

P.N. AAX-941 6880217
51450

ON MICROFILM

XVII-cc-3(Frc)

028052

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL
ET DU TOURISME

DIRECTION NATIONALE DE L'HYDRAULIQUE
ET DE L'ÉNERGIE

LABORATOIRE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

REPUBLIQUE DU MALI
Un Peuple - Un But - Une Foi

11 RAPPORT SUR LE DIGESTEUR "GOBAR" :
1ere ET 2eme SERIES DE TESTS. 11

Report on the "GOBAR" digester:
1st & 2nd series of tests

Famata Ag Hantafaye
Yaya Sidibé
André Longmire
Cheickna Traoré
Modibo Dicko
Terence Hart

Bamako, Mars 1982.

1. INTRODUCTION

La satisfaction des besoins en énergie des pays en voie de développement repose pour une grande part sur l'utilisation d'une biomasse renouvelable. En utilisant les procédés de pyrolyse et de gazéification hydrogénante, il est difficile de rendre au sol les éléments nutritifs se trouvant dans les résidus. Le caractère inutilisable de ces résidus poserait aussi le problème de leur évacuation.

Bien au contraire la digestion anaérobie peut prendre une charge humide et les effluents qui en résultent sont un bon engrais directement applicable aux sols et ne posent aucun problème d'évacuation.

C'est dans le but d'introduire à grande échelle cette utilisation de la biomasse dans notre pays que le Laboratoire de l'Énergie Solaire présente cette étude.

2. DESCRIPTION DU SYSTEME

Le digesteur en expérimentation est de type Indien "Gobar". Il se compose d'une cuve en béton de 3 m³ de volume et d'un gazomètre métallique de 1 m³ de volume glissant dans une tige centrale. (Voir Schéma N°1). Pour des informations plus détaillées sur la construction du système se référer au rapport sur la construction de ce digesteur. Voir référence [A_7]

Le système de fonctionnement est continu

3. TESTS

3.1. Méthode d'Instrumentation.

Les appareils de mesure utilisés sont les suivants :

- des thermocouples (Cr/Al)
- un polycontrôle avec un calibrage intérieur
- un manomètre en U à eau gradué jusqu'à 36 In. (91,44 Cm)
- un Ph-mètre avec une solution buffer pour le calibrage de l'appareil.
A l'aide de cette solution et d'un ajustateur on met l'aiguille du Ph-mètre à la position du Ph neutre (7)
- deux balances : une allant de 0 à 500g et l'autre jusqu'à 140 Kg
- un mètre

Les thermocouples sont placés dans différentes parties du digesteur pour mesurer la température. (Voir Schéma N°2).

Le manomètre à eau permet d'avoir la pression absolue dans le gazomètre.

3.2. Methode de Tests

Pour estimer la performance du système, plusieurs séries de tests ont été faites. Le premier test consiste en la détermination de la quantité d'eau se trouvant dans la matière organique à fermenter. La matière utilisée dans toutes les séries de tests est la bouse de vache. Un échantillon de la bouse est séché dans une étuve électrique à 100°C jusqu'à ce que son poids devienne constant. Le rapport de la différence des poids de l'échantillon frais et de l'échantillon sec et du poids de l'échantillon frais nous donne le pourcentage en eau de la bouse. Sachant le pourcentage d'eau dans la bouse, on a procédé au chargement du digesteur avec la proportion (90% d'eau pour 10% de bouse sèche par poids) indiquée meilleure dans la littérature.

Les températures dans les différentes parties de la solution (T₁, T₂, T₃, T₄) du biogaz dans le gazomètres (T₅) et sur le gazomètre (T₆) aussi bien que la pression absolue du biogaz, le Ph de la solution, la hauteur du gazomètre (cloche) et le niveau de la solution (liquide) sont mesurés et portés sur une fiche de relevés sous la forme suivante :

Température	Date : _____	Heure : _____
T ₁ : _____ °C	Hauteur de la Cloche : _____ Cm	
T ₂ : _____ °C	Niveau du Liquide : _____ Cm	
T ₃ : _____ °C	Pression du Gaz : _____ Inches	
T ₄ : _____ °C	Ph de la Solution : _____	
T ₅ : _____ °C	Volume du Biogaz : _____ m ³	
T ₆ : _____ °C		
T _a : _____ °C		

Au moment de la production maximale du biogaz, les relevés se font deux fois par 24 heures. Après chaque relevé, le gazomètre est vidé. Cette procédure nous est imposée par le manque de débitmètre à gaz.

