

1981/98

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ISRA - CNRA
Bibliothèque
BAMBAY

SECRETARIAT D'ETAT A LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

CN0700738
P065
ALL

ESSAIS DE COMPOSTAGE METHANOGENE
EN MILIEU VILLAGEOIS AU SENEGAL

Par

ALLARD (J.L.), DIATTA (S.), BERTHEAU (Y.)
et GANRY (F.)

IVème Conférence annuelle de l'A.A.A.S.A.
Le Caire 23-30 Octobre 1981

Octobre 1981

Centre National de Recherches Agronomiques
de Bambey

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

(I. S. R. A.)

1 - INTRODUCTION

Les restitutions de matière organique sont une des conditions essentielles du maintien et de la restauration de la fertilité des sols en zone soudano-sahélienne.

L'enfouissement des pailles en fin de cycle préconisé par la recherche se heurte à de nombreuses contraintes (pédoclimatiques, agronomiques et socio-culturelles).

Un apport en début de cycle nécessite une matière organique évoluée afin d'éviter les problèmes de phytotoxicité et les "faims" d'azote en cours de culture. Cependant la vulgarisation des fosses fumières ou du compostage en fosse des pailles en bout de champs rencontre de nombreuses réticences en milieu rural.

Nos travaux se sont donc orientés vers le compostage méthanogène dont la production de gaz constitue une plus-value incitatrice à la bonne conduite du compostage.

En complément de l'aspect purement agronomique et de l'aspect énergétique, le développement du biogaz contribue à la lutte contre la déforestation par les économies de bois qu'il permet de réaliser ainsi qu'à améliorer l'hygiène,

Nos travaux se sont orientés jusqu'ici vers trois thèmes principaux :

- recensement des quantités de résidus de récolte, de leur disponibilité et des possibilités de valorisation par le compostage méthanogène ;
- étude en station et en milieu rural de différents types de fermenteurs adaptés aux besoins et aux ressources d'une famille en zone soudano-sahélienne ;
- évaluation des effets agronomiques à court et moyen terme du compost produit par les installations sur la fertilité du sol en culture pluviale traditionnelle.

2 - ENQUETES EN MILIEU RURAL

Ces enquêtes ont été menées dans 3 régions du Sénégal :

- 1978 Région de Thiès-Diourbel
- 1979 " du Sine-Saloum
- 1980 " de Casamance.

La situation géographique des villages dans lesquels ont été réalisées ces enquêtes est indiquée sur la figure 1.

Nous avons regroupé les résultats en trois zones de pluviométrie croissante :

- la zone de 500 à 750 mm que nous appellerons partie Nord du Bassin arachidier qui comprend la région de Thiès-Diourbel et le Nord de la région du Sine-Saloum ;

- la zone de 750 à 1000 mm ou partie Sud du Bassin arachidier comprenant le Sud et le Centre de la région du Sine-Saloum ;

- la zone de plus de 1000 mm de précipitations annuelles correspondant à la Basse et Moyenne Casamance.

Nous nous sommes attachés au cours de ces enquêtes à recueillir des informations concernant :

- les quantités totales moyennes de pailles produites à l'hectare pour les céréales et l'arachide à partir des poids de grains récoltés et d'une estimation au champ du rapport paille/grain, pour l'herbe de jachère à partir des données recueillies au cours d'une enquête antérieure (Valenza 1973);

- les taux de collecte moyens des pailles pour les différentes cultures et l'utilisation de ces pailles.

