

Valorisation d'une Euphorbiacée tropicale par biométhanisation

D. Sow, M.D. Sall, B. Ollivier, E. Tine & D. Aw.

Keywords: *Euphorbia tirucalli* — Mesophilic — Thermophilic — Fermentability — Biomass — Sahelian.

Résumé

La biométhanisation d'une Euphorbiacée a été réalisée en régime mésophile (37°C) et en régime modérément thermophile (48°C) dans des digesteurs en batch chargés à 5% de matière sèche. Trois préparations différentes de la plante ont été étudiées. On montre la fermentescibilité de la plante avec des productivités comparables et même souvent supérieures à d'autres biomasses.

Les meilleurs rendements obtenus en mésophilie avec la plante broyée (0,375 l/l/jour) sont peu modifiés en thermophilie (0,385 l/l/jour). Par contre avec la plante coupée en morceaux, on triple les rendements avec l'augmentation de la température (0,238 l/l/jour à 0,784 l/l/jour).

Summary

Biomethanisation of an Euphorbiacea has been carried out in mesophilic condition (37°C) and in moderate thermophilic condition (48°C) in batch digestors loaded at 5% with dry matter. Three various preparation were studied. The fermentability of the plant is shown with productivities comparable to and even often higher than other biomasses. The best yield obtained in mesophilic condition with the ground plant 0.375 l/l/day are only very slightly modified in moderate thermophilic condition (0.385 l/l/day). On the other hand with the coarse chopped plant, the yield is trebled with the temperature increase (0.238 l/l/day at 0.784 l/l/day).

1. Introduction

Plus de 80% des besoins énergétiques des pays sahéliens sont couverts par le bois et ses dérivés. Ainsi, la pression exercée sur le capital forestier de ces pays conjuguée avec les cycles de sécheresse qui y sévissent depuis bientôt un quart de siècle ont considérablement réduit la disponibilité de cette matière première indispensable aux paysans.

Dans le cadre du Comité Inter-état de Lutte contre la Sécheresse au Sahel, des politiques de préservation et de régénération des forêts constituent un objectif fixé par les Etats de cette sous-région. A cet égard, les énergies renouvelables constituent une alternative au bois de chauffe : énergie solaire, biofermentation, énergie éolienne. Des recherches sont activement menées depuis quelques années sur l'implantation de fermenteurs méthaniques dans les villages sahéliens afin d'une part, d'économiser le bois et d'autre part, de produire un fertilisant utilisable en milieu rural.

Le premier facteur limitant de ces expériences est la disponibilité permanente de la biomasse à fermenter. Notre étude vise à trouver une biomasse végétale fermentescible, abondante et renouvelable dans la région sahélienne. *Euphorbia tirucalli* semble intéressante à cet égard.

2. Présentation du matériel végétal

Euphorbia tirucalli est une espèce pérenne de type arbustif se présentant soit sous forme d'arbuste buissonnant soit sous forme d'arbre à tronc épais. Elle appartient à la famille des Euphorbiacées (13). C'est une plante à latex riche en eau (86%). Les analyses de sa composition chimique ont montré un C/N de 34 (10). Le dosage des composants solubles

a montré la présence d'acides gras à longues chaînes carbonées, de triterpènes, d'euphol et du tirucalol.

Euphorbia tirucalli pousse sur tous les types de sols. Elle est une des rares plantes épargnées au Sénégal par les cycles de sécheresse grâce à ses propriétés agro-pastorales spécifiques :

- une exigence faible en eau,
- une toxicité vis-à-vis des herbivores,
- un bois sans intérêt pour le chauffage,
- une résistance aux parasites.

Des études menées au Kenya (3) ont montré que *Euphorbia tirucalli* donnait les meilleurs rendements en biomasse parmi toutes les plantes adaptées aux sols arides testées. Au Sénégal, cette plante n'est pas valorisée actuellement. Elle est utilisée pour constituer des haies autour des jardins et maisons et à l'embellissement des espaces verts des villes notamment Dakar.

