

MICROFICHE ETABLIE A PARTIR DE
L'UNITE DOCUMENTAIRE
N

جديدة منجزة حسب الوثيقة
رقم :

9 3 4 2 2

ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية

المركز الوطني للوثائق
CENTRE NATIONAL DE DOCUMENTATION

SERVICE DE REPROGRAPHIE
ET IMPRIMERIES

B.P 826 RABAT



مصلحة الطباعة والتصوير
ص.ب 826 الرباط

F

1

93-M-3 93-422

VALORISATION DES DÉCHETS DE CAFÉ DU ZAÏRE PAR FERMENTATION MÉTHANIQUE

YENGULA M.H., TABA K.M. et KAYEMBE S.

Laboratoire de Chimie Organique et d'Energétique, Université de Kinshasa,
Faculté des Sciences, B.P. 190 - Kinshasa XI - ZAÏRE.

RÉSUMÉ

En régime mésophile, les déchets de café du Zaïre présentent un profil de fermentation acide (pH en fin d'essai égal à 4,75). Le prétraitement par H₂SO₄ et NaOH 2% a amélioré ce profil (pH en fin d'essai égal respectivement à 5,75 et 6,25). Il semble que les conditions optimales pour obtenir un profil de fermentation favorable à l'activité des bactéries méthanigènes seraient : concentration de NaOH de macération : 10% ; taux de charge en matière sèche : 5 à 10%.

SUMMARY

In mesophile conditions, Zaïrian coffee pulps presents an acide fermentation profile (pH at the end equal 4.75). Pretreatments with H₂SO₄ and NaOH increase the pH value (respectively to 6.25 and 5.75). It seems that the optimum conditions for a fermentation profile favorable to methanigenic bacteria are : concentration of NaOH of maceration of 10% ; rate of dry matter of 5 to 10%.

MOTS CLÉS

Café, déchets, Zaïre, fermentation méthanique, mésophile.

INTRODUCTION

Le traitement de cerises fraîches de café laisse au Zaïre environ 77.400 tonnes de déchets (pulpe, parche et pellicule) par an. Ces déchets sont peu ou pas valorisés [1].

Et pourtant les 95,6% de ces déchets se trouvent dans une zone dite déficitaire du point de vue énergétique. Cette zone comprend les régions de Bandundu, Equateur, Haut-Zaïre, Nord-Kivu, Sud-Kivu, Maniema et Kasai Occidental. Ces déchets présentent l'avantage d'être concentrés en des lieux bien déterminés : les usines qui les produisent. Nous nous sommes proposés d'étudier la fermentation méthanique de ces déchets. En effet, les paramètres qui influencent ce processus ainsi que les principales étapes et les bactéries qui leur sont associées sont actuellement bien cernés [2][3][4][5][6].

Bien que de nombreux travaux sur la fermentation méthanique des déchets de café aient été effectués dans le monde [7][8], nous pensons que de par son climat, son relief et l'écologie microbienne de son sol, le Zaïre offre au caféier des conditions bioclimatiques propres qui favoriseraient la concentration ou l'absence de certains composés dans les déchets. Et que, leur absence ou leur présence pourrait inhiber ou activer les processus enzymatiques de la fermentation méthanique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les déchets utilisés proviennent de rejets de l'African Coffee Company de Kinshasa-Kingabwa. Ils ont été broyés et tamisés (diamètre < 1mm) à l'aide d'un broyeur de marque THOMAS.

L'analyse chimique a montré que ces déchets renferment 87,6% de matière sèche (MS) dont 6,8% de matière minérale (MM) et 80,8% de matière organique. La cellulose est le constituant le plus abondant, avec 45,8% de matière sèche.

Dans ce travail, nous avons étudié :

1. l'effet d'addition de l'inoculum et de prétraitement par H_2SO_4 5% et NaOH 2%,
 2. l'influence de la concentration de NaOH de prétraitement et du taux de charge,
- sur le profil de fermentation méthanique de déchets de café du Zaïre, en régime mésophile (37°C).

L'inoculum utilisé dans cette étude est un jus d'un fermenteur épuisé qui a été alimenté avec les déchets de café et inoculé avec du jus de rumen de bovins prélevé à l'abattoir public de Kinshasa-Masina.

Pour l'étude de l'effet de prétraitement par les solutions acide ou alcaline, les déchets y ont été préalablement macérés pendant 96 heures. Puis, avant l'addition de l'inoculum, le pH est ramené à 7 par addition respectivement de NaOH ou H_2SO_4 concentré.