A partir de ces données nous avons estimé les disponibilités en résidus celluloseux pour les différentes cultures.

a/- Disponibilités en résidus pailleux

Le tableau n°1 regroupe ces différents résultats

Zone	Culture	Pailles t/ha	Ramassa- ge %	Utilisation	Disponi- bilité t/ha
Nord Bassin Arachidier	Arachide	0.7-1.0	100	Animaux	Nulle
	Mil	1.0-2.0	50-100	Domestique + Animaux	Nulle
	Jachère	0.4-3.0	50-100	" "	Nulle
Sud Bassin Arachidier	Arachide	0.7-1.7	100	Animaux + Vente	Nulle
	Mil	1.7-3.0	10-15	Domestique	1.0-2.5
	Jachère	0.4-3.0	10-15	"	0.2-2.5
Casamance	Mil	1.0-2.5	0-10	Domestique	1.0-2.5
	Maïs	2.5-4.0	0-10	"	1.5-4.0
	Sorgho	1.0-3.0	0-10	"	1.0-3.0
	Riz	0.2-0.8	0-10	"	0.2-0.8
	Arachide	0.2-0.8	80-100	Animaux + Vente	Nulle
	Jachère	0.4-3.0	0-10	Domestique	0.4-3.0

Tab. 1 : Production totale moyenne de pailles (t/ha), taux de ramassage, utilisation et disponibilité pour les différentes cultures au Sénégal.

Dans la partie Nord du Bassin arachidier on mesure des productions de paille se situant à un niveau faible (maximum 1.0t m.s./ha pour l'arachide et 3.0t pour le mil). Le taux de ramassage est élevé du fait de l'utilisation d'une partie importante des pailles et des herbes de jachère pour l'alimentation animale. Celle-ci se superpose à l'usage domestique traditionnel, que constitue la confection des "tapades" (palissades construites à partir de tiges de mil) ainsi que la construction des murs et des toitures de cases. Ceci se traduit par des disponibilités faibles à nulles pour les résidus pailleux dans cette zone.

Dans la partie Sud du Bassin arachidier, les productions de pailles par hectare sont plus élevées et peuvent atteindre 1.7t m.s./ha pour l'arachide et 3.0t m.s./ha pour le mil. Seule la fane d'arachide, utilisée pour la nourriture des animaux ou revendue à l'extérieur de l'exploitation, est collectée de façon importante (100 %). La paille de mil et les herbes de jachère collectées servent uniquement aux usages domestiques (cases, tapades) ce qui explique les taux bas de collecte (10-15 %).

Dans cette zone les disponibilités peuvent atteindre 2.5t m.s./ha pour ces deux derniers types de résidus. Par contre les disponibilités restent nulles pour la fane d'arachide.

Dans la 3ème zone, la Casamance, les quantités de paille produites sont plus importantes, en particulier pour le maïs et le sorgho qui peuvent atteindre respectivement 4.0t et 3.0t m.s./ha. Les taux de collecte sont faibles à nuls sauf pour la fane d'arachide dont la collecte reste presque totale pour la nutrition animale et la vente. Les autres résidus restent, quand ils font l'objet d'un ramassage, destinés aux usages domestiques. Les disponibilités pour les résidus pailleux sont donc plus importantes que dans les deux autres régions (maximum 4.0t m.s./ha pour une culture de maïs).

b/- Options technologiques pour le développement du biogaz dans les zones enquêtées.

A partir des estimations portant sur la nature et les quantités de résidus pailleux disponibles, il est possible de dégager pour chaque zone les options technologiques les plus appropriées pour le développement du compostage méthanogène. Ces possibilités sont résumées dans le tableau n°2.

Zone	Résidus	Localisation	Type fermenteur	Taille (m3)	Gaz (m3/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 pailleux	5-10	2-4	1.0-2.0
Casamance	Paille	Champs	Continu ou discontinu Substrat pailleux	5-10 ou 20-400	2-4 ou 8-130	1.0-3.0

Tab. 2 : Fermentation méthanogène, options technologiques, production de gaz et de compost.