3. Matériel et méthodes

Les essais de digestion de la plante sont réalisés dans des digesteurs en batch de 1,5 litre chargés à 1% et à 5% de matière sèche (MS) et incubés à 37°C et 48°C. Trois préparations de la plante sont étudiées : plante fraîche coupée en morceaux, plante fraîche broyée et plante séchée puis broyée. La composition du biogaz a été déterminée par un chromatographe en phase gazeuse (Beckman GC2 120) équipé d'un détecteur à catharomètre et muni d'une colonne remplie d'un support PORAPAK S (5). Les résultats obtenus avec la plante séchée ainsi que ceux des réacteurs chargés à 1% de MS sont très faibles et ne sont pas commentés (10).

4. Résultats

4.1. Digestion en régime mésophile (37°C)

4.1.1. Plante fraîche coupée en morceaux

La courbe de production de méthane fait apparaître deux étapes de digestion de la matière organique. La première étape correspond à l'hydrolyse puis à la fermentation de la biomasse. Elle se caractérise par une faible production de méthane et par une acidification du milieu fermentaire. La deuxième étape correspond à l'activité maximale des bactéries méthanogènes. Elle se manifeste par une importante production de méthane (Fig. 1).

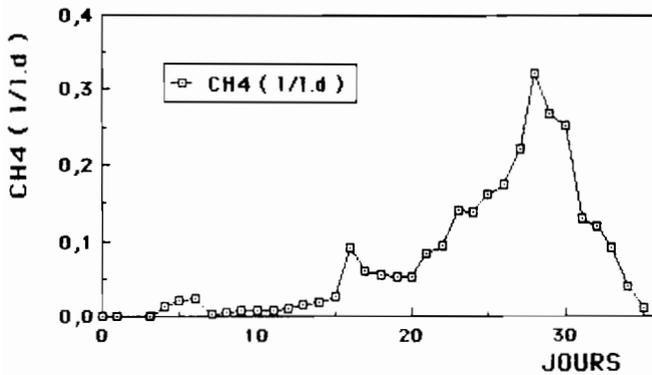


Figure 1 — Production de méthane du réacteur alimenté avec la plante coupée en morceaux.

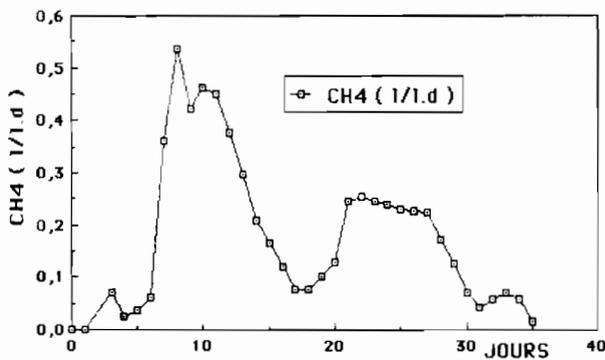


Figure 2 — Production de méthane du réacteur alimenté avec la plante broyée.

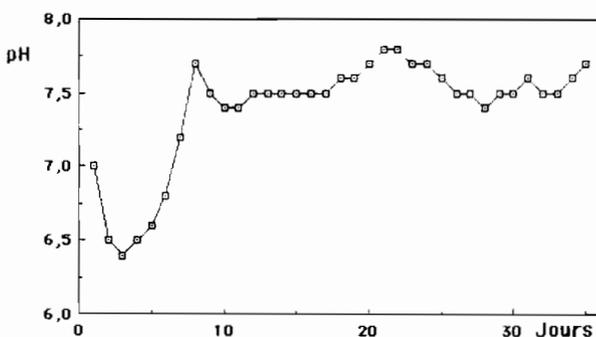


Figure 3 — pH du réacteur alimenté avec la plante broyée.

