

(JLF/ID)

DOCUMENT N. 83/79

AOÛT 1983

FERMENTATION METHANIQUE DES RESIDUS AGRICOLES

L'unité centrale d'experimentation

du CNRA de Bambey

- Presentation - Resultats actuels -

par

J. L. FARINET

Assistant de Recherches V. S. N. ISRA-CNRA Bambey

*Ier salon International sur les energies nouvelles
et renouvelables en Afrique - Dakar 7-13 Nov. 1983*

1 - INTRODUCTION

Les différents travaux réalisés au CNRA de Bambey depuis plusieurs années, soulignent la nécessité des restitutions de matières organiques dans les systèmes de productions agricoles des zones soudano-sahéliennes (F. GANRY - 1975). De par leurs propriétés diverses, l'emploi des matières organiques résiduelles et leur restitution aux sols rencontrant de nombreuses réticences en milieu Paysan. Nos travaux se sont donc orientés vers le compostage méthanogène, la production de biogaz constituant une plus-value incitatrice à la bonne conduite du compostage.

L'utilisation rationnelle des ressources du milieu permettront le développement d'un nouveau système de production où l'énergie sera stockée sous forme de Biomasse. L'exploitation de ce potentiel pourrait, en outre, amener une solution à la crise du bois de feu et par la même occasion/ problème de déforestation des pays en voie de développement. Cependant, il convient de clarifier certains points essentiels en ce qui concerne l'option envisagée et notamment :

- le potentiel disponible ;
- la nature et l'ampleur des besoins énergétiques ;
- les coûts qu'impliquent la dite option ;
- le niveau de technologie nécessaire et son rapport avec les compétences locales.

A partir de ces bases, les problèmes à résoudre ont trait à l'aptitude de la biomasse à pourvoir aux besoins énergétiques pour les usages domestiques et pour l'accroissement de la productivité agricole. Nos travaux se sont donc orientés vers 3 thèmes principaux :

- recensement des quantités de résidus de récolte, de leur disponibilité et des possibilités de valorisation par le compostage méthanogène (O. SEZE - 1379 - Y. EERTHEAU 1981 - J.J. DREVON 1978) ;
- mise au point et équipement d'une unité centrale expérimentation au CNRA de Bambey afin de tester et d'améliorer les différents types de fermenteurs ;
- implantation et suivi d'installation en milieu Paysan ;
- évaluation des effets agronomiques à court et moyen terme du compost produit sur la fertilité du sol (Y. BERTHEAU et al. 1951 - ALLARD et al. 1951).

L'unité centrale d'essai de fermenteurs est implantée au CNRA de Bambey depuis environ 2 ans. Les différents essais ont pour but, d'une part de mettre au point une technologie adaptée au monde rural et d'autre part, d'évaluer pour chaque type de fermenteur les performances et les paramètres de gestion optimales.

2 - PRINCIPES GENERAUX DE LA FERMENTATION METHANIQUE

2.1 - Données biologiques

Le principe de la fermentation anaérobie peut se résumer en 3 phases successives :

- hydrolyse ou solubilisation : les substrats organiques biodégradables composés de graisses, protéines et de sucres sont transformés en molécules organiques simples ;

- acidogénèse : les Produits de dégradation sont attaqués par les populations de bactéries acidifiantes

- méthanogénèse : à la suite de l'acidogénèse, le biogaz provient d'une part de la synthèse à partir de H_2 et CO_2 et d'autre part de la décomposition des acides organiques, Par l'action des bactéries méthanogènes.

Ces différentes phases se déroulent en absence totale d'oxygène (anaérobiose stricte). Certains Paramètres physiques et biologiques doivent être contrôlés et notamment :

- les taux de matières sèches et de matières organiques du substrat ;
- le temps de rétention ou temps de séjour des résidus dans le fermenteur ;
- la température de fonctionnement.