Et pourtant les 95,6% de ces déchets se trouvent dans une zone dite déficitaire du point de vue énergétique. Cette zone comprend les régions de Bandundu, Equateur, Haut-Zaïre, Nord-Kivu, Sud-Kivu, Maniema et Kasai Occidental. Ces déchets présentent l'avantage d'être concentrés en des lieux bien déterminés : les usines qui les produisent. Nous nous sommes proposés d'étudier la fermentation méthanique de ces déchets. En effet, les paramètres qui influencent ce processus ainsi que les principales étapes et les bactéries qui leur sont associées sont actuellement bien cernés [2][3][4][5][6].

Bien que de nombreux travaux sur la fermentation méthanique des déchets de café aient été effectués dans le monde [7][8], nous pensons que de par son climat, son relief et l'écologie microbienne de son sol, le Zaïre offre au caféier des conditions bioclimatiques propres qui favoriseraient la concentration ou l'absence de certains composés dans les déchets. Et que, leur absence ou leur présence pourrait inhiber ou activer les processus enzymatiques de la fermentation méthanique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les déchets utilisés proviennent de rejets de l'African Coffee Company de Kinshasa-Kingabwa. Ils ont été broyés et tamisés (diamètre < 1mm) à l'aide d'un broyeur de marque THOMAS.

L'analyse chimique a montré que ces déchets renferment 87,6% de matière sèche (MS) dont 6,8% de matière minérale (MM) et 80,8% de matière organique. La cellulose est le constituant le plus abondant, avec 45,8% de matière sèche.

Dans ce travail, nous avons étudié :

1. l'effet d'addition de l'inoculum et de prétraitement par H_2SO_4 5% et NaOH 2%,
 2. l'influence de la concentration de NaOH de prétraitement et du taux de charge,
- sur le profil de fermentation méthanique de déchets de café du Zaïre, en régime mésophile (37°C).

L'inoculum utilisé dans cette étude est un jus d'un fermenteur épuisé qui a été alimenté avec les déchets de café et inoculé avec du jus de rumen de bovins prélevé à l'abbatoir public de Kinshasa-Masina.

Pour l'étude de l'effet de prétraitement par les solutions acide ou alcaline, les déchets y ont été préalablement macérés pendant 96 heures. Puis, avant l'addition de l'inoculum, le pH est ramené à 7 par addition respectivement de NaOH ou H_2SO_4 concentré.

Pour l'étude de l'influence du taux de charge, les fermenteurs ont été chargés à 5 ; 10 ; 17.5 et 25% de matière sèche.

La détermination du profil de fermentation a consisté au suivi de l'évolution du pH, du titre alcalimétrique complet (TAC) et de la production du biogaz [9].

Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre digital de marque WTW pH 90.

Le titre alcalimétrique et le dosage des acides gras totaux ont été déterminés suivant les normes françaises de juillet 1977 [10]. Le volume de biogaz a été mesuré par la méthode de déplacement de l'eau acidulée contenue dans un erlenmeyer retourné [11].

La fermentation a été conduite dans des fermenteurs de 2.2 litres de volume utile. Le dispositif expérimental a été décrit par YENGULA et al.[11].

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Effet d'addition de l'inoculum

Deux fermenteurs ont été chargés à 10% de matière sèche.

Dans l'un des fermenteurs, nous avons ajouté 200 ml d'inoculum.

La figure 1 montre que la production des acides gras est beaucoup plus importante dans le fermenteur additionné d'inoculum. Ceci est dû à l'accroissement de la population bactérienne, et en particulier celle de bactéries acidogènes que l'inoculum a apporté dans le milieu fermentaire. GOUET et al. ont décrit le rumen comme un écosystème anaérobie strict constitué par une microflore et une microfaune extrêmement nombreuses et diversifiées où la population bactérienne représente la moitié de la masse microbienne, soit environ 10^{10} à 10^{11} cellules par ml [12].

Le tableau 1 montre que le taux du système tampon carbonate/bicarbonate est très faible (66-160 mg/l) dans les deux fermenteurs. D'où l'évolution du pH vers des milieux de plus en plus acides (Fig. 2).

La figure 2 montre qu'à partir du 7ème jour, le pH dans les deux fermenteurs oscille autour de 4.75. Ce pH est défavorable à l'activité des bactéries méthanigènes [2][5], d'où la faible production de biogaz enregistrée pendant les 14 jours d'essai (volume cumulé égal à 100 ml).

Effet de prétraitement par NaOH 2% et H₂SO₄ 5%

Les déchets de café étudiés renferment 45,8% de cellulose, 8% d'hémicellulose et 6,7% de lignine [1].