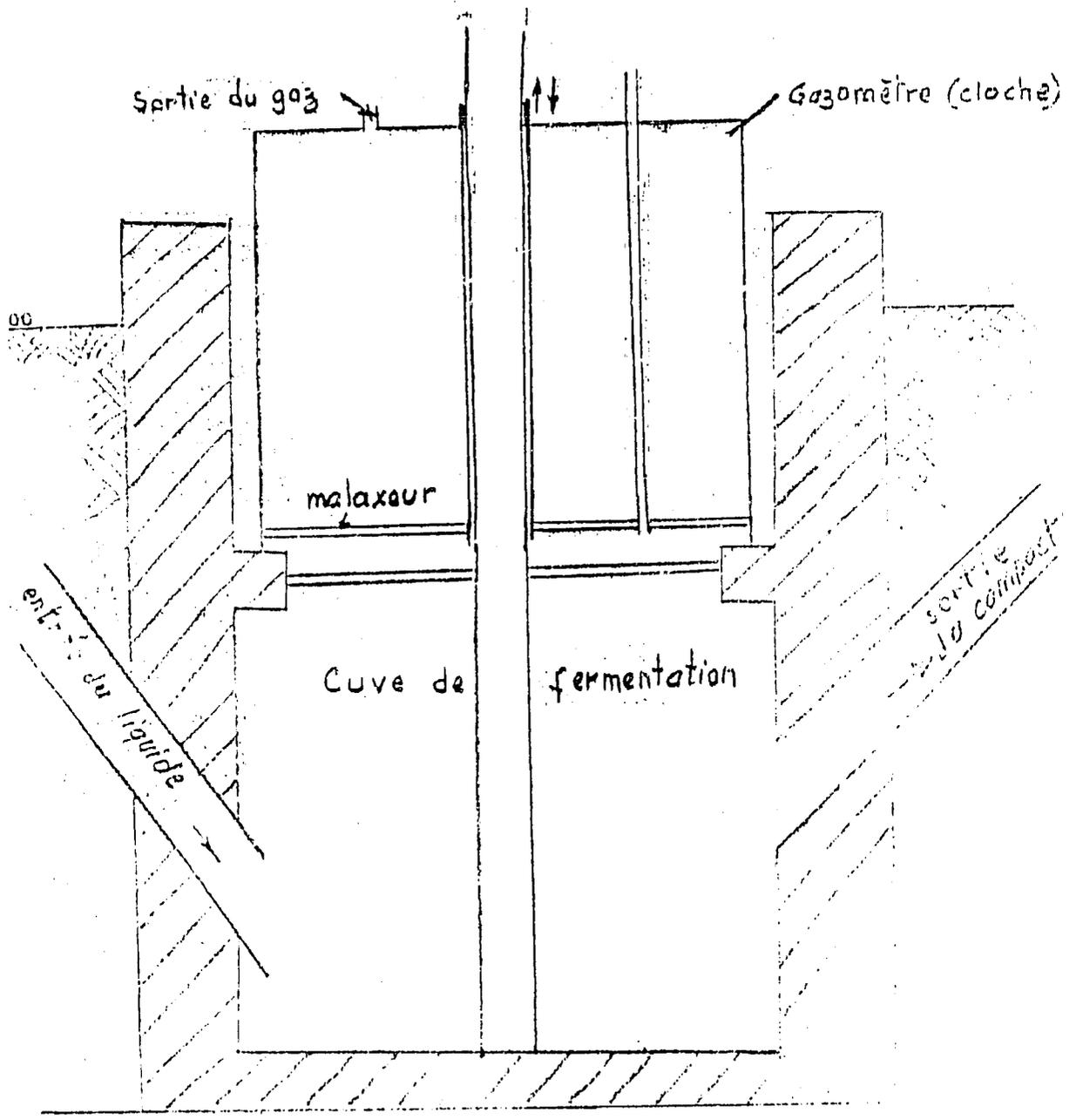


Schéma n° 1

4

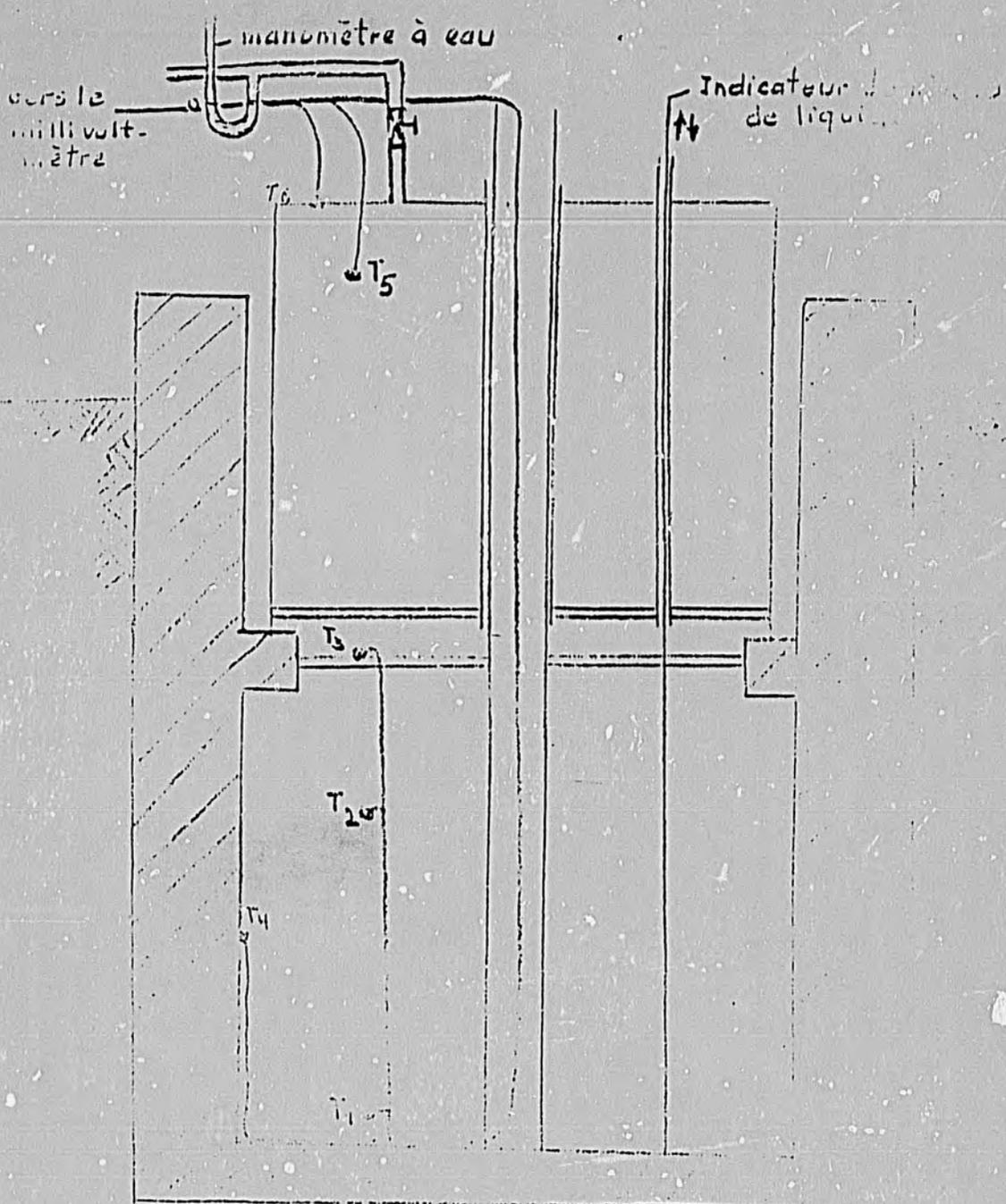


Schéma n° 2

4. SYSTEME DE CALCULS

Les methodes de calculs de volume du biogaz produit sont approximatives par manque de débitmètre. Le volume est calculé à l'aide de la hauteur de la cloche et du niveau du liquide.

$$V_{\text{Biogaz}} = \pi \cdot R^2 \cdot H_g \quad (1)$$

Où R - rayon de cloche (gazomètre) diminué de celui de la tige centrale

H_g - hauteur du gaz dans la cloche.

H_g - se déduit de la hauteur de la cloche (H_{c1}), du niveau du liquide (H_1) et de la profondeur de la cuve (H_c) de la manière suivante :

$$H_g = H_{c1} + (H_c - H_1) \quad (2)$$

si $H_c = H_1$ alors $H_g = H_{c1}$ et le volume du biogaz sera :

$$V_b = \pi \cdot R^2 \cdot H_{c1} \quad (3)$$

Le taux de production du gaz est calculé d'après la formule :

$$T_g = \frac{V_b}{V_{\text{liquide}}} ; \quad \frac{m^3(\text{biogaz})}{m^3(\text{liquide})}$$

Exemples de Calculs : Date : 16/07/1982. 1ère Série de tests :

$V_b = 1,64 \text{ m}^3$ à la pression $P_b = 1,009 \text{ Kgf/Cm}^2$ (at)

$V_l = 2,904 \text{ m}^2 \Rightarrow T_g = \frac{1,64}{2,904} = 0,56$ à $P_b = 1,009$ at

A la température constante $T = \text{cte}$ et à $P_b = 1$ at

$T_g = 0,565$ /Pression atmosphérique

Le Tableau N°1 montre quelques valeurs de volume de biogaz et Ph pendant le mois de Juillet.

