

CN0100590

POSS
CNRAISRA - CNRA
Bibliothèque
BAMBEY

1980/59

REUNION ISRA - DE COORDINATION DES ETUDES "BIOGAZ"

Eléments pour l'élaboration d'un projet
de valorisation des déchets agricoles
on milieu rural

Division de Biochimie des sols

Le maintien ou la restauration de la fertilité des sols
en région soudanosaélienne passe nécessairement par l'intermédiaire des
restitutions de matière organique.

L'apport préconisé lors des labours de fin de cycle se heurte
à de nombreuses difficultés : pédoclimatiques, de calendrier cultural et
socio-culturelles,

Le seul labour généralement effectué est celui de début de cycle,
il nécessite alors une matière organique évoluée afin d'éviter tant les
"faims d'azote" que les problèmes de phytotoxicité.

La constitution d'un tas de fumier rencontre peu d'intérêt en
milieu rural, quant à celle d'un compost en fosse si elle est appréciée
pour le maraichage ou les pépinières d'arbres fruitiers, les agriculteurs
n'envisagent pas d'aller rechercher le compost pour l'épandre dans les
jardins ou les champs. La solution préconisée de compostage en fosse en bout
de champ puis d'épandage rencontre donc beaucoup de réticences.

Les travaux se sont donc orientés vers le compostage méthanogène
ou compost plus facile d'accès et dont le gaz pourrait être une plus value
incitatrice d'une bonne conduite du compostage.

Le second avantage loin d'être minime, serait une aide à la lutte
contre la déforestation.

1 - TECHNOLOGIE DE LA FERMENTATION METHANOGENE1)- Processus fondamental

C'est une fermentation anaérobie, mesophile en milieu neutre à
légèrement alcalin, La formule de Buswell permet de prévoir les quan-
tités de gaz formés.

$$C_x H_y O_z \left(\frac{1}{2} z + \frac{1}{4} y - x \right) H_2O + \left(\frac{1}{2} x - \frac{1}{8} y + \frac{1}{4} z \right) CO_2 \\ + \left(\frac{1}{2} x + \frac{1}{8} y - \frac{1}{4} z \right) CH_4$$

C.N.R.A. - BAMBEY - S.D.I.

Date 20/8/80

Numéro 0550-00

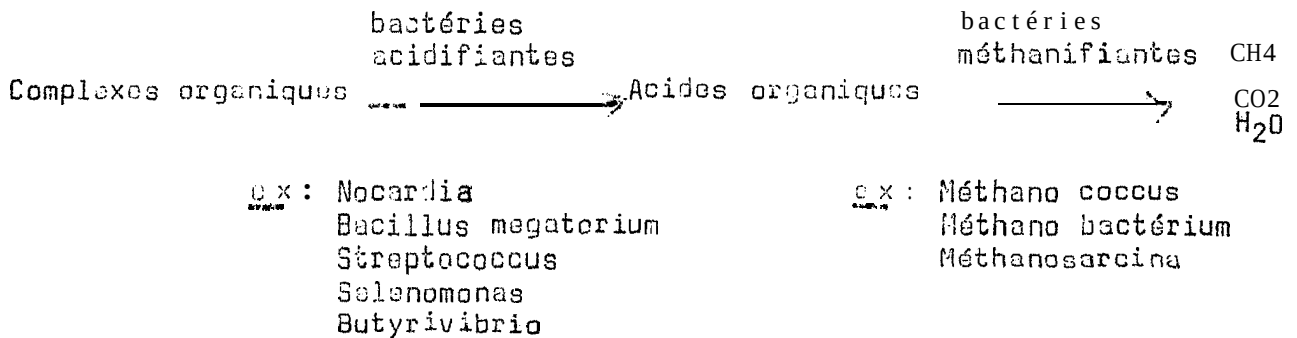
Mois Bulletin JAS

Destinataire

C2 / Anc

Pour 500 kg de fumier contenant 100 kg de cellulose on est donc en droit d'attendre 16,5 m³ de méthane soit (à 55%) de méthane j environ 30 m³ de biogaz donc une production de 0,35 m³ de gaz par m³ de fumier encuvé et par jour écoulé.