- Bassin arachidier - Partie Nord :

Dans cette zone les disponibilités en résidus pailleux sont extrêmement réduites du fait de l'utilisation des pailles de mil et des herbes de jachère en complément de la fane d'arachide pour la nutrition animale. Le bétail étant dans ce cas en partie au moins parqué à proximité de l'habitation, les fécès constitueront le substrat principalement utilisable dans une installation de compostage méthanogène. Les quantités récupérables seront faibles, vu le niveau de la production totale de pailles. Le type de fermenteur le mieux adapté est un fermenteur à alimentation continue de 2 à 4 m³ fonctionnant avec un substrat liquide (type Sariah-IRAT ou IERA). L'utilisation du gaz reste limitée à l'éclairage et à la cuisine pour une famille. Les quantités de compost atteignent au maximum 0.5 à 1.0t m.s./ha/an.

- Bassin arachidier - Partie Sud :

Les disponibilités en résidus pailleux sont plus élevées et peuvent atteindre dans cette zone 3.0t m.s./ha. L'introduction de fermenteurs fonctionnant principalement à partir de résidus pailleux à chargement continu (Transpaille - IRAT) ou discontinu (Procédé ISMAN) devrait permettre d'atteindre, pour une taille moyenne de fermenteur de 5-10 m³, une production de compost de 1.0 à 2.0t m.s./an de compost par hectare cultivé. La production de gaz, plus importante, pourrait, en plus de l'éclairage et de la cuisine être utilisée pour la petite irrigation.

- Casamance :

Comme dans la partie Sud du Bassin arachidier, les résidus pailleux constituent en Casamance le principal substrat utilisable pour le compostage méthanogène. Deux types d'installations peuvent être envisagés :

- des installations individuelles analogues à celles retenues pour la zone précédente ;

- des installations collectives de grande taille (20-400 m³) pouvant servir à l'exhaure de l'eau sur des périmètres irrigués, au battage des récoltes ou au broyage des céréales mais aussi comme source d'énergie pour dispensaires ou pour la production d'électricité. Les quantités de compost produites à l'hectare se situent entre 1.0t et 3.0t m.s./ha/an.

3 - ETUDE DE DEUX INSTALLATIONS METHANOGENES EN MILIEU PAYSAN

a/- Fermenteur Indien

Un fermenteur de type Indien (fig 2) a été installé en juillet 1978 par Caritas-Sénégal dans un village de la Partie Nord du Bassin arachidier. Ce fermenteur dont les caractéristiques techniques sont résumées dans le tableau n°3 alimente en gaz un "carré" de 3 cases pour la cuisine et l'éclairage.

Volume cuverie :	27 m ³
Alimentation :	continue - 40 kg m.s./jour (fécès 20 - 25 bovins)
Substrat :	liquide (7 - 8 % m.s.)
Gaz :	10-15 m ³ /jour
Utilisation :	Cuisson - Eclairage pour 30 personnes
Compost :	15t m.s./an
Coût fermenteur :	1.000.000 F CFA au 1.7.78
Coût du KW H utile :	25 F CFA

Tab. 3 : Données techniques fermenteur Indien - Caritas-Sénégal.

Le bilan d'une année de fonctionnement montre que l'alimentation moyenne du fermenteur s'est située autour de 5-10 kg de m.s./jour. La production moyenne de gaz de 1 à 2 m³/jour a suffi pour couvrir la demande en gaz.

b/- Fermenteur Zaïrois modifié ISRA

Un fermenteur de type Zaïrois (fig 3) modifié ISRA a été installé fin 1980 dans un village de la partie Nord du Bassin arachidier. Les caractéristiques techniques sont résumées dans le tableau n°4.

Volume utile : 0.8 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
Coût KW H utile : 60 F CFA

Tab. 4 : Données techniques, fermenteur Zaïrois modifié ISRA.

Ce fermenteur, alimente journallement par un mélange de 1/3 de coque arachide et de 2/3 de fécès bovins, additionné d'eau jusqu'à 8 % m.s., s'est montré très maniable et sans problèmes de bourrage. La production de gaz atteignant en moyenne 300 l de gaz par jour s'est révélée insuffisante, malgré la construction d'un fourneau pour économiser l'énergie. Les besoins en gaz se situent autour de 400 l/jour.

c/- Enseignements et perspectives de développement du biogaz dans la partie Nord du Bassin Arachidier

Le suivi de ces deux installations nous a permis de préciser un certain nombre de points quant aux possibilités de développement du biogaz en milieu rural dans la partie Nord du Bassin Arachidier Sénégalais et confirment les résultats obtenus au cours des enquêtes.

