

PN-AAK-943 6880217

ON-MICROFILM



028060

MINISTERE DU DEVELOPEMENT INDUSTRIEL
ET DU TOURISME

DIRECTION NATIONALE DE L'HYDRAULIQUE
ET DE L'ENERGIE

LABORATOIRE DE L'ENERGIE SOLAIRE

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple - Un but - Une foi

== REALISATION ET TEST D'UN DIGESTEUR EXPERIMENTAL ==
Construction & testing of an experimental digester

Par

N'TO . . . E IAKRA
CHEICKNA TRAORE

DIGESTEUR EXPERIMENTAL DE 0,5 M³ A 1.M³

INTRODUCTION

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de l'Energie Solaire dans la période Décembre 1980 - Janvier 1981. Il s'agit d'un modèle Indien expérimental légèrement modifié dont la réalisation constitue une première étape en vue de mettre à la disposition du Laboratoire cette technologie vieille de plusieurs décennies.

L'étude que nous proposons est donc technologique et sa réalisation devra aboutir dans un proche avenir, à la détermination des conditions optimales de construction de digesteurs au Mali. Le modèle expérimental comporte trois parties :

- La cuve de fermentation
- Le réservoir à gaz (Gas Holder)
- Les conduits

I. LA CUVE DE FERMENTATION

I.1. Généralités

C'est la partie du système qui reçoit le mélange eau-matière organique (bouse d'animaux, déchets végétaux etc...)

Sa qualité essentielle est sa capacité de retenir l'eau stockée ou celle issue des infiltrations et d'être robuste.

Ceci impose un choix judicieux des matériaux de construction qui répondent à la fois aux critères techniques ci-dessus et au critère économique.

I.2. Caractéristiques Techniques (Voir plans)

L'approche économique et technique a abouti à la définition des matériaux de construction utilisés et à la détermination des dimensions optimales.

Cylindrique, la cuve de fermentation présente les dimensions suivantes :

Diamètre Intérieur : 130 Cm

Hauteur Utile : 210Cm

Le diamètre intérieur de la couronne circulaire servant de support du "Gas Holder" lorsque celui-ci est en position basse : 110Cm.

Épaisseur des parois : 10Cm.

Épaisseur de la Chape : 15 Cm

Nature de la Maçonnerie : Béton armé dosé à près de 500Kg/m³

Les armatures sont composées de fer rond de 8 et de 6 mm assemblés en mailles régulièrement espacées de 10 Cm.

I.3 Accessoires de la Cuve de Fermentation (Voir plans)

Il comprennent les dispositifs en maçonnerie simple pour :

- l'alimentation
- la sortie

Ceux-ci communiquent avec la cuve par l'intermédiaire de conduits en PVC de 100 mm de diamètre. Il convient de préciser cependant que pour l'alimentation, la conduite débouche dans la cuve à une hauteur se situant à 50 Cm du fond. Cette alimentation, munie d'un réservoir occupe une position plus haute que le plan d'ouverture de la cuve.

Pour la sortie, le niveau supérieur du réservoir se situe évidemment dans une position plus basse que celle de la cuve. Cette disposition a donc pour effet un drainage facile du compost.

Guidage du "Gas Holder"

Pour résoudre les problèmes liés au centrage, un tuyau galvanisé de diamètre 20/27 présentant une certaine flexibilité est scellé au fond de la cuve. Sa longueur est de 2 m environ.

I.4. Étanchéité

Dans les conditions normales de réalisation du béton surtout quand celui-ci doit remplir une certaine fonction d'étanchéité, on utilise un vibreur. A défaut d'un tel équipement, nous avons joué sur le dosage. Cela ne nous a pas réussi. Néanmoins, le problème d'infiltration prononcée a pu être circonscrit grâce à un badigeonnage à base de ciment. La solution eau-ciment a donné des résultats palpables.

Il suffit de badigeonner en effet les parois par couches successives qu'il faut soigneusement exécuter : les couches de badigeon sont tenues humides pendant 3 jours, ou éviter en tous cas un séchage rapide.

II. "LE GAS HOLDER"

II.1. Caractéristiques Techniques

Il se présente sous la forme d'une cloche cylindrique dans l'axe duquel est passé un tuyau galvanisé de 33/42.

Sur le dôme du "Gas Holder" un manchon de 20/27 a été soudé; il sert au passage des conduites de gaz.

En relation avec les dimensions de la cuve, celles du gas holder ont été déterminées de façon optimale. Elles sont les suivantes :

Diamètre : 120 Cm

Hauteur : 100 Cm.

Matériaux Utilisés : Tôles noires de 2 mm d'épaisseur, longueur : 2 m, largeur : 1 m.

II.2. Accessoires (schéma 2)

Les accessoires comprennent :

- La conduite de gaz
- Le collecteur distributeur

La conduite principale comporte deux vannes dont une de sécurité; elle comprend une partie en tuyau plastique qui confère au gas holder une certaine liberté de mouvement dans deux directions.

Le collecteur-distributeur a été réalisé pour permettre la distribution du gaz produit vers les différentes utilisations (2 lampes, 2 foyers) c'est à dire les récepteurs dont les alimentations sont commandées par un système de quatre vannes de 20/27.