* Grossièrement la fermentation méthanogène nécessite 2 étapes



La première phase conduit donc à une acidification (suivie en fait d'une salification) ; mal menée cette acidification peut aboutir à un arrêt de la méthanification en particulier lorsqu'il n'y a pas de préfermentation aérobie (avant l'encuvage).

* La préfermentation aérobie s'avère hautement profitable pour :

- son élévation de température (55 - 70°C)
- l'augmentation de pH (donc avant la phase acidifiante anaérobie)
- La dégradation des produits facilement fermentescibles (en particulier les protéines) productrices de CO₂ et d'H₂S inhibiteur de la fermentation.

* Les bactéries méthanifiantes se caractérisent par

- un taux de croissance faible
- une forte sensibilité à l'oxygène
- la nécessité d'un pH compris entre 6,6 et 7,8
- leur aspect mesophile (30 - 35°C)

Les deux voies métaboliques, exclusives entre elles, de la formation de méthane sont :

- la réduction de CO₂ : $CO_2 + 4H_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$
- utilisation de l'acétate et du propionate (déméthylation)

D'une manière générale si la technique de fermentation est connue et contrôlable on sait encore très peu de choses sur les bactéries méthanifiantes et leur métabolisme, en particulier à cause des techniques difficiles de culture, mises au point depuis peu.

ex. Methanodactylum ruminantium s'est révélée être une association symbiotique de 2 bactéries dont une productrice d'hydrogène pour la seconde.

Une meilleure connaissance dans ces domaines devrait permettre une amélioration des techniques, au vu de l'augmentation depuis 5 ans du nombre de publications sur ce sujet, on peut espérer une telle amélioration dans un avenir assez proche.

2 - Procédés de fermentation

Deux types de conduite de la fermentation méthanogène existent :

- à chargement
 - continu
 - discontinu (ISMAN et DUCELLIER)

Un bon exemple d'un fermenteur à chargement continu est celui du rumen d'un bovin qui produit entre 100 et 500 litres par jour de biogaz, "perdant" ainsi près de 10% de la valeur énergétique de ses aliments.

PROCEDES DE FERMENTATION

Procédé continu	Procédé discontinu
	(fermentation aérobie lors du chargement, productrice de CO ₂ et très exothermique avant la phase anaérobie).
<u>Avantages</u> - Fonctionnement continu avec une seule cuve - Assez bien adapté au traitement des déjections animales - Peu de manipulations - Expérience déjà importante en Inde et Chine. - Compost	- Forte température détruisant germes pathogènes - Fermentation des produits rapidement fermentescibles (non toxicité pour la suite) - accepte toutes les matières celluloses - peut fonctionner sans fumier ou presque (quelques %) - Relative simplicité de fonctionnement - Coût d'investissement modéré avec possibilité d'utilisation de matériaux locaux. - Faible consommation en eau, - Compost (réduction de 60% en cellulose, C/N passe de 35 à 10-15)

<u>Inconvénients</u>	
- Fonctionnement demandant une grande surveillance	- Nécessité d'avoir plusieurs cuves si l'on souhaite avoir une production régulière (investissements alourdis)
- n'accepte pas pailles et déchets végétaux courants	
- consommation élevée en eau	- Importance des manipulations en chargement et déchargement.
- Nécessité alimentation très régulière	- Expérience encore limitée (notamment lors absence fumier)

3) Propriétés et utilisations

* le biogaz obtenu à une valeur calorifique de 4 500 à 6 500 calories par mètre cube, et contient 50 à 75 % de méthane ayant une capacité calorifique de 8600 cal/m³

Un m³ de biogaz à 6 000 cal équivaut donc à :

1,1 l d'alcool
0,8 l d'essence
2 kg de carbure de calcium
0,6 l de gas-oil
1,5 m³ de gaz de ville
1,4 kg de charbon
2,2 kwh d'énergie électrique

Le méthane s'enflamme à 115°C dans la proportion de 5 à 15% dans l'air (mélange détonant).
Ce gaz n'est qu'à très faiblement toxique.

* Utilisations :

- éclairage
- chauffage
- source de force motrice
- source de méthanol

Pour l'avant dernier cas, il est alors conseillé d'éliminer l'hydrogène sulfureux qui corrode les moteurs,

D'une manière générale on essaie de se débarrasser du CO₂ (barbotage dans l'eau) afin d'augmenter la capacité calorifique et de diminuer le volume à stocker.

