

Détermination de la composition physico-chimique des feuilles de *Calotropis procera* provenant de Ouagadougou (Burkina Faso) et de N'Djaména (Tchad)

M. MILAITI^{1,3}, A. S. TRAORE¹ ET R. MOLETTA²

1. Laboratoire de biochimie et de microbiologie (FA.S.T.) Université de Ouagadougou 03 BP 7021 Ouagadougou 03 Burkina Faso
Tél. : (226) 33.20.41 / 30.88.52 Télécopie: (226) 30.72.42 - E-MAIL : astraoire@minitel.refer.org

2. INRA- Laboratoire de Biotechnologie de l'environnement (L.B.E.) Avenue des Etangs - 1110 Narbonne - France Tél. +33 4.68.42.51.51 -
Fax : 33 4.68.42.51.60

3. Faculté des Sciences exactes et appliquées (F.S.E.A.) Université de N'Djaména B.P. 1027 Tchad - Tél. : (235) 52.97.40 / (235) 841 75 02
Fax : (235) 51.40.33 E-mail : mmilaiti@yahoo.fr

Introduction

Le travail que nous avons mené s'inscrit dans un contexte où se pose le problème de l'énergie et de l'environnement dans le monde et en particulier dans les pays en voie de développement.

Dans ce contexte, beaucoup de pays essayent d'établir une politique énergétique cohérente qui permet d'amorcer une transition vers d'autres sources d'énergie, vers d'autres formes d'utilisation énergétique et vers d'autres comportements face aux ressources naturelles (GORDON E. 1980, NACRO M. 1978).

Plusieurs travaux de recherche sont menés dans le monde sur les procédés de valorisation de diverses formes de biomasse afin d'apporter des solutions aux problèmes de l'énergie et de

l'environnement (LIDON B et Coll 1979 ; LETTINGA G 1980).

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressés à une plante à latex, le *Calotropis procera* qui présente des caractéristiques assez intéressantes : elle a une croissance rapide et pousse à toutes les saisons. Elle est très adaptée à la sécheresse et très largement répandue dans les zones sahéliennes en particulier au Tchad et au Burkina Faso. C'est une plante qui peut offrir une source de biomasse végétale régulièrement disponible (BERHAUT J 1971, VON MAYDELL et Coll 1990).

Notre contribution consiste à mener au laboratoire des analyses afin de déterminer la composition physico-chimique de *Calotropis procera* en fonction de sa provenance. Cette étude permettra aussi d'évaluer les potentialités énergétiques de *Calotropis procera* et sa biodégradabilité.

Méthodes et matériels

Les échantillons ayant servi aux analyses ont été obtenus de la collecte des feuilles de *C. procera*, organisée à Ouagadougou ou à N'Djaména. Ces feuilles ont été prélevées au hasard à partir des plantes adultes dans les pourtours ou à l'intérieur des villes citées. Chaque échantillonnage a été réalisé sur quarante arbustes. Les feuilles récoltées ont été séchées à l'étuve puis finement broyées aux mailles de 1mm pour donner une poudre destinée aux différentes analyses. La matière sèche étant déterminée immédiatement après récolte et selon la norme " American Public Health ".

Le test statistique utilisé a été la comparaison de deux échantillons indépendants dans le cas des grands échantillons ($N \geq 30$) selon la loi normale centrée réduite (ou loi de Gauss).

Détermination des éléments minéraux

Les résidus minéraux ont été repris et acidifiés par 30 ml de HCl 2N. La solution obtenue a été ajustée à 100 ml d'eau distillée et filtrée. Le dosage des cations (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}) a été réalisé par spectrophotomètre de flamme, CIBA-CORNING Analytical Modèle 410.

Par contre les anions ont été dosés par chromatographie à échange d'ions. L'appareil utilisé a été le DIONEX-100 ION CHROMATOGRAPH relié à "un automated sampler". Il a été muni d'une colonne d'affinité à support de résine (AS 12A) à température ambiante et d'un intégrateur qui a analysé les ions par traitement du logiciel Peaknet.

Le dosage du phosphore a été réalisé par un spectrophotomètre UVIKON spectrophotometer 930. Il a été déterminé par la méthode colorimétrique.