TABLEAU N°1

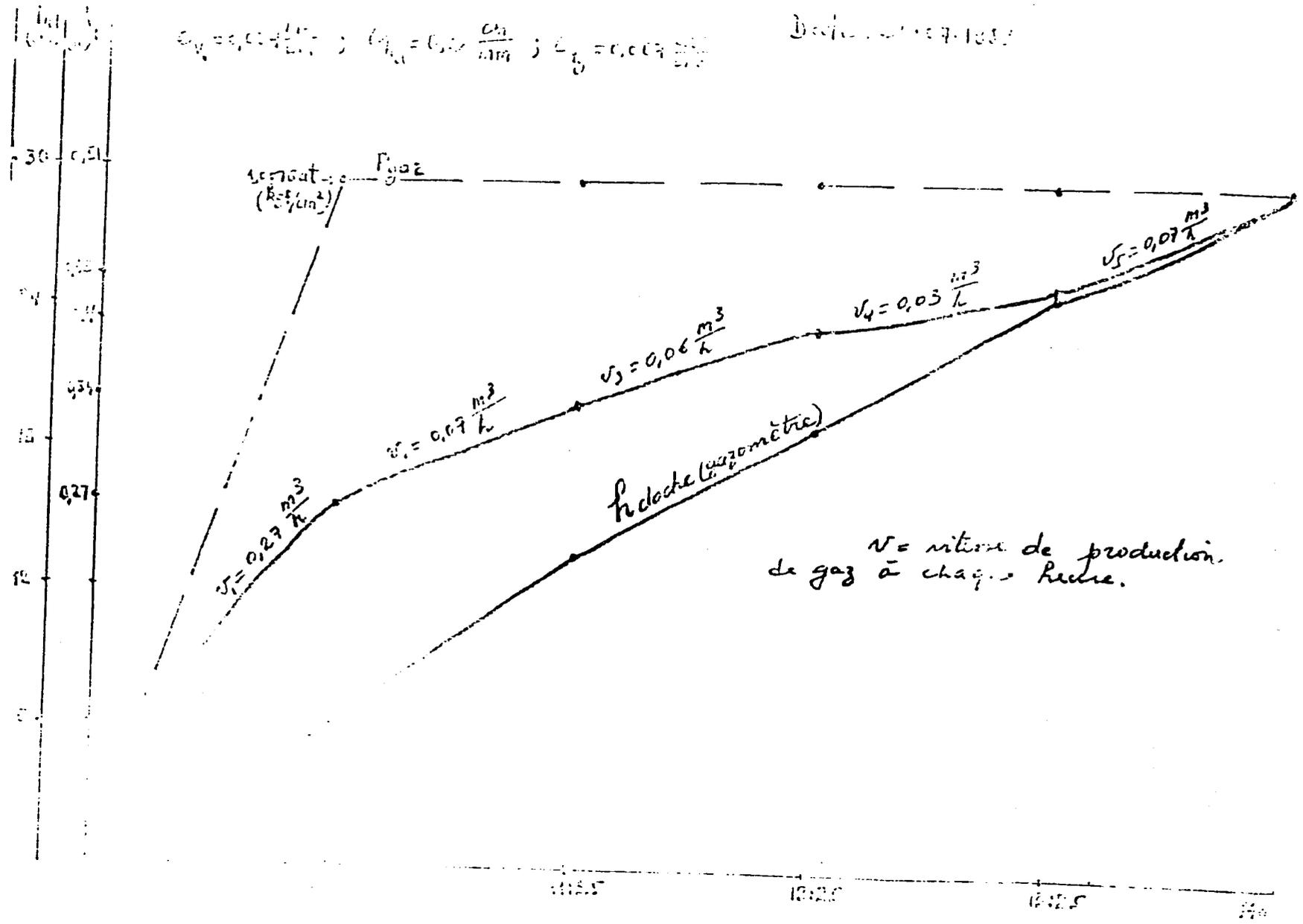
Date	Temps/hrs	Volume/m ³	Ph	Remarques
03/07/1981	24	0,51	-	1er jour de production de gaz
06/07/1981	22	0,7	7,7	Début d'une Bonne Fermentation
09/07/1981	22	1,33	7,7	Dépassement du volume estimé lors de la Conception du Digesteur (0,7 ÷ 1m ³ /Jour)
16/07/1981	24	1,64	7,4	Production maximale du biogaz. Cette production est restée constante jusqu'au 20e jour

Le Graphe 1 montre la variation de volume du gaz, de la hauteur de la cloche et de la pression en fonction du temps.

