », 2006.