Détermination de la composition moléculaire et macromoléculaire des échantillons de *C. procera*

Le dosage du carbone organique total (COT) a été réalisé par la méthode de la combustion catalytique de la matière organique à haute température avec de la platine sur iode. L'analyse a été faite directement dans un analyseur de carbone Dohrmann DC-190 muni d'un détecteur à infra rouge non dispersif. Un intégrateur fourni les quantités de COT directement en mg/l grâce à un affichage digital. Le traitement des données a été obtenu par le logiciel, interface RS-232. Les gaz porteurs ont été : l'O₂ à grande pureté, le CO₂ et le CO (<1ppm), le carbone total (<1ppm). La détermination de la matière organique (MO) a été obtenue en multipliant le COT par le facteur de conversion qui est de 1,724.

La détermination de l'azote total a été établie par la méthode Kjeldahl. La teneur en protéine a été obtenue en multipliant l'azote total par le facteur de conversion 6,25 (%Nx6,25).

La cellulose, l'hémicellulose et la lignine ont été dosées par la méthode de VAN SOEST. Avant le dosage, l'échantillon dégraissé a été broyé et tamisé à la grille de 1 mm suivant les normes en usage (norme AFNOR 1982, NFV 18-091).

Les lipides ont une solubilité différentielle dans les solvants organiques. On utilise cette propriété par la méthode de SOXLET pour les extraire. Cette analyse a été réalisée par l'appareil d'extraction à 6 postes (SOXTEC SYST HT 1043 EXTRACTION UNIT) avec un solvant à reflux (éther de pétrole).

Pour déterminer la demande chimique en O₂ (DCO), nous avons réalisé le dosage de la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation chimique de la matière organique. Le détail des opérations est précisé dans la méthode AFNOR N°T90-101.

Résultats

Les résultats obtenus lors de la détermination de la composition physico-chimique des feuilles de *Calotropis procera* sont consignés dans les tableaux ci-dessous (tableaux n° 1 à 3). Ils sont obtenus à partir de la matière sèche (MS) des échantillons provenant de Ouagadougou (15,5% de la matière fraîche) et ceux provenant de N'Djaména (16,2% de la matière fraîche).

Table 1 : Composition ionique de *C. procera* en fonction de sa provenance
Table 1 : ionic Composition of *Calotropis procera* in function of origin

Echantillon des feuilles de <i>Calotropis procera</i>	Ouagadougou *	N'Djaména *
Na ⁺ (mg/g MS)	4,08 ± 0,03	4,99 ± 0,04
K ⁺ (mg/g MS)	21,50 ± 0,02	25,16 ± 0,012
Ca ²⁺ (mg/g MS)	6,81 ± 0,01	8,38 ± 0,07
Cl ⁻ (mg/g MS)	352,06 ± 0,02	425,21 ± 0,031
SO ₄ ²⁻ (mg/g MS)	8,85 ± 0,01	9,68 ± 0,06
P (mg/g MS)	127,451 ± 0,03	150,53 ± 0,047

* Moyenne ≥ écart type de trois dosages (chaque dosage est appliqué à l'ensemble de N=40)

Tableau 2 : Teneurs en carbone, azote et composés organiques de *Calotropis procera* en fonction de sa provenance

Table 2 : Content in carbon, nitrogen and organic matter of *C. procera* in function of origin

Echantillons des feuilles de <i>Calotropis procera</i>	Ouagadougou *	N'Djaména *
Pourcentage de carbone (%)	47,231 ± 1,056	48,534 ± 0,625
Matières organiques (%)	81,426 ± 1,821	83,673 ± 1,079
Pourcentage d'azote (%)	2,676 ± 0,263	2,546 ± 0,16
Pourcentage de protéines (%)	16,324 ± 1,642	15,913 ± 1,00
Pourcentage de lipides (%)	6,172 ± 0,17	6,744 ± 0,253

*Moyenne ≥ écart type de cinq dosages (chaque dosage est appliqué à l'ensemble de N=40)

Tableau 3 : Analyse des fibres des échantillons de *C. procera* en fonction de leur provenance

Table 3 : Analysis of fibre of *C. procera* in function of origin

Echantillons des feuilles de <i>Calotropis procera</i>	Ouagadougou	N'Djaména
Cellulose (en %)	37,84 ± 0,2	36,043 ± 0,184
Hémicellulose (en %)	17,07 ± 0,21	16,47 ± 0,4
Lignine (en %)	22,4 ± 0,34	25,02 ± 0,07

Moyenne ≥ écart type de trois dosages (chaque dosage est appliqué à l'ensemble de N=40)

L'étude comparative de la composition physico-chimique des deux échantillons a permis d'obtenir les mêmes types de composés à travers les trois tableaux. Les valeurs des composés ioniques et celles des composés moléculaires et macromoléculaires présentent une différence significative au risque 0.05 ($P > 0,05$).