II - SITUATION ACTUELLE

1) Dans le monde

Depuis 1973 et 1975, le nombre de laboratoires de microbiologie et autres, travaillant sur la fermentation méthanogène, a plus que doublé, le nombre d'installations augmentant chaque jour.

Certains pays sont passés directement à une phase de développement en milieu rural, c'est ainsi que l'Inde compte actuellement plus de 36 000 fermenteurs et la Chine plusieurs millions.

Très nombreuses après la seconde guerre mondiale dans les pays européens les installations méthanogènes après une phase de désintérêt redeviennent de plus en plus nombreuses. (Voir par exemple le nombre de sociétés d'Ingénieurs Conseil actuellement en France).

Certains pays sont passés très rapidement à des fermenteurs de taille importante souvent installés à proximité d'élevages industriels.

Ex : digesteur de 7 575 m³ dans l'Oklahoma attenant à un parc d'engraissement de 75.000 bovins. Une société en France vend depuis quelques temps des fermenteurs en kit. Hormis l'Inde et la Chine les principales initiatives sont l'ordre privé.

* D'une manière générale on ne connaît que 114 unités en Afrique fonctionnant avec plus ou moins de bonheur (100 des 114 étant installées au Kenya). La Tanzanie fait actuellement un effort important de développement de petits fermenteurs en milieu rural alors que la Haute Volta développe principalement de gros fermenteurs pour la production d'électricité.

2) Au Sénégal

Il n'existe actuellement que deux fermenteurs de type Indien installés par CARITAS, les projets pour la production d'électricité (Louga et Tambacounda) n'ayant toujours pas vu le jour.

* Au CNRA les études au laboratoire ont porté sur :

- le temps de préfermentation aérobie optimum
- le devenir et la viabilité des graines d'adventices après fermentation.
- les pertes d'azote par ammonification dans le compost
- la possibilité de fixation d'azote dans les effluents

* Puis a commencé le travail en grandeur réelle avec en particulier l'étude du fermenteur indien de Ndioukh Fissel.

Cette étude a permis de cerner les problèmes rencontrés dans les installations vulgarisées. Le rendement en biogaz est proche du maximum théorique et le compost résultant permet d'augmenter les poids en graines de 32,6 % pour le mil et 15,7 % pour l'arachide.

L'apport de supertriple dans les effluents diminue les pertes par ammonification.

* Actuellement est testé un fermenteur de type zairois à alimentation continue, modifié de façon à répondre au mieux aux exigences suivantes :

- Possibilité d'une préfermentation aérobie
- Utilisation des déchets organiques grossiers (coques d'arachide, paille)
- Possibilité de fixation d'azote dans les effluents.

Une étude de la valeur agronomique des intrants et extrants devrait prochainement être menée.

CO type de fermenteur devrait pouvoir être utilisé pour le projet de diffusion en milieu rural ; de par son faible coût nous pourrions disposer au CNRA d'une batterie de digesteurs pour tester l'effet d'inoculation, et de nature, quantité et fréquence d'apport des substrats,

Il serait bon d'envisager une remise en état des fermenteurs à chargement discontinu du CNRA. Leur fonctionnement nous permettrait de nous familiariser avec ce type de fermenteur et le gaz produit pourrait être revendu ; son usage collectif nécessiterait donc un financement collectif,

III - ELEMENTS POUR L'ELABORATION D'UN PROJET BIOGAZ DU SENEGAL

1) - Enquêtes en milieu rural

Un préambule nécessaire à toute diffusion de fermenteurs biogaz est la connaissance de la nature, des quantités et des utilisations des résidus agricoles.

Trois enquêtes ont actuellement eu lieu dans les régions de Thiès-Diourbel, du Sine-Saloum et de la Casamance. L-3 prochaine enquête devant avoir lieu dans la région de LOUGA.

* Dans les régions de Thiès-Diourbel et du Nord du bassin arachidier les pailles et l'herbe de jachère sont entièrement récoltées soit pour l'alimentation animale soit pour la construction (tapades, cases,...) les quantités restant au champ sont estimées inférieures ou égales à 0,5 t/ha.