Le Graphe 2 montre la production en gaz du Digesteur pendant 33 jours.

$\epsilon_{\text{eff}} = 0,004 \frac{\text{m}}{\text{cm}}$; $(\eta_{\text{eff}} = 0,12 \frac{\text{cm}}{\text{mm}})$; $L_{\text{eff}} = 0,009 \frac{\text{m}}{\text{cm}}$

Date: 10-09-1957

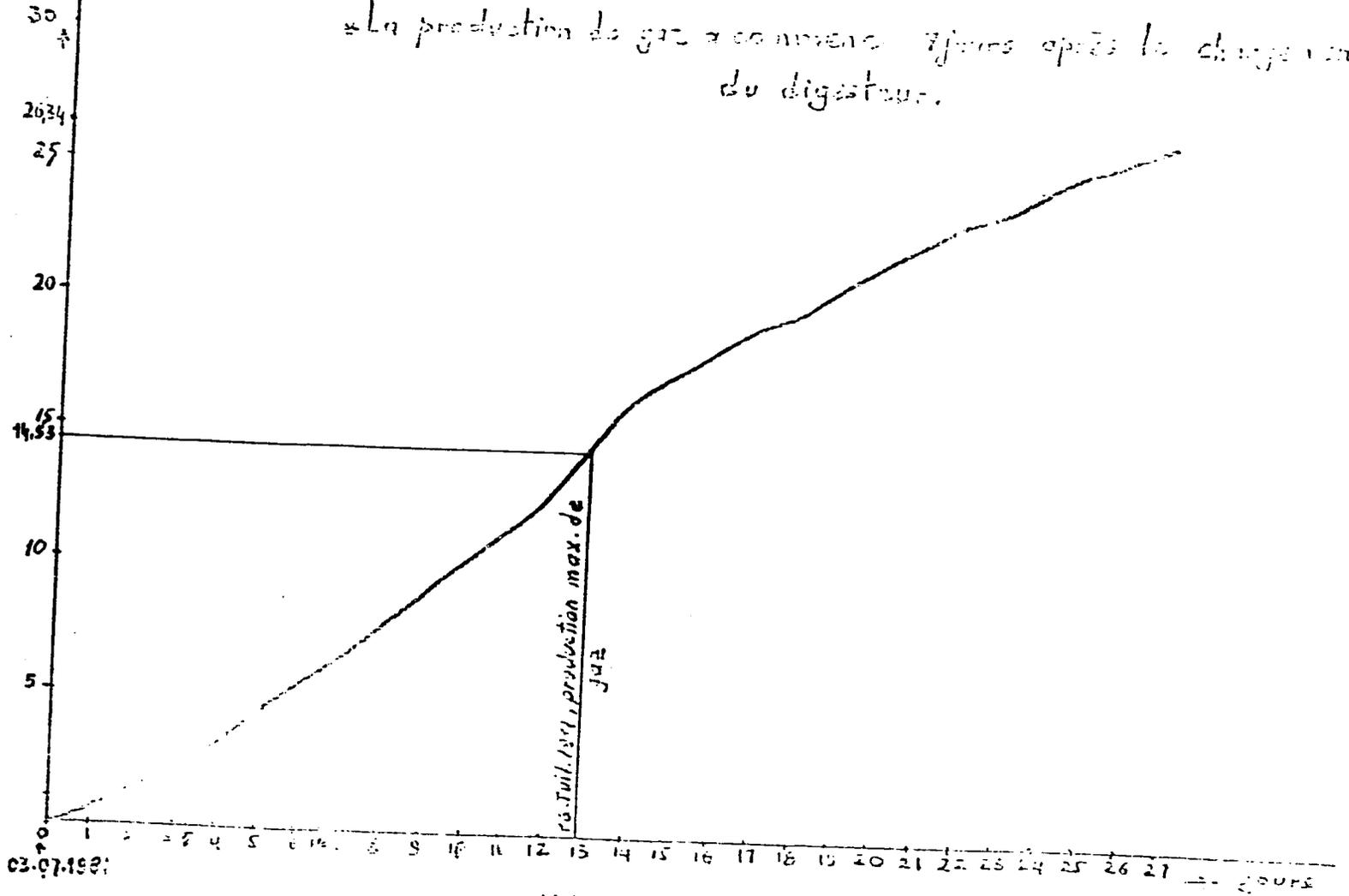


N = vitesse de production de gaz à chaque heure.