4.1.2. Plante fraîche broyée

Comme précédemment, on note une production de méthane en deux étapes. La première étape se caractérise par une forte production de biogaz relativement riche en CO₂ et la deuxième étape est une phase de moyenne production de gaz mais riche en méthane (Fig. 2).

Cette préparation de l'euphorbe a un profil fermentaire acide (Fig. 3). Pendant la première semaine de digestion le milieu fermentaire a été neutralisé avec du bicarbonate de sodium à raison de 5 g par jour.

4.2. Digestion en régime modérément thermophile (48°C)

4.2.1. Plante fraîche coupée en morceaux

Cette préparation de l'euphorbe digérée à 48°C a une production de méthane croissante du début jusqu'à la fin de la fermentation (Fig. 4). La productivité en méthane est particulièrement intéressante: 0,51 l/lj.

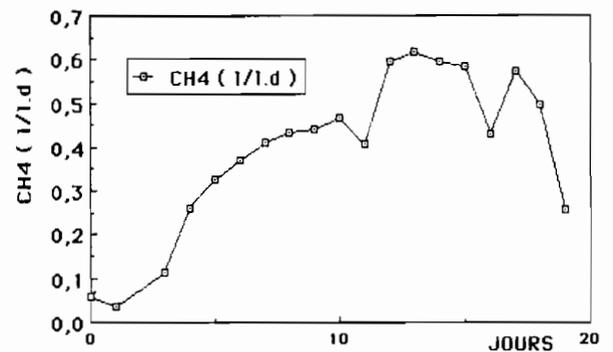


Figure 4 — Production de méthane du réacteur alimenté avec la plante coupée en morceaux.

Le milieu fermentaire ne s'est acidifié que faiblement au deuxième jour de digestion (Fig. 5) sans qu'il ait été nécessaire de le neutraliser comme avec les expériences en mésophilie.

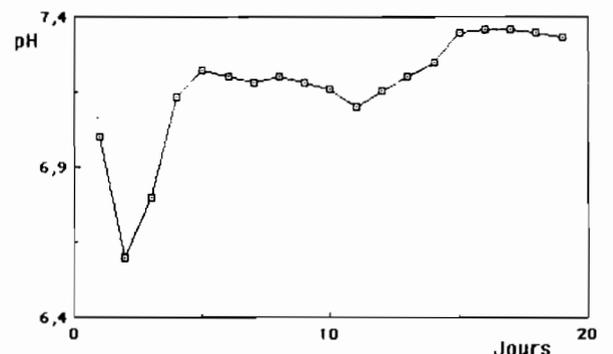


Figure 5 — pH du réacteur alimenté avec la plante coupée en morceaux.

4.2.2. Plante fraîche broyée

Le réacteur alimenté avec cette préparation a un pH initial de 4,8. Le milieu fermentaire a donc été tamponné en début et pendant les deux premières semaines de digestion (Fig. 6). Quinze grammes de NaHCO_3 ont été utilisés en moyenne à chaque neutralisation.

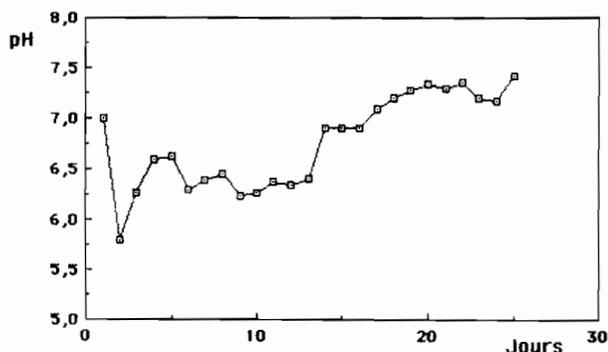


Figure 6 — pH du réacteur alimenté avec la plante broyée.

La courbe de production de méthane est comparable à celle enregistrée en mésophilie pour la même préparation de la plante (Fig. 7). Cependant, on note pour cette expérimentation une production moyenne de méthane très faible : 0,045 l/l.j.