Ces différents paramètres variant en fonction de l'objectif recherché et des conditions locales. Dans les pays tropicaux par exemple, les fermenteurs sont rarement équipés d'un système de chauffage ; de ce fait, la température de fonctionnement variera en fonction des conditions climatiques.

22 - Données technologiques

Quant on Parle de fermentation méthanique des résidus agricoles, il faut distinguer 3 principaux systèmes :

- la fermentation anaérobie en discontinu sur déchets solides ;
- la fermentation anaérobie en continu sur déchets solides ;
- la fermentation anaérobie en continu sur déchets liquides.

Les déchets liquides sont représentés par les lisiers ou effluents n'exédant pas 10 à 12 % de matière sèche en suspension.

Des nombreux fermenteurs discontinus ont été testés en milieu tropical. De Par leur technologie très rudimentaire, ils sont particulièrement adaptés au milieu bien que dans certains cas les nombreuses manipulations soient un facteur limitant pour le paysan. Les fermenteurs "en continu" sont essentiellement caractérisés Par le fait que la cuve n'est jamais vidée ; la continuité du processus est assuré par un apport journalier de substrat, une quantité équivalente d'effluents digérés étant évacuée Parallèlement. C'est ce dernier type de fermenteur qui est testé sur l'unité centrale d'expérimentations tant pour les déchets liquides que solides.

3 - PRESENTATION DE L'UNITE CENTRALE D'EXPERIMENTATION - RESULTATS ACTUELS

Compte tenu des résultats des enquêtes préalables portant sur la nature et la quantité de résidus agricoles disponibles, nous avons dégagé Pour chaque région du Sénégal testée, les options technologiques les plus appropriées pour le développement du compostage méthanogène. Ces possibilités sont résumées dans le tableau n° 7.

Zone	Résidus	Localisation	Type fermentation	Taille (m ³)	Gaz (m ³ /j.)	Compost (t M.S/ha/an)
Nord Bassin Arachidier	Fumier	Autour habitat.	Continu Substrat liquide	2-4	1-1.5	0.5-1.0
Sud Bassin Arachidier	Paille	Champs	Continu Substrat pâteux	5-10	2-4	1.0-2.0
Casamance	Paille	Champs	Continu ou discontinu Substrat pâteux	5-10 ou 20-400	2-4 ou 8-130	1.0-3.0

Tab. 1 : Fermentation méthanogène, options technologiques, production de gaz et de compost. (Allard et al. 1981)

C'est donc à partir de ces résultats que nous avons dimensionnés les différents types de fermenteurs équipant l'unité d'expérimentation. Actuellement nous disposons de :

- 2 fermenteurs ISRA dérivés du fermenteur zairais d'un volume unitaire de 1000 l ;
- 1 fermenteur semi-continu de type chinois d'un volume utile de 5,5 m³ ;
- 1 fermenteur continu sur fumier de type TRANSPAILLE-IRAI d'un volume utile de 10 m³.

Parallèlement, nous avons implanté un fermenteur ISRA en milieu paysan à Bambey sérère et avons assuré le suivi d'un fermenteur de type indien construit par CARITAS Sénégal à N' Fissel.

31 - Le fermenteur ISRA

Les fermenteurs construits au CNRA de Bambey sont dérivés du modèle zairais (PLUM et MBARILA - 1979). Construits avec des fûts de 200 litres de récupération des modifications visaient à :

- faciliter le chargement et déchargement du fermenteur ;
- assurer une préfermentation aérobie, exothermique, élévatrice du pH (avant la phase acidifiante anaérobie) permettant une meilleure dégradation des composés hautement polymérisés ;
- permettre une fixation d'azote dans le compost effluent par des bactéries diazotrophes libres (Beijerinckia, Enterobacter...);
- permettre l'utilisation de déchets ménagers non conditionnés (résidus pailleux de construction...).

Ce fermenteur de 1000 litres présente l'avantage d'un faible coût (25 à 60.000 F CFA selon le prix des fûts) et d'une technologie maîtrisable par les villageois (construction et entretien).