Volumés
(m³)

$$\theta_v = 0,2 \frac{m^3}{mm}$$

* La production de gaz a commencé 7 jours après le chargement du digesteur.



Après 27 jours, Volumés de gaz cumulé produit est 27 jours

5. ANALYSE DES RESULTATS DES TESTS

5.1. Première Serie de Tests

Sept jour après l'alimentation, la production du gaz a commencé. En 24 heures, 0,61 m³ est obtenu. La température moyenne dans la chambre de fermentation est de 33°C. Pour ce debut de fermentation le taux de production de gaz est de 0,23. Ce taux est faible, mais en 6 jours il a doublé et le volume a passé de 0,61 m³ à 1,33 m³. Une semaine après le volume a atteint le maximum avec 1,64 m³/Jour. Ce qui correspond à un taux de production de gaz de 0,56 à la pression 1,009 at. et de 0,565 à T = este et à la pression atmosphérique. Ce paramètre de performance est bon et se trouve dans la norme indiquée dans la littérature (0,5 ± 1). Il pouvait être supérieur à ce chiffre (0,56), si le volume de gaz produit était mesuré de façon plus précise.

Le chargement quotidien de système a commencé après 33 jours de production de gaz, quand la productivité a chuté jusqu'à 0,47 m³/Jour. (voir Graphe 2) Aucune amélioration n'a été constatée. Le volume a continué à décroître. Ceci s'explique par beaucoup de facteurs. Tout d'abord la proportion (bouse/eau) utilisée n'est pas assez juste. Ensuite ce chargement doit s'affectuer avant que la matière organique ne soit complètement dégradée. En plus de tout cela, un problème de conception : la matière fraîche ajoutée quotidiennement sort non fermentée par la sortie du compost. Pour palier à ce dernier problème le digesteur a été déchargé et une mûrette d'une hauteur d'un mètre a été construite separant ainsi l'entrée et la sortie.

5.2. Deuxième Série de Tests

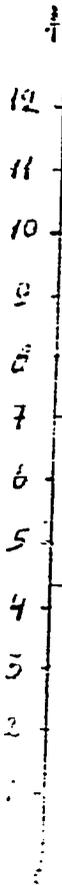
Après la construction de la mûrette, une deuxième série de test, qui a duré du 16/11/81 au 28/01/1982 a eu lieu, mais n'a pas connu de succès notable (voir Graphe N°3)

La différence entre ces 2 séries réside dans les conditions météorologiques et la mûrette. La production du gaz a commencé 10 jours après le chargement. Cette mauvaise fermentation est due à la température basse dans la cuve (20°C). Le Ph du liquide est inférieur à 7. Pour améliorer la fermentation 2 Kg de chaux vive ont été ajoutés le 11 Décembre 1981 après 25 jours de fonctionnement. Le Ph a brusquement monté de 6,7 à 7,1 le 16 Décembre et un volume de gaz de 0,42 m³ est obtenu après 48 heures. Des fuites ont été constatées et corrigées, mais des améliorations considérables n'ont pas été obtenues. Alors, le 24 Décembre 4 Kg de chaux ont été ajoutés à la solution. Le Ph est arrivé à 7,6 et le volume à 0,4m³ en 24 heures, le 29 Décembre. Voyant la production de gaz toujours faible, un

Volumés
(m³)

$e_v = 0,1$

* la production de gaz a commencé 12 jours après le chargement du digesteur.



4,9 de chaux ajoutés

2kg de chaux sont ajoutés

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 jours

Figure 2 Volumés cumuléés pendant 29 jours (2^e série de tests)