Les premiers éléments sur la région Nord du Sénégal laissent entrevoir une telle situation avec en plus une collecte des fèces animaux employés comme combustible.

. Il ne semble donc pas, à priori, utile de développer dans ces régions de fermenteurs à chargement discontinu utilisant principalement les déchets celluloseux grossiers. Par contre les fermenteurs à chargement continu semblent intéressants s'ils peuvent accepter des déchets ménagers (principal substrat pendant l'hivernage).

* En Casamance aucun résidu agricole n'est récolté en dehors des fanes d'arachide en haute Casamance, les fermenteurs à chargement discontinu semblent donc les mieux adaptés.

* Une situation intermédiaire aux 2 précédentes dans le sud du Sine Saloum permettrait d'utiliser les deux types de fermenteurs, pourtant en prévision d'une évolution semblable à celle de la région nord, il conviendrait de développer principalement les fermenteurs à chargement continu.

2) - Implantations

Les problèmes rencontrés lors de l'étude du fermenteur de Ndioukh, Fisse1 permettent de décaler les enquêtes préalables à toute installation.

- approche ergonomique : visant à déterminer les temps de travaux (ramassage de bois, de fèces, préparation du charbon de bois, puisage de l'eau, séchage du compost) Possibilités d'augmenter le rendement de l'heure de travail, d'en diminuer la pénibilité (ramasseur de fèces, exhaure animale,...)

- Approche socio-culturelle concernant les personnes traditionnellement impliquées dans le ramassage du combustible, les relations existant entre les membres d'un même village, d'une même famille (type de fermenteur : individuel familial ou collectif), interdits pouvant exister quant à la collecte des fèces.

- Approche agro-économique : taille du fermenteur en fonction de l'importance des troupeaux, des transhumances, des déchets ménagers, possibilités d'utilisation immédiate ou différée du compost (valeur agronomique) d'où des essais en milieu paysan (maraîchage, cultures traditionnelles).

Ce type d'étude qui semble aller de soi comme préalable à toute implantation n'est en fait généralement pas menée ou seulement après l'installation afin de connaître les raisons du manque d'insertion en milieu paysan. Les motivations personnelles ou collectives sont les facteurs déterminants qui décideront du succès ou de l'échec de l'opération il convient donc d'évaluer celles-ci le plus finement possible.

D'une manière générale il conviendra de ne pas oublier que les installations doivent se faire à proximité :

- du lieu de ramassage des fèces
- d'une source d'eau
- du lieu d'utilisation

3)- Propositions

Si la forme collective (village) semble la plus souhaitable et la plus rentable il paraît nécessaire de miser dans la phase pilote sur les 3 niveaux de fermenteurs :

- collectif (village)
- familial (carré)
- individuel (cuisine)

ceci afin de déterminer les problèmes relatifs au passage du niveau individuel (fort degré de motivation) aux niveaux supérieurs (responsabilité individuelle plus faible).

Le problème de l'installation de latrines sera envisagé au coup par coup,

La phase pilote devrait débuter du Sud du Sine-Saloum à la région du Fleuve, nécessitant donc des fermenteurs à chargement continu.

D'une manière générale il sera fait appel le plus possible aux matériaux locaux ou permettant une activité artisanale ou de petite entreprise industrielle.

Tout matériel de récupération utilisable sera répertorié pour la phase de développement (bus, tuyaux, etc.).

La taille des fermenteurs et des gazomètres devra tenir compte des données suivantes :

- une unité bovine produit en moyenne 10 kg de bouse (80 % d'humidité) par jour
- 1 kg de bouse fraîche produit environ 0,05 m³ de gaz.

- une personne a besoin de 0,6 m³ de gaz/jour pour la cuisson et l'éclairage (0,1 m³/personne/jour pour des usages collectifs).
- un CV/heure moteur consomme 0,45 m³ de gaz.
- la rendement maximum du digesteur semble être atteint avec une solution de 7 à 10% de matières solides.