Le collecteur dans sa partie intérieure, comporte un bouchon qui permet de vidanger le condensat issu de la combustion des gaz.

La mesure de la pression des gaz a été rendue possible grâce à un venturi sur lequel est monté un manomètre.

III. ESSAIS

Le premier essai a été effectué sur un échantillon de bouse prélevé du dépôt de l'abattoir frigorifique de Bamako qui procède à un abattage quotidien de divers animaux : boeufs, moutons et porcs en nombre très limité.

Puisque d'après les informations recueillies à l'abattoir, le nombre de boeufs abattus est de loin supérieur aux autres espèces, on pourra admettre que l'engrais utilisé est essentiellement constitué de bouse de vaches et de moutons; il contient probablement du sang qui d'après certains auteurs, a une certaine influence sur la digestion méthanique.

On s'est alors fixé un dosage volumique de 8% puisqu'on admet en général un dosage de 1 à 10% de bouse.

III.1. Dosage

L'échantillon de bouse fraîche ainsi défini a séjourné pendant 48 heures dans des fûts ; par ailleurs nous avons fait l'hypothèse suivante :

La bouse contient 70% d'eau.

Cette hypothèse mise en relation avec le dosage volumétrique que l'on s'est fixé au départ, nous donne un seau de bouse fraîche pour trois seaux d'eau.

Ainsi le remplissage de la cuve est à terme avec les quantités suivantes :

36 seaux de bouse

08 seaux d'eau

III.2. Alimentation

La détermination approximative de la proportion eau-bouse tenant compte des instruments disponibles à l'époque, a permis d'utiliser avec efficacité le malaxeur du réservoir d'alimentation.

Mode opératoire

Un volume de bouse est déposé dans le réservoir, le tuyau d'alimentation se bouche. On ajoute un volume d'eau puis un deuxième et l'on malaxe jusqu'à l'obtention d'un mélange assez homogène. On débouche la conduite, puis on ajoute un troisième volume d'eau pour renvoyer au fond de la cuve la bouse restante et ainsi de suite. C'est dans ces conditions que la première alimentation a été effectuée le 17 Janvier 1981 à 13 heures.

IV. RESULTATS OBTENUS

IV.1. Production de Gaz

Le mélange ainsi préparé a séjourné dans la cuve pendant douze jours avant que les premiers signes de gaz n'apparaissent.

Il se pourrait qu'en réalité le temps indiqué de façon grossière soit bien plus court. En effet, la méthode de contrôle à l'époque consistait à ouvrir une vanne pour constater l'existence de gaz dans la conduite principale.

A partir du 18e jour, le gas holder se soulevait de quelques Cm par jour pour atteindre une hauteur maximale de 55 Cm par jour.

Ce dernier résultat peut comporter également des erreurs d'appréciation dans la mesure où à cette hauteur, des bulles de gaz étaient perceptibles dans la cuve. Ceci implique une production supérieure à celle annoncée.

Par la suite, un manomètre à colonne d'eau a été monté sur le collecteur pour apprécier plus ou moins correctement la pression.

La pression maximale observée a été de 25 Cm d'eau, soit dans ces conditions une production journalière de l'ordre de 1 m^3 de gaz sous une pression relative de $2,46 \times 10^{-2}$ bar.

On retiendra que ces résultats ne prennent pas en compte les fuites signalées plus haut pour l'intervalle de 24 heures.

IV.2. Combustion des gaz

Disposant d'un brûleur importé d'Inde, il a été procédé à la combustion du gaz produit pendant 1 h 45 et la hauteur du gaz sous cloche était de 39 Cm.

Comme l'utilisation d'un tel brûleur pose contraintes propres à toute importation (surtout d'aussi loin), il a été développé au Labo, un brûleur simple, réalisé à partir d'un tuyau de cuivre de 8 mm de diamètre : il est constitué d'une partie en spirale (partie brûleur) et d'une tige.

- Le brûleur présente un diamètre moyen de 125 mm et comporte des orifices de 2 mm environ et régulièrement espacés de 20 mm environ.

- La tige sert de conduite où vient se brancher l'arrivée du gaz du collecteur. Avec un tel brûleur, le gaz a brûlé parfaitement pendant plus de deux heures. Le dispositif peu coûteux comporte cependant des imperfections que l'on peut corriger comme nous le verrons plus loin.

IV.3. Problèmes rencontrés et Projets Futurs

Dans le cadre d'une reproduction d'un modèle en béton ou tout autre modèle nécessitant un coffrage, l'accent a été sur la possibilité de le démonter en vue de sa réutilisation dans d'autres constructions.

Ceci suppose qu'il soit robuste et résistant dans le temps.

Nous avons construit un modèle en trois éléments, mais l'expérience a prouvé que le coffrage devra avoir une toute autre allure ou tout au moins se composer de quatre pièces.

Le système de guidage réalisé s'est avéré flexible certes, mais peu rigide pour encaisser le déséquilibre que produit la conduite principale montée sur le gaz holder. Ce déséquilibre fait pencher la cloche d'un côté accentuant ainsi les fuites de gaz entre le mélange et le bord inférieur de la cloche.