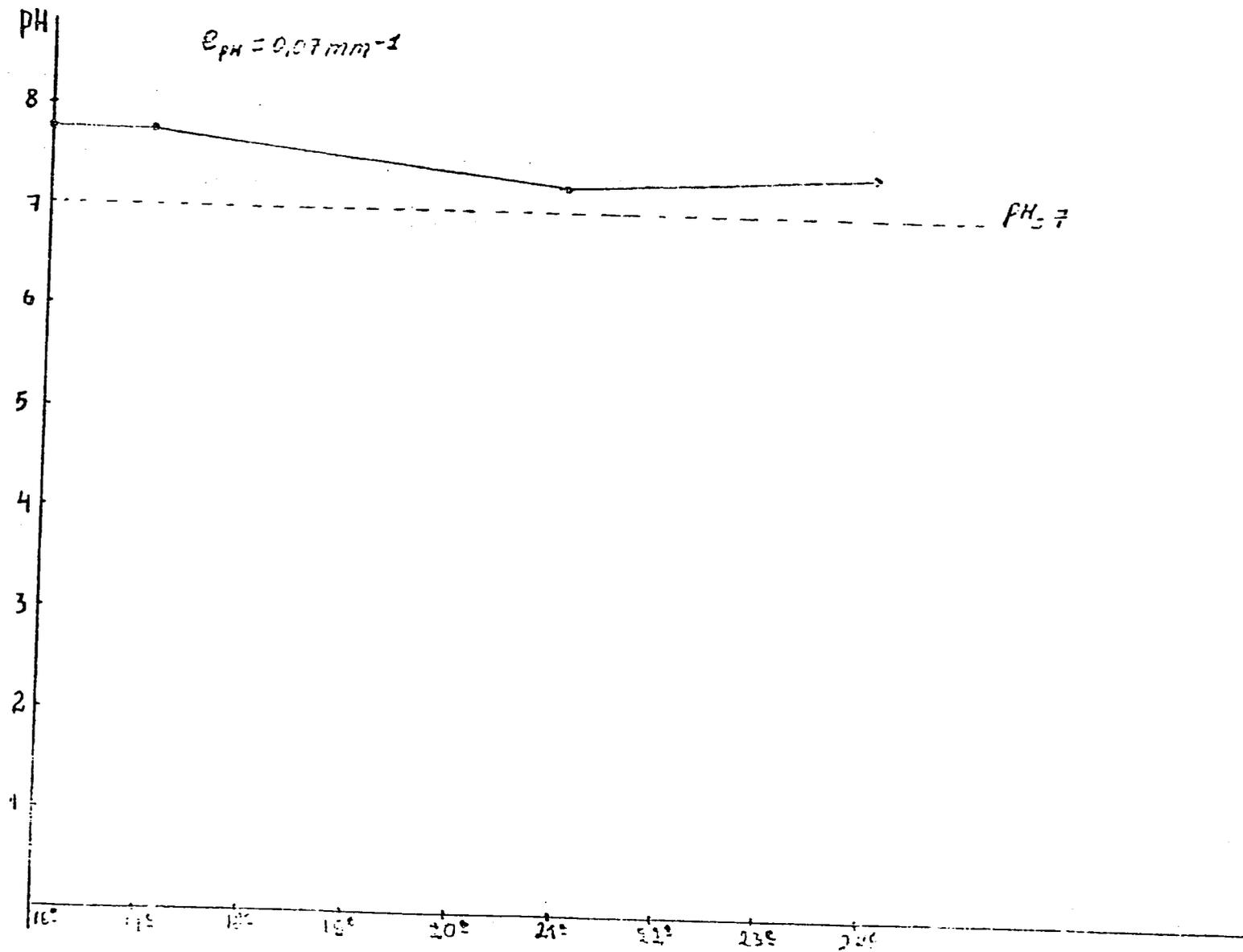
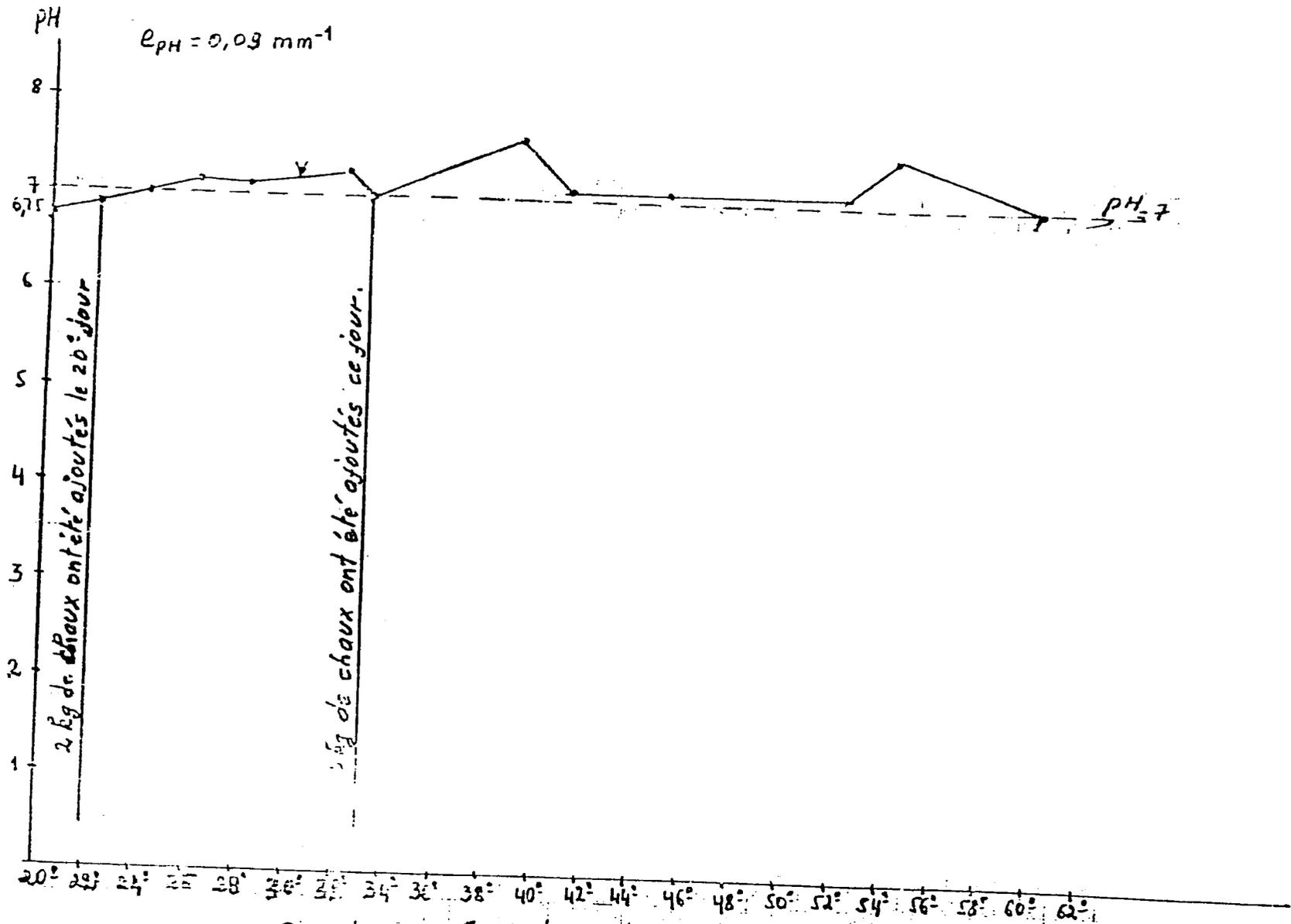