L'étude de la composition ionique a donné les mêmes composés ioniques (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}) dans les deux types d'échantillons consignés dans le tableau 1. Nous faisons remarquer que le CO_3^- et le PO_4^{-3} ont été pris en compte dans cette analyse mais ils n'ont pas été détectés dans ces échantillons.

La valeur en phosphore dans la matière sèche est de 127,451 mg/g MS pour l'échantillon de

Ouagadougou et 149,952 mg/g MS pour l'échantillon de N'Djaména. Dans les deux cas, ces valeurs sont jugées assez fortes.

La teneur en carbone et en azote (tableau 2) de *Calotropis procera* provenant de Ouagadougou (47,231 % et 2,676 % respectivement) et de N'Djaména (48,534 % et 2,546 % respectivement) ont permis d'établir la teneur en matière organique (MO) et celle en protéines brutes de chaque échantillon par les facteurs de conversion (%MO = % C x 1,724 et % protéines = % N x 6,25). Sur le même tableau, est présenté la teneur en lipides totaux pour chaque échantillon. Ces résultats ont montré l'importance de la matière organique dans les échantillons, résultats qui sont confirmés par les valeurs de DCO obtenues à partir de ces échantillons (985,125 mg O₂/g MS pour l'échantillon de Ouagadougou et 997,72 mg

02/g MS pour l'échantillon de N'Djaména).

L'analyse des "fibres" des échantillons de *Calotropis procera* provenant de Ouagadougou et de N'Djaména donne sensiblement les mêmes proportions de lignines, de cellulose et hémicellulose (tableau 3).

Discussion

La composition ionique des échantillons de *C. procera* provenant de Ouagadougou et de N'Djaména présente, dans leur ensemble, des valeurs qui ne sont pas limitantes. En l'occurrence les valeurs de Na^+ , K^+ et Ca^{2+} peuvent théoriquement stimuler la digestion anaérobie. Lorsque ces valeurs sont élevées (8 ; 12 et 3g/l respectivement), elles peuvent devenir inhibitrices puis toxiques pour une telle digestion. LAROCHE en 1983 a établi que le niveau de toxicité varie selon que ces ions agissent seuls ou combinés car ils ont des effets synergiques ou antagonistes.

Dans la nature, le soufre existe sous différents états d'oxydation. Dans nos échantillons, nous l'avons décelé sous la forme la plus oxydée le SO_4^{-2} . La présence de ce composé à un certain niveau de concentration inhibe la méthanogénèse en créant une compétition entre les bactéries sulfato-réductrices et les bactéries méthanogènes pour l'acceptation des électrons (TRAORE AS et coll, 1981). Nos valeurs sont suffisamment faibles et ne peuvent pas gêner la méthanogénèse. Il en est de même pour les valeurs en Cl^- , qui en excès, peuvent être toxiques pour les bactéries de la biométhanisation (GERRITSE J, 1996).

Les valeurs en phosphore de nos échantillons sont de 127,451 mg/g MS pour ceux de Ouagadougou et de 149,942 mg/g MS pour ceux de N'Djaména. Ces valeurs sont au-delà des besoins en phosphore qui sont évalués au 1/5 de ceux en azote. Cela explique le fait que *C. procera* pousse généralement sur des terrains riches en phosphore.

Les tableaux 2 à 3 permettent d'observer que le *C. procera* présente une teneur assez élevée en matières organiques pour les deux types d'échantillons. La composition en matières organiques de *Calotropis procera* est comparable à celle de *Euphorbia tirucalli* qui est également une plante à latex valorisée énergétiquement au Kenya et au Sénégal. Cette plante au Sénégal

avait une composition en matière organique de 8 % et en matière cellulosique de 74 %. *Calotropis procera* peut constituer un substrat de prédilection pour les micro-organismes de la fermentation anaérobie et prédispose la biomasse végétale à une biodégradabilité importante (SALL 1989, GORDON E 1980, CHANDLER JB 1980). Les valeurs de DCO (985,125 mg O₂/g MS pour l'échantillon de Ouagadougou et 997,72 mg O₂/g MS pour celui de N'djaména) confirment la richesse du substrat en matière organique. Ces valeurs permettent d'estimer globalement que le *C. procera* est potentiellement énergétique. En revanche, la teneur en lignine jouerait un rôle déterminant dans la digestibilité de ce substrat. La lignine apparaît souvent comme un facteur limitant pour la digestibilité, mais le broyage du substrat constitue un des prétraitements qui permet de lever cette difficulté (LE GAIL J et Coll 1977 ; GOMA G et Coll 1979).