Dans la zone étudiée les disponibilités en résidus pailleux sont très réduites. Le substrat de base pour la production de biogaz est constitué essentiellement de fécès. Les quantités récupérées à proximité de l'habitation suffisent pour alimenter un fermenteur de taille comprise en 2 et 4 m³. La production de gaz résultante (1-2 m³) permet de satisfaire les besoins en gaz pour la cuisine et l'éclairage.

De part sa taille trop importante, son coût élevé et son entretien faisant appel à une main-d'oeuvre extérieure le fermenteur de type Indien s'est révélé inadapté pour l'usage familial dans cette zone.

Le fermenteur Zaïrois modifié, de part sa production de gaz insuffisante due à sa capacité trop réduite et du fait de l'utilisation d'un matériau de construction trop coûteux (fûts métalliques) n'est pas non plus directement vulgarisable. Par contre, le processus continu de fermentation en milieu liquide s'est révélé bien adapté à la situation rencontrée.

Dans les deux cas, les conditions de fermentation ont été optimales (mil neutre, substrat à 30° C et 65-70 % de CH₄). Seul le remplissage initial de la cuverie quant il fait appel au puisage manuel est problématique.

Il convient donc pour la poursuite de l'expérimentation :

- de conserver le processus de fermentation utilisé dans les deux installations ;
- de développer pour l'usage familial des fermenteurs en maçonnerie avec ou sans cloche de taille située entre 2 et 4 m³.
- d'améliorer le fermenteur Zaïrois modifié ISRA en augmentant sa taille et en utilisant un matériau moins coûteux (ferro-ciment par exemple).

4 - VALEUR AGRONOMIQUE DU COMPOST BIOGAZ

Afin de quantifier l'effet fertilisant du compost biogaz nous avons mis en place en 1979 un essai en lysimètres sur mil et arachide. La dose de compost appliquée équivalait à 5t de m.s./ha. Le tableau n°5 résume les résultats obtenus. On observe un effet positif significatif de l'apport de compost sur les poids d'épis et de grains pour le mil et un effet plus faible sur les poids de gousses et de grains pour l'arachide. Par contre il n'y a pas d'effet sur les poids de tiges et feuilles pour les deux plantes. On observe de plus pour le mil une augmentation du taux d'azote total dans les grains de 3.7 à 4.3 % sous l'action du compost.

		Témoin	Compost (5 t. m.s./ha)
<u>Mil</u>	Tiges + Feuilles	1 500 a	1 500 a
	Epis	600 a'	700 b'
	Grains	360 a''	480 b''
<u>Arachide</u>	Tiges + Feuilles	350 a	350 a
	Gousses	79 a'	87 a'
	Grains	51 a''	59 a''

TEST KEULS 5 %

Tab. 5 : Lysimètres - 1978 - Effet compost biogaz sur rendements mil-arachide (g/lys) - Variétés : 3/4 Ex-Bornu, 55-437.

L'essai en champ paysan a été conduit en 1981. Il s'agit d'un dispositif comportant 6 blocs de Fisher. La taille des parcelles utiles est de 32 m². Les trois traitements appliqués permettent de comparer l'effet d'une poudrette non compostée et d'un compost biogaz à dose égale apportés en début de cycle et enfouis par labour.

Les résultats obtenus (tableau n°6) confirment ceux de l'essai précédent. L'effet de la poudrette est très inférieur à l'effet de l'apport de compost.