Les principales caractéristiques du fermenteur sont données dans le tableau n° 2 (voir Également schéma - annexe 1)

Volume total : 1 m ³
Cuverie - Fûts de 200 l soudés
Alimentation : Continue - 1.5 kg m.s/jour
Substrat : liquide - Fécès (Coque arachide)
Gaz : 300 l/jour
Utilisation : Cuisson pour 1 carré
Compost : 1 t m.s/an
Coût fermenteur : 60.000 F CFA

Tab. 2 : Données techniques, fermenteur zaïrois modifié ISRA.

Dans un premier temps, une étude hydraulique a été effectuée afin d'évaluer l'influence de la pression du biogaz sur les variations de volume utile du fermenteur (J.L. FARINET - 1983) - Parallèlement à ces essais nous avons, étant donné la configuration hydrodynamique de ce type de fermenteur, la pression du biogaz a une influence directe sur les paramètres de fermentation par l'intermédiaire du volume utile. Pour une augmentation de pression de quelques millibars, le volume utile peut diminuer de 15 à 20 % par rapport au volume initial.

Des études ont également été menées afin de déterminer l'influence de la température ambiante sur les performances du fermenteur. Nous avons pu observer des variations importantes de la production de biogaz, de l'ordre de 50 % pour un écart de température de 8°C (cf. courbes - annexe 2). De plus, les variations brusques de température jour-nuit sont très néfastes au développement des bactéries anaérobies strictes. Afin de remédier à ce problème, l'un des fermenteurs a été enterré et une étude comparative est en cours.

Dans l'ensemble, ce fermenteur s'est avéré très variable, sans problèmes de bouchage et pouvant produire jusqu'à 400 litres de biogaz par jour. Une étude à long terme nous permettra de déterminer sa durée de vie maximale.

32 - Le fermenteur semi-continu de type chinois

Construit à partir des données du "Manuel du biogaz chinois" (ENDA - Gret), le fermenteur est constitué d'une cuve centrale enterrée surmontée d'un dôme et équipée de 2 orifices d'admission et d'extraction des matières. Le principe semi-continu consiste dans un premier temps à remplir le fermenteur de résidus divers (paille, herbes, fécès etc...) additionnés d'eau jusqu'à 10 à 15 % de matières sèches. Par la suite, les apports de matière sont effectués à intervalles réguliers (3 à 15 jours selon la nature du substrat et les conditions climatiques). Pour chaque apport, une même quantité de matière fermentée sera préalablement évacuée par l'orifice d'extraction. La quantité de matières apportées peut varier de 5 à 15 % du volume total. Le contenu du fermenteur est intégralement remplacé tous les six à neuf mois.

Suite à de nombreux problèmes techniques lors du démarrage, ce fermenteur n'a pu être expérimenté convenablement.

On retiendra notamment les problèmes liés à l'étanchéité précaire du dôme supérieur et à la formation d'une croûte superficielle perturbant considérablement le dégazage du biogaz.

Des modifications sont actuellement effectuées afin de résoudre ces différents problèmes. Toutefois, les quelques manipulations que nous avons pu faire montrent que ce type de fermenteur n'est pas particulièrement adapté au milieu rural. La vidange de la cuve nécessite l'emploi d'une pompe donc une main d'œuvre extérieure. D'autre part l'extraction régulière d'effluents fermentés est particulièrement pénible sur ce type d'installation et nécessite 1 à 2 personnes pendant plusieurs heures. Le stockage du biogaz sans le dôme supérieur, comme il est préconisé dans le manuel du biogaz chinois, pose par ailleurs un problème d'adéquation entre le biogaz disponible et les besoins bien souvent ponctuels.