Les rapports C/N, C/P, C/N/P, de *C. procera* valent respectivement 17,65 ; 11,425 et 31,5/2/1 pour l'échantillon de Ouagadougou. Pour l'échantillon provenant de N'Djaména, ces rapports sont respectivement de 19,1 ; de 13,4 et de 15/1/1. Les valeurs de ces rapports sont limitantes pour les deux échantillons parce qu'inférieures à des rapports optimaux qui sont de 30 pour C/N, 150 pour C/P et 150/5/1 pour C/N/P. Ces facteurs constituent des paramètres importants dans la méthanogénèse de substrats complexes. Ils permettent de prévoir de manière générale l'état d'équilibre influençant la digestibilité d'un substrat complexe (SEGURA J, 1980).

Les valeurs obtenues sont certes limitantes, mais elles suggèrent néanmoins que *Calotropis procera* serait facilement hydrolysable avec risque d'une accumulation d'ammoniaque. A des concentrations élevées, l'ammoniaque pourra devenir toxique pour le consortium bactérien. Pour améliorer ces facteurs, il conviendrait de mélanger *C. procera* avec d'autres substrats. Il est aussi important de souligner que ces paramètres varient considérablement avec l'âge et les conditions de croissance du végétal.

Conclusion

L'analyse du substrat végétal, pour la détermination de sa composition physico-chimique, a donné des résultats intéressants. Ces résultats ont montré que *C. procera* est très riche en

matières organiques et peut constituer un bon substrat pour la production de l'énergie biologique.

En comparaison avec d'autres substrats et en considérant sa vitesse de croissance et son adaptation à la sécheresse, *C. procera* apparaît comme un substrat intéressant pour la valorisation énergétique dans le procédé de biométhanisation. Il peut devenir, par sa culture intensive, une source de biomasse régulièrement disponible à tout moment.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la Coopération française, le Laboratoire de Biotechnologie et Environnement (LBE) de Narbonne, l'Université de Ouagadougou et l'Université de N'Djaména qui ont soutenu financièrement, matériellement et moralement ce travail.

Références bibliographiques

- **BERHAUT J. 1971.** *Flore illustrée du Sénégal*. Ministère du développement rural, DAKAR ; pp. 487-490.
- **CHANDLER J.B. 1980.** Predicting methane fermentation biodegradability. *Biotechnol Bioeng Symp* ; 10 : 93-107.
- **GRITSE J., RENAED V., PEDRO GOMES TM, LAWSON PA, COLLINS MD and GOTTSCHAL JC, 1996.** Desulfotobacterium sp strain PCE1, an bacterium that can grow by reductive dechlorinated of tetrachloroethane or ortho-chlorinated phenol. *Arch. Microbiol.*, 165 : 132-140.
- **GOMA G., DE LA TORREI, MAUGHEN F, YAMEOGO T. 1979.** *Production de méthane à partir de déchets celluloseux : étude cinétique.* Toulouse : INSA ; 55p.
- **GORDON E. 1980.** Les espoirs du biogaz. *Sciences et avenir* ; 397 : 37-42.
- **LAROCHE M.** Métabolisme intermédiaire des acides gras volatils en fermentation méthanique Thèse de Docteur-Ingénieur : Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 1983. 130p.
- **LE GAIL J., HATCHIKIAN C.E. 1977.** *La fermentation méthanique de la cellulose.* Cadarache, Cen ; 25 p.
- **LETTINGA G. 1980.** Les techniques de valorisation énergétiques de la biomasse par voie humide. *Cahier du Cenca* ; (n° hors série) : 411.
- **LIDON B., NACRO M. 1979.** *La fermentation méthanique dans la région Soudano sahélienne : une source d'énergie permanente, une contribution importante à la gestion des ressources naturelles.* CIEH-IRAT, Ouagadougou ; 7p.
- **NACRO M. 1978.** " Une filière douce ", le biogaz une chance pour le développement des pays du Sahel ? *Agecop-liaison* ; 4 : 20-21.
- **SALL M.D., SOW D., TRAORÉ A.S., TINE E. 1989.** Valorisation des plantes à latex : Euphorbia tirucalli et Calotropis procera. *Rev Rès Amélior Prod Agr Milieu Aride* ; 1 : 171-179.
- **SEGURA J. 1980.** *Dynamique de l'azote au cours de la fermentation méthanique de matières organiques résiduelles ; essais sur différents substrats.* Agence financière de bassin Seine-Normandie, Paris ; 20p.
- **TRAORÉ A.S., 1981.** *Microcalorimetric studies of the growth of sulfate reducing bacteria: energetics of D. vulgaris growth.* *J. Bacteriol.*, 145 (129): 155-160.
- **VON MAYDELL H.S., HANS-JÜRGEN. 1990 .** *Trees and Shrubs of Sahel. Their characteristics and users.* GTZ Verlag Joseph Margrof Scientific Books; pp. 212-214.