Il est établi que dans un matériau organique, la lignine, les hémicelluloses et la cellulose sont reliés entre eux par des liaisons covalentes, et qu'ils forment un complexe ligno-cellulosique stable qui résiste à l'hydrolyse enzymatique [14][15].

De nombreux prétraitements physiques, chimiques et ou enzymatiques ont été préconisés afin de déstructurer le complexe ligno-cellulosique et de rendre la cellulose plus accessible à l'hydrolyse enzymatique [14][16].

La figure 3 montre que le prétraitement par NaOH 2% ou H₂SO₄ 5% a, comparativement aux déchets non traités mais additionnés d'inoculum, favorisé la production des acides gras et des ions bicarbonate et carbonate dans les milieux fermentaires. Les meilleurs résultats sont obtenus avec le NaOH 2%:

La figure 4 montre en effet que le pH dans le fermenteur chargé des déchets traités par NaOH 2% tend vers 6,25 à partir du 7^{ème} jour de la fermentation, alors que pour la même période, il oscille autour de 5,75 dans le fermenteur chargé des déchets traités par H₂SO₄ à 5%.

GHOSH et al. ont obtenu de meilleurs résultats en prétraitant les tiges de riz par NaOH 1% à 120°C que par HCl 0,5% à 170°C [16].

DETROY et al. ont montré que le prétraitement de tiges de blé par NaOH à 2% rendait la cellulose plus accessible à l'attaque enzymatique que dans le cas de prétraitement avec H₂SO₄ à 5% [14].

Il semble que la solution alcaline modifierait la lignine en affectant notamment sa polarité [16], ce qui favoriserait la délignification du complexe ligno-cellulosique.

Influence de la concentration de NaOH de prétraitement

La figure 5 montre que du point de vue de l'établissement dans le milieu des conditions favorables à l'activité de bactéries méthanigènes, les meilleurs résultats sont obtenus avec une solution de NaOH 10%. Comme pour la solution de NaOH 2%, le prétraitement par NaOH 5% et 17,5% conduit à une forte acidification du milieu. Après 14 jours d'essai, le pH dans les deux fermenteurs est respectivement de 6,36 et 6,32.

Influence du taux de charge

Les déchets de café ont été préalablement macérés par NaOH 10%. La figure 6 montre que le pH dans le fermenteur chargé de déchets de café à 5% de matière sèche oscille globalement autour de 6,5 et 6,7 pendant toute la durée de l'essai. Il se situe dans la frange de 7 à 7,66 dans le fermenteur chargé de déchets à 17,5% de matière sèche.

Il est établi que dans un matériau organique, la lignine, les hémicelluloses et la cellulose sont reliés entre eux par des liaisons covalentes, et qu'ils forment un complexe ligno-cellulosique stable qui résiste à l'hydrolyse enzymatique [14][15].

De nombreux prétraitements physiques, chimiques et ou enzymatiques ont été préconisés afin de déstructurer le complexe ligno-cellulosique et de rendre la cellulose plus accessible à l'hydrolyse enzymatique [14][16].

La figure 3 montre que le prétraitement par NaOH 2% ou H₂SO₄ 5% a, comparativement aux déchets non traités mais additionnés d'inoculum, favorisé la production des acides gras et des ions bicarbonate et carbonate dans les milieux fermentaires. Les meilleurs résultats sont obtenus avec le NaOH 2%:

La figure 4 montre en effet que le pH dans le fermenteur chargé des déchets traités par NaOH 2% tend vers 6.25 à partir du 7^{ème} jour de la fermentation, alors que pour la même période, il oscille autour de 5.75 dans le fermenteur chargé des déchets traités par H₂SO₄ à 5%.

GHOSH et al. ont obtenu de meilleurs résultats en prétraitant les tiges de riz par NaOH 1% à 120°C que par HCl 0,5% à 170°C [16].

DETROY et al. ont montré que le prétraitement de tiges de blé par NaOH à 2% rendait la cellulose plus accessible à l'attaque enzymatique que dans le cas de prétraitement avec H₂SO₄ à 5% [14].

Il semble que la solution alcaline modifierait la lignine en affectant notamment sa polarité [16], ce qui favoriserait la délignification du complexe ligno-cellulosique.

Influence de la concentration de NaOH de prétraitement

La figure 5 montre que du point de vue de l'établissement dans le milieu des conditions favorables à l'activité de bactéries méthanigènes, les meilleurs résultats sont obtenus avec une solution de NaOH 10%. Comme pour la solution de NaOH 2%, le prétraitement par NaOH 5% et 17,5% conduit à une forte