33 - Le fermenteur continu de type TRANSPAILLE-IRAT

Ce fermenteur fait partie intégrante d'un module complet biogaz - élevage - petite irrigation actuellement en construction au CNRA de Bamby. Le projet d'utilisation du biogaz pour la mise en oeuvre d'une petite unité d'irrigation porte sur :

- 1 hectare en irrigation de complément (saison des pluies) ;
- 1/2 hectare en irrigation totale (saison sèche).

Le fermenteur continu sera alimenté à partir des résidus de récolte de l'exploitation et du fumier provenant de l'élevage. La production de biogaz escomptée est de l'ordre de 8 à 10 m³/jour. Alimenté par le biogaz produit, un groupe moto-alternateur assurera la mise en oeuvre de l'irrigation ainsi que les besoins d'auto-consommation de l'installation,

Le démarrage est prévu pour août 1983, la phase d'expérimentation et de mise au point étant échelonnée sur environ 1 an.

4 - CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Après les enquêtes effectuées en milieu rural, la mise au point et l'amélioration des différents types de fermenteurs est une phase particulièrement importante pour le développement et la vulgarisation de la filière biogaz-compost. Concernant les installations de type individuelle (fermenteur ISRA ou chinois), il est inutile, voire nuisible, de développer des fermenteurs dont la technologie n'est pas maîtrisable au niveau villageois. La vulgarisation ne peut reposer que sur la prise en charge de l'installation par le paysan. Les travaux réalisés au niveau de l'unité centrale d'expérimentation seront donc tournés vers 2 objectifs principaux :

- mise au point et amélioration des performances des fermenteurs ;
- adaptation de la technologie au milieu rural.

- BIBLIOGRAPHIE -

GANRY (F.) - 1979

"Importance des enfouissements de matières organiques dans l'amélioration des systèmes culturaux pratiqués au Sénégal"

ISHA - Doc. ronéo CNRA Bambey - Div. Bioch. des sols.

DREVON (J.J.) - 1978

Eléments pour une étude des apports de matière organique aux sols dans le bassin arachidier du Sénégal.

Doc. ronéo. CNRA de Bambey - Div. Bioch. des sols.

SEZE (O.) - 1979

Enquête sur les disponibilités en matières organiques et leurs modes de restitutions aux sols dans la région du Sine-Saloum,

Doc. ronéo, CNRA de Bambey - Div. Bioch. des sols,

BERTHEAU (Y.) - 1980

Disponibilités en matière organique en Casamance.

Doc. ronéo. CNRA de Bambey - Div. Bioch. des sols.

BERTHEAU (Y.), SEZE (O.), DREVON (J.J.) et GANRY (F.) - 1981

Biogaz au Sénégal - Bilan et perspectives de développement -
IIème Colloque International de technologie de l'AUPELF - Lomé
1h - 20 janvier 1981.

ALLARD (J.L.), BERTHEAU (Y.), SEZE (O.), DREVON (J.J.) et GANRY (F.) - 1981

Essais de compostage méthanogène en milieu villageois au Sénégal.

IVème conférence annuelle de l'AAASA - La Caire 23-30 octobre 1981.

PLUM (F.), MBARILA (N.) - 1979

Un digesteur à flux continu. Université Nationale du Zaïre.
Centre de Recherches Universitaires du Kivu (CERUKI) n° 3.

FARINET (J.L.) - 1983

Fonctionnement hydraulique du fermenteur ISRA.

Doc. ronéo - CNRA de Bambey - Div. Bioch. des sols.