Mil (Souna III)	Témoin	Fumier (3t m.s./ha)	Compost (3 t m.s./ha)
Tiges + Feuilles	4.9 a	5.2 a	5.8 b
Epis	1.8 a'	1.9 a'	2.2 b'

TEST KEULS 5 %

Tab. 6 : Essai fumure organique
Bambey-Sérère 1981 - Rendements mil (t.m.s./ha)

CONCLUSION

Les enquêtes réalisées en milieu rural ont permis pour les trois régions du Sénégal dans lesquelles elles ont eu lieu de préciser les disponibilités en résidus pailleux et les potentialités qu'offrent ces régions pour le développement de fermenteurs méthanogènes. Ce développement est possible dans les trois régions mais sous des formes différentes :

- Dans la partie Nord du Bassin arachidier, les disponibilités en résidus pailleux sont nulles. Le développement du biogaz n'est possible que sous forme de fermenteurs de petite taille (2-4 m³) ;
- La partie Sud du Bassin arachidier par ses disponibilités en résidus pailleux permet d'implanter des fermenteurs de taille plus importante (5-10 m³) ;
- La Casamance offre des potentialités importantes pour le développement d'unités biogaz fonctionnant à partir de résidus pailleux.

La réalisation de deux unités pilotes de fermenteurs en milieu paysan, nous a permis de définir les caractéristiques les plus appropriées des fermenteurs méthanogènes vulgarisables dans la partie Nord du Bassin arachidier.

Il est cependant essentiel d'élargir l'expérience acquise aux deux autres zones en s'appuyant sur les résultats des enquêtes.

Enfin le "compost biogaz" s'est révélé être un facteur important pour l'amélioration à court terme du rendement sur céréale (+ 20 % sur mil à dose de 3 t/ha de compost) et également de la qualité nutritive du grain. Son effet est nettement supérieur à celui d'un fumier non composté. D'autres essais sont cependant nécessaires pour permettre d'évaluer les effets à moyen terme du compost sur la fertilité des sols et de définir les doses optimum à appliquer.

R E S U M E

Par des enquêtes en milieu rural nous avons recensé les quantités de résidus cellulosiques disponibles en agriculture vivrière traditionnelle dans les zones climatiques du Sénégal (Nord et Sud du Bassin arachidier et Casamance).

A partir de ces résultats nous avons défini les potentialités en matière de fermentation méthanique, type de fermenteur, substrat et production de gaz pour ces régions.

L'installation de deux unités pilotes en milieu paysan dans une des zones a confirmé les résultats obtenus au cours des enquêtes. Ceci nous a permis de proposer deux solutions techniques pour la production de biogaz.

Un essai en case lysimétriques et un essai en champ paysan ont mis en évidence l'effet positif du compost sur le rendement du mil.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- CHIFFE F., MBARILA N. : 1979.- Un digesteur à flux continu.
Université Nationale du Zaïre, Centre de Recherches Universitaires
du Kiwa (Cernki) n°3.
- 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. Sols.
- SEZE O. : 1979.- Enquête sur les disponibilités en matières organiques et leurs
modes de restitutions au sol dans la région du Sine-Saloum. Doc ronéo.
CNRA de Bambey. Div. Bioch. Sols.
- SEZE O. : 1979.- Biogaz, au Sénégal - Bilan d'un an de fonctionnement. Doc
ronéo. CNRA de Bambey.
- BERTHEAU Y. : 1981.- Disponibilités en matière organique en Casamance. Doc. ronéo.
CNRA de Bambey.
- CHIFFE F. et BERTHEAU Y. : 1980.- Gestion des résidus de récolte et économie de
l'azote au Sénégal.
Sem. régional sur le recyclage organique en agriculture en Afrique de
l'Ouest - Lomé FAO (à paraître).
- BERTHEAU Y., SEZE O., DREVON J.J. et GANRY F. 1981.- Biogaz au Sénégal - Bilan et
perspectives de développement - IIème Colloque International de technolo-
gie de l'AUFELF - Lomé (à paraître).
- MARTEL P. : 1973.- Paturage et alimentation du bétail à l'unité expérimentale
de Thyssé Kayemor. LNERV Dakar, Doc ronéo.