Pour remédier à cette situation, on peut envisager un guidage plus robuste en utilisant par exemple des tuyau de diamètres supérieurs à ceux indiqués. S'agissant du brûleur, son amélioration pourrait se faire en perçant les orifices de telle sorte que leurs diamètres seront décroissants à partir du centre de la spirale, de cette façon, les jets de gaz seront partout uniformes et partant les flammes.

V. EVALUATION DE L'ENERGIE PRODUITE

En assimilant le gaz produit à un gaz parfait (en réalité nous avons un mélange de méthane, de gaz sulfurique et de vapeur d'eau en quantité variable), on peut calculer approximativement la masse de gaz produit dans les conditions normales de température et de pression.

La densité du méthane étant de l'ordre de 0,55, il vient : $M = a_0 \times 0,55 \times V_0 \frac{P}{P_0} \frac{T}{T_0}$
puisque $T = T_0$, il reste $M = 0,715 \times V_0 \frac{P}{P_0}$

$$P = P_0 + 2,46 \times 10^{-2} \text{ bar.}$$

On trouve $M = 1 \text{ Kg.}$

Sachant que une mole de méthane (CH_4) par combustion complète 340 Kcal, on aura pour notre cas environ 29.000 Kcal en vingt heures, soit 1450 Kcal/h.

Cette valeur correspond à une puissance d'environ 1,3 Kw. En termes simples, le brûleur a la même capacité d'un réchaud électrique de 1,3 Kw. Cette valeur nous permettra moyennant quelques hypothèses, de dégager un calcul économique sommaire que nous verrons en Annexe.

CONCLUSION

La présente étude s'articule sur la technologie des digesteurs et l'accent a été mis sur la recherche d'une méthode de réalisation simple et reproductible, l'objectif étant bien entendu la maîtrise d'un procédé parmi tant d'autres.

Le point de départ de l'étude a été les différentes réalisations et informations recueillies de par le monde et plus particulièrement en Inde.

Il s'agit en fait d'un modèle Gobar que le Laboratoire a légèrement modifié. Notre innovation réside dans le fait que le support du "Gas Holder" est une couronne circulaire (anneau) réalisé dans le même corps que les parois de la cuve de fermentation

et que le guidage se trouve simplifié.

Les résultats acquis sont concluants; il rest bien entendu à pousser davantage les tests d'une part et surtout des études poussées des matériaux locaux de construction.

6

A N N E X E

Etude Economique

Cette analyse du moins, consistera à déterminer les différents coûts et moyennant quelques hypothèses, nous dégagerons le coût de production du Kwh de l'énergie produite, car il faut le souligner, l'étude économique d'un modèle expérimental à des fins de laboratoire quel qu'il soit est mal aisée

1. Matériaux de Construction

Les matériaux rentrant dans la construction du digesteur sont de deux catégories :

- Ceux fabriqués localement ou partiellement.
- Ceux entièrement importés (produits finis)

a) Matériaux Locaux (coût 1980 en Francs Maliens)

Désignation	Quantité	Prix Unitaire	Montant
Ciment	1 Tonne	100.000	100.000
Sable	1 Voyage	12.000	12.000
Tuyau PCV de 100 mm	1 Longueur	14.800	14.800
		T O T A L	126.800

b) Matériaux Importés, Coûts 1980 en FM

Désignation	Quantité	Prix Unitaire	Montant
Tôle de 2 mm	4	16.000	64.000
Tuyau Galvanisé de 20/27	2 longueurs	8.500	17.000
Tuyau Galvanisé de 33/42	2 m	2.530	5.060
Tuyau Plastique	4 m	495	1.980
Vanne 20/27	2	4.000	8.000
Vanne de 15/21	2	2.600	5.200
Té 20/27	1	880	880
Réducteur 15/20	2	600	1.200
Manchon de 20/27	2	750	1.500
Fer Rond de 8 mm	8	2.500	20.000
Fer Rond de 6 mm	8	1.500	12.000
Bois de Coffrage			35.000
		T O T A L	170.120

Conclusion : La part des matériaux importés est supérieure à ceux du Mali, près de 100 Dollars US (1980).

2 °) Main d'oeuvre :

Le travail a été réalisé entièrement par la main d'oeuvre locale.

Désignation	Montant
Maçon	10.000
Menuisier	10.000
Ouvriers	60.000
T O T A L	80,000

3°) Transport et Manutention

Cette rubrique est difficile à évaluer puisque le Laboratoire l'a effectué, on peut l'estimer à 10.000FM

4°) Autras Services

Dans les conditions normales de réalisation, on peut estimer à 110.000FM pour divers frais d'ingénierie.

Conclusion, le coût total est de 486,920FM

5°) Coût d'Exploitation

On peut estimer à 75.000FM les coûts annuels d'exploitation.

6°) Coût du Kwh d'Energie Produite sur une Période de 10 ans

En admettant un arrêt total de 10 jours par an pour diverses raisons (reparation, vidange etc...) et en supposant que la moyenne journalière est de 1 m³ on a : 15F/Kwh.