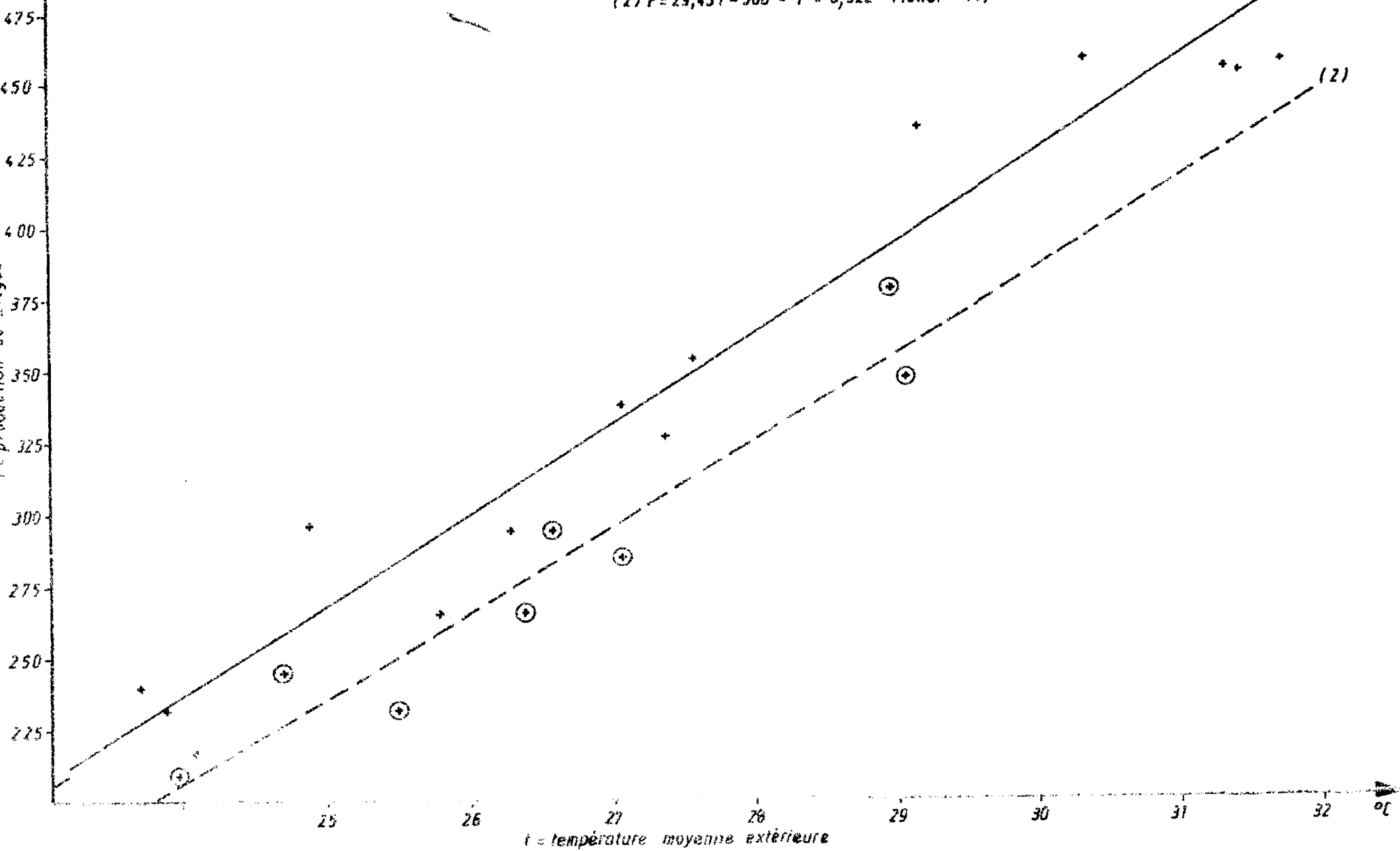
Manuel du Biogaz chinois - ENDA-GRET à partir de la version anglaise
publié par Intermediate Technology Publication Ltd.

res
500
475
450
425
400
375
350
325
300
275
250
225

FERMENTEUR ZAIR-DS MODIFIE NON-ISOLE

(1) $P = 31,06t - 509,7 - r^2 = 0,947 - \text{Fisher} = 231,5$

(2) $P = 29,43t - 500 - r^2 = 0,922 - \text{Fisher} = 70,94$



Indicateur de la température moyenne extérieure pour la production de gaz dans le fermenteur à 2 jours de séjour