3) en milieu rural

Les types de fermenteurs répondant aux diverses exigences précédentes semblent être les suivants :

Indien	1,5 à 2.000.000 CFA/30 m ³
--------	---------------------------------------

- Inconvénients :
 - cloche : coûteuse (1/3 du prix)
 - d'utilisation limitée dans le temps (1/3 de durée de l'ouvrage en maçonnerie)
 - entretien fréquent (goudron, fuites) et difficile (soulevage)
 - bourrages dans les conduits, dépôts de sable
 - formation de croute (nature ou substrat)
- Avantage
 - bien connu (très développé en Inde)
 - aspect sanitaire (collecte fèces humain)
 - usage collectif

Sa technologie difficilement maîtrisable au niveau villageois nécessiterait une fabrication industrielle et une infrastructure d'encadrement et d'entretien, coûteuse et lourde,

Chinois	environ 400.000 CFA/10 m ³
---------	---------------------------------------

- Inconvénients
 - peu connu (bien que plusieurs millions en Chine) mais sûrement
 - bourrages et dépôts de sable
 - croute
- Avantage
 - Possibilité d'utilisation de pailles (porcheries en Chine)
 - entretien et accès faciles
 - aspect sanitaire (fèces humains)

Sa technologie semble maîtrisable au niveau villageois et pourrait utiliser des éléments telles les briques CARRERA; ou des éléments industriels de récupération (buses).

Il serait nécessaire soit d'effectuer une mission en Chine soit de faire venir un expert chinois.

Tanzanien

De même principe que le fermenteur indien mais la cloche est remplacée par un assemblage de futs de 200 l, de récupération.

- Inconvénients - peu connu mais sûrement bourrages et dépôts
- pertes de gaz (d'où une plus faible capacité)
- Avantages - plus faible coût que le fermenteur indien
- entretien plus facile
- aspect sanitaire

La technologie semble maîtrisable au niveau villageois, nécessitant à peu près que les connaissances d'un puisatier.

Zaïrois

60.000 CFA/m³

- Inconvénients - faible capacité (possibilité selon les futs utilisés de l'augmenter)
- peu connu
- Avantages - faible coût
- technologie maîtrisable au niveau villageois
- utilisable, lorsque les bovins sont partis, avec les fèces des ovins, caprins.

Testé actuellement dans les pires conditions au CNRA (40 % de matière sèche, grosses quantités de déchets cellulosiques) ce fermenteur modifié s'est révélé très maniable sans problème de bourrages.

Les 3 derniers types de fermenteurs semblent donc répondre le mieux à nos objectifs. Ils pourraient être expérimentés dans plusieurs villages aux 3 niveaux précédemment cités.

Des parcelles de démonstration au milieu paysan seront nécessaires pour inciter les paysans à épandre le compost.

b)- Unité centrale

Une unité centrale disposant des mêmes fermenteurs que ceux diffusés en milieu rural devrait permettre de discriminer les problèmes liés à la conception du fermenteur de ceux liés à leur utilisation par les ruraux.

La présence de cette unité au CNRA devrait permettre un soutien scientifique complet, tant pour l'étude des :

- pH
- température
- analyses d'éléments organiques et minéraux
- adjonction d'intrants
- populations microbiennes, d'adventices
- problèmes sanitaires.

quo pour l'adaptation de matériel existant (motopompes, broyeurs, .,)

Enfin les champs disponibles au CNRA devraient permettre l'expérimentation agronomique.

c)- Développement du projet

Il conviendra d'analyser au première année les raisons du succès ou de l'échec de la phase pilote avant de lancer une diffusion plus importante, contrairement à ce qui est envisagé au MDIA.

D'autre part il serait plus profitable de trouver une formule de participation des paysans au paiement des fermenteurs; il a en effet été remarqué que la nécessité de payer, ne serait-ce qu'une quote part minime, entraîne un meilleur entretien et un plus grand souci de l'installation quo la technique du don, s'il paraît difficile de faire rembourser entièrement les fermenteurs l'argent retiré de cette "location-vente" devrait permettre d'augmenter le nombre de fermenteurs à partir de la même somme,

La collaboration avec divers organismes, CCR, Peace-Corps, MDIA, VP, sera nécessaire tant pour développer un artisanat local que pour assurer un encadrement technique minimum. A ce sujet des stages au CNRA de fabrication, d'entretien des fermenteurs et de conduite de la fermentation seraient à envisager.