Figure: Evolution of pH of Ca^{2+} ions



Graph 5: Evolution du pH après le 20-jour de chargement (2^e série)

chargement quotidien de 1 seau de bouse et 4 seaux d'eau a été commencé le 21 Janvier 1982.

Après une semaine d'alimentation le volume de gaz est resté constant et faible. Donc le digesteur est déchargé et apprêté pour une 3eme série de test visant visant d'autres systèmes d'améliorations (voir Chapitre 6)

CONCLUSION

Dans ces deux series de tests, l'analyse de la composition du biogaz n'a pas été faite par manque d'appareils. Il n'y a pas aussi d'appareils de stockage de gaz, donc comme il a été déjà dit, après chaque test le gaz est envoyé dans l'atmosphère. Comme malaxeur de mélange, trois barres métalliques sont soudées à la cloche en son diamètre inférieur. (Voir schéma N°1).

Sous la pression du gaz, la cloche se soulève et décrit en même temps un mouvement de rotation; les barres métalliques en décrivant le même mouvement malaxent le liquide et brise la pellicule superficielle des matières flottantes non digestibles ralentissant la production du gaz.

6. PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Des études sont en cours pour résoudre les problèmes rencontrés durant ces deux séries de tests. Une 3e série commencera bientôt, au cours de laquelle la proportion de bouse/eau sera plus juste et le chargement quotidien démarrera avant que la productivité ne commence à baisser. Cette série donnera lieu à un rapport ultérieur.

Parallèlement un digesteur Type Chinois et un autre Type "PLUG-FLOW" seront construits et testés; ceci nous permettra de comparer les performances de trois systèmes différents.

En même temps, des matériaux de construction moins chers seront essayés en vue de parvenir à une baisse substantielle des coûts mettant les digesteurs à la portée du monde rural.

Conclusion

Ces 2 séries de tests ont été très riches d'enseignements. Elles nous auront permis de déceler certaines erreurs que nous tâcherons d'éviter au cours des travaux R&D ultérieurs.