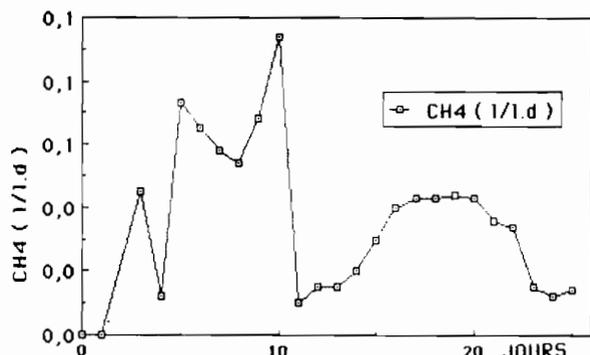


Figure 7 — Production de méthane du réacteur alimenté avec la plante broyée.

4.3. Discussion

Les résultats obtenus au cours de ces expériences montrent que *Euphorbia tirucalli* est une biomasse fermentescible. En effet, les productivités enregistrées sont comparables et souvent supérieures à celles obtenues avec d'autres biomasses (2), (4), (6), (7), (8), (9), (12).

Le meilleur rendement à 37°C est obtenu à partir de la plante broyée (Tableau 1), le broyage ayant facilité l'hydrolyse de la matière organique (10,12).

L'augmentation de la température de 37°C à 48°C a permis d'améliorer la productivité en méthane de 0,24 l/l.j. à 0,78 l/l.j. pour la plante coupée en morceaux (Tableau 1). Cette amélioration de la performance du réacteur correspondrait à une meilleure solubilisation des substances solubles et fermentescibles de la plante ayant pour conséquence une activité accrue de la flore bactérienne hydrolytique, fermentaire et méthanogène (10,11).

TABLEAU 1

Rendements l/l.j.	Digesteur de laboratoire				Transpaille
	Plante en morceaux		Plante broyée		Plante en morceaux
	37°C	48°C	37°C	48°C	
	0,16	0,50	0,24	0,25	0,60

La digestion à 48°C de la plante broyée s'est traduite par une baisse de la production moyenne de méthane. Cela semble dû à la forte acidification notée au cours de cette digestion. La solubilisation rapide des composés solubles de la plante broyée et l'activité intense des bactéries hydrolytiques et fermentaires engendrées seraient à l'origine de la chute persistante du pH du milieu fermentaire. Les microorganismes méthanogènes sont sensibles au pH du milieu fermentaire (13).

5. Conclusion

Les résultats de nos travaux montrent que *Euphorbia tirucalli* peut être valorisée par la fermentation méthanique. Les productivités en méthane enregistrées et les propriétés pédoclimatiques font de cette euphorbe une biomasse de choix pour la fermentation en zone aride.

L'acidification des réacteurs en première semaine de digestion ne constitue pas un facteur limitant de biométhanisation de cette plante en milieu rural. En effet, des essais réalisés au laboratoire ont montré que le milieu fermentaire peut être neutralisé par de la chaux, matière première abondante et disponible en milieu rural sénégalais. Cette neutralisation des réacteurs ne s'impose d'ailleurs qu'au moment du lancement des réacteurs pour la plante coupée en morceaux, préparation préconisée pour le milieu rural. L'implantation de réacteurs méthaniques est donc envisageable en milieu rural sénégalais notamment dans les régions les plus éprouvées par la sécheresse. Le biogaz produit pourra être utilisé comme substitut au bois de chauffe et/ou pour le pompage de l'eau. Récemment, l'IRAT a mis au point un réacteur à fonctionnement continu adapté aux substrats pailleux tel que *Euphorbia tirucalli*. Nous avons réalisé des essais de digestion anaérobie de l'euphorbe coupée en morceaux avec un Transpaille pilote de 120 litres. Les résultats obtenus sont satisfaisants : 0,60 l de CH_4 /l.j. Ces rendements sont supérieurs à ceux obtenus avec d'autres substrats fermentés dans le même type de réacteur. Le réacteur n'a été neutralisé au $\text{Ca}(\text{OH})_2$ à raison de 1 gramme de chaux par kg de matière fraîche en début de digestion.