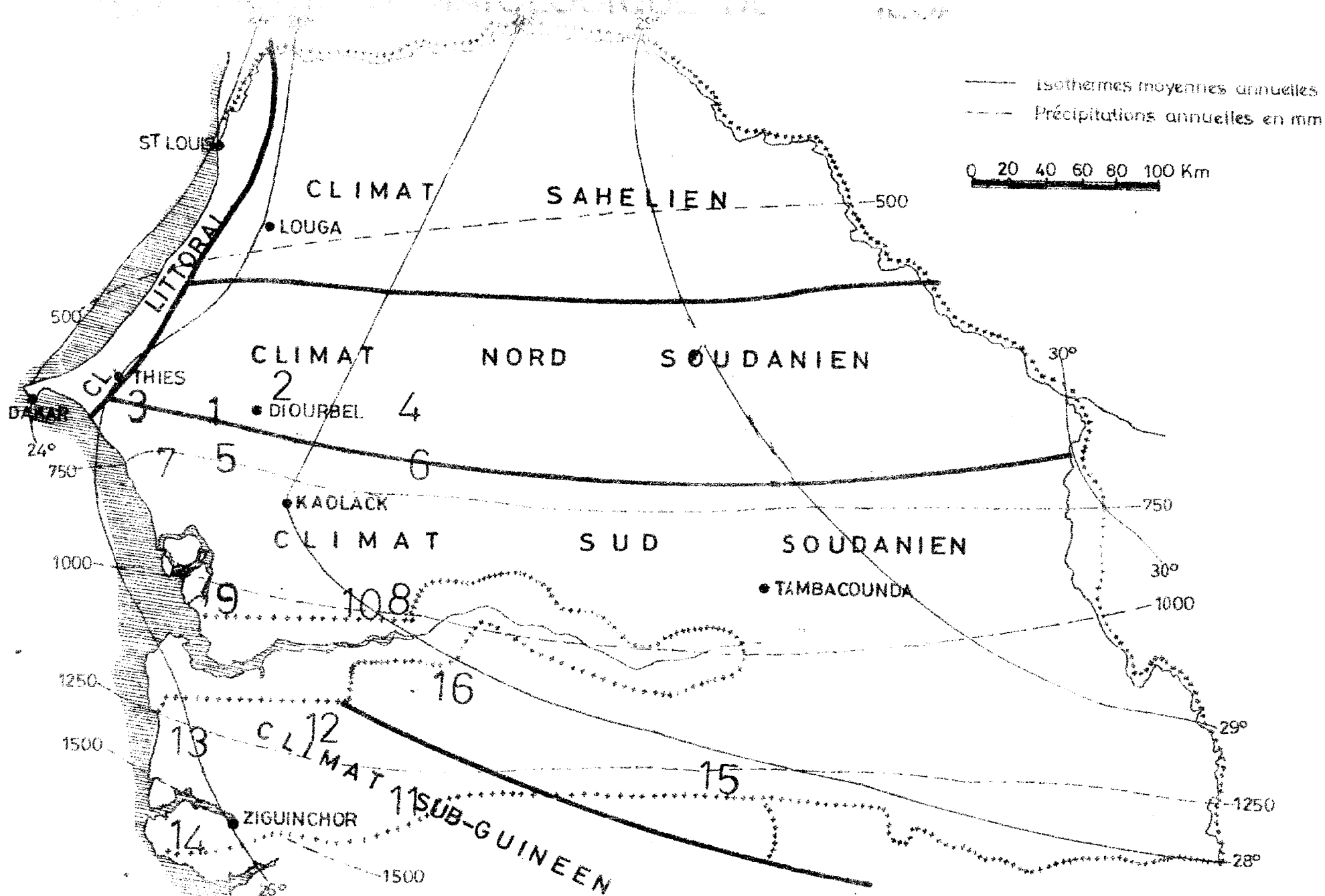


fig2: FERMENTEUR DE NIANNING

Coupe transversale

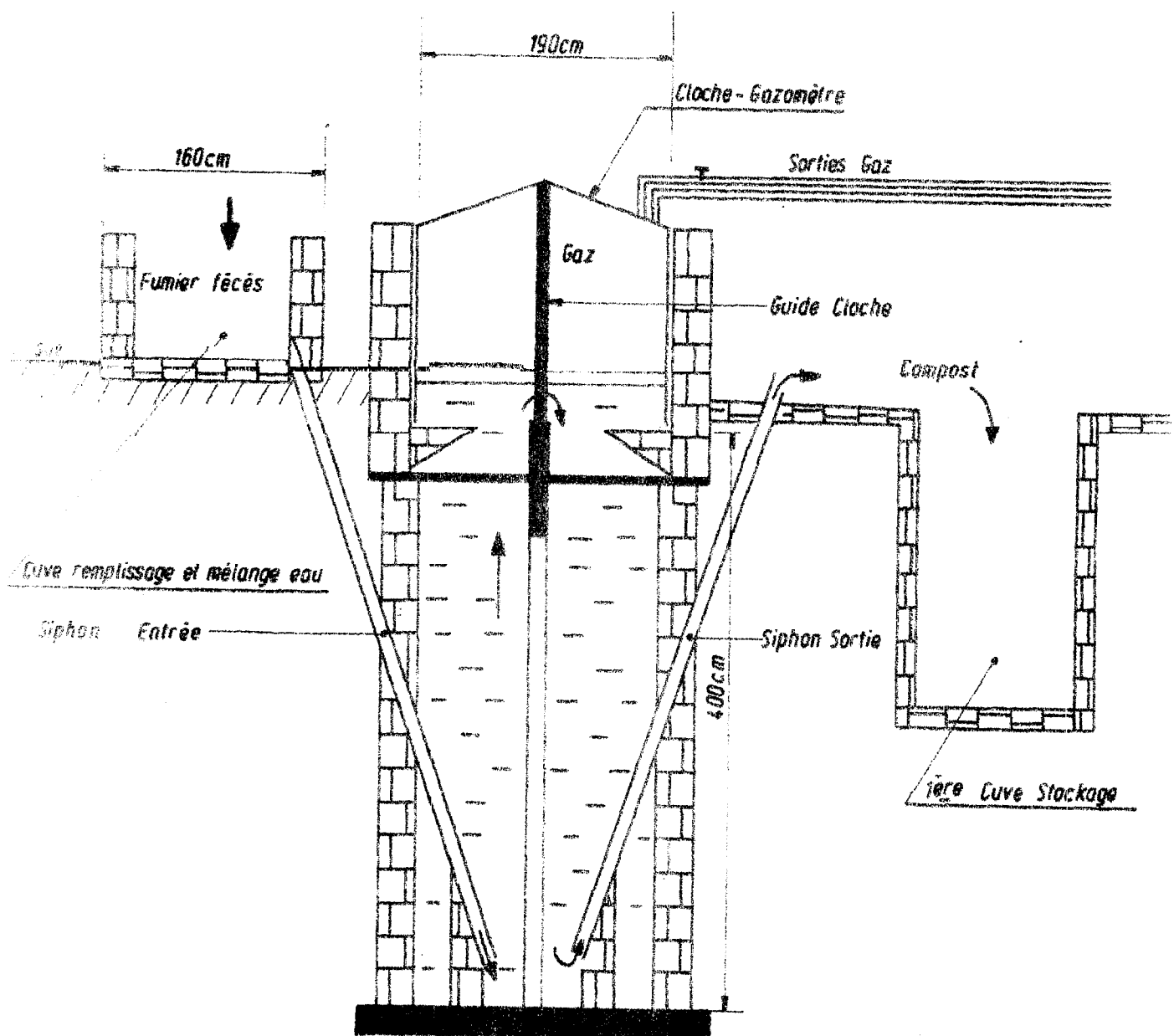


Fig 3: Fermenteur de type zaïrois modifié ISRA en expérimentation au CNRA
(7 futs métalliques de 200l)