Résumé Les feuilles de *Calotropis procera* récoltées au hasard dans les deux villes (Ouagadougou et N'Djaména) ont été séchées et broyées. La poudre obtenue à partir de ces échantillons est soumise aux différentes analyses selon les normes AFNOR et "American Public Health".

La composition ionique et la composition moléculaire et macromoléculaire ont été établies par les méthodes de spectrophotomètre, de chromatographie à échange d'ions, de combustion catalytique de la matière organique et celles de Kjeldahl, de Van Soest et de DCO.

La composition ionique du tableau 1, donne les mêmes types de composés ioniques

(Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Cl^- et SO_4^{2-}) et présente des valeurs qui peuvent théoriquement stimuler la digestion anaérobie de *Calotropis procera*.

Les résultats des tableaux 2 et 3 ont permis de dégager la richesse des échantillons en matière organique (M.O.). Les valeurs de DCO pour ces échantillons ont confirmé cette richesse en matière organique (985,125 mg O₂/g MS pour l'échantillon de Ouagadougou et 997,72 mg O₂/g MS pour l'échantillon de N'Djaména).

Pour prévoir les possibilités de sa biodégradation, nous nous sommes intéressés aux différents paramètres que sont le C/N, le C/P et le C/N/P (respectivement 17,65 ; 11,425 et 31,5/2/2 pour l'échantillon de Ouagadougou et respectivement 19,1 ; 13,1 et 15/1/1 pour l'échantillon de N'Djaména). Ces facteurs sont certes limitants mais ils suggèrent néanmoins la bonne digestibilité du substrat.

Ces différents résultats nous ont permis de conclure que *Calotropis procera* peut constituer une source de biomasse végétale valorisable par la voie de la biométhanisation.

Mots clefs : *Calotropis procera*, composition physico-chimique, valorisation énergétique, biométhanisation.

Summary *Calotropis procera* leaves were collected randomly around Ouagadougou and N'Djaména, the collected samples were dried and ground. The obtained powder was subjected to different analysis according to AFNOR and "American Public Health".

The ionic composition, molecular and macromolecular composition were established by spectrophotometer methods, ion exchange chromatography, analytical combustion of organic materials and Kjeldahl, Van Soest and DCO methods.

The ionic composition in table 1 described the same ionic types (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Cl^- et SO_4^{2-}) and presented the values that theoretically stimulated the anaerobic digestion of *Calotropis procera*.

Results in table 2 and 3 permitted the release of richness samples in organic matters (O.M.). The value of DCO samples confirmed the richness in O.M. (985,125 mg O₂/g DM for Ouagadougou samples and 997,72 mg O₂/g D.M. for N'Djaména samples).

To foresee the biodegradation possibilities, we were interested in different parameters C/N, C/P and C/N/P (17,65 ; 11,425 ; 31,5/2/1 for Ouagadougou sample respectively and 19,1 ; 13,1 ; 15/1/1 for N'Djaména sample respectively).

These factors were limited indeed, but they suggested the good digestion of substrate.

These different results permitted us to conclude that *Calotropis procera* can constitute valorisable vegetable biomass source of biométhanisation.

Key words : *Calotropis procera*, physico-chemical composition, energetic valorisation, biométhanisation