A partir de janvier 1990, nous allons mettre en fonctionnement un digesteur type Transpaille de 12 m³ dans une ferme pilote. Ce digesteur devra couvrir les besoins énergétiques de l'exploitation : refroidissement du lait, éclairage et cuisson des aliments. Le résidu de la digestion de la plante fera l'objet d'études agronomiques pour sa valorisation. La production annuelle de méthane prévue est de 2.600 m³ soit 4000 m³ de biogaz titrant 65% de CH_4 . Cette production nécessitera 11 tonnes de matière sèche soit 0,55 hectare de champ d'euphorbe (3). La zone d'implantation du réacteur étant pourvue de plusieurs champs d'euphorbe sauvages, l'approvisionnement en matières organiques sera régulier.

Références bibliographiques

1. Barker H.P., 1965. Biological formation of methane, in Bacterial fermentation, John Wiley and sons, New York, p. 1-27
2. Cousin J.P., 1981. Biogaz-compost: bilan des recherches-potentialité de la filière en Haute-Volta (Burkina Faso). Commissariat à l'Energie Solaire (COMES). France. 59 p.
3. Declercq M., Smets J. & Roman J., 1985. Euphorbia project: renewable energy production through the cultivation and processing of semi arid land biomass in Kenya. EEC Conference Energy from biomass III, Venise. 24-29 March, 5 p.
4. de Pierrefeu A., 1983. Valorisation des déchets et dépollution par fermentation méthanique. IRCHA-Vert Le Petit, 51 p.
5. Garcia J.L., Guyot J.P., Ollivier B., Trad M. & Paycheng C., 1983. Ecologie microbienne de la digestion anaérobie. Cahiers ORSTOM, Sér. Biol. **45**: 3-15.
6. Garcia J.P., Guyot J.P., Ollivier B., Trad M. & Paycheng C., 1983. Recherche sur la production de méthane à partir de résidus solides d'industries agro-alimentaires. Rapport COMES. 24 p.
7. Labat M., Garcia J.L. & Meyer F., 1984. Anaerobic digestion of sugar beet pulps. Biotechnology Letters, **6**: 379-384.
8. Leclercq S. & Petitclercq A., 1984. Recherche sur la production de méthane et de compost à partir de déchets d'abattoirs: Cas des Abattoirs de Dakar et Thiès, ORSTOM DAKAR, 40 p.
9. Lefevre B., 1980. Unité expérimentale de production de biogaz de Lousa (Niger), IRAT MONTPELLIER, 35 p.
10. Sow D., 1988. Valorisation d'une biomasse du Sénégal (*Euphorbia tirucalli*) par la fermentation méthanique. Thèse de Docteur Ingénieur, Université de Dakar, 119 p.
11. Sow D., Ollivier B., Viaud P. & Sall M.D., 1988. Fermentation méthanique d'une plante à latex du Sénégal. *Euphorbia tirucalli*. Bull. Amélior. Prod. Agr. Milieu Arid. 0 (0) 45-52.
12. van Eenann L., 1979. Rumen fermentation with NaOH straw rations. Ann. Rech. Vet., **10**: 323-325.
13. Viaud P. & Teisseire D., 1979. Latex, une source possible d'hydrocarbure et de caoutchouc. Caoutchoucs et Plastiques, 593: 181-185.

D Sow, Sénégalais, Docteur-Ingénieur, Assistant chercheur

M D Sall Sénégalais Docteur d'Etat ès-Sciences, Maître de Conférence, Responsable du Laboratoire

B Ollivier, Français, Docteur d'Université Chargé de Recherche

E Tine, Sénégalais Docteur de 3e cycle, Maître-Assistant à l'ENSUT

D Aw Sénégalais, Ingénieur-Etudiant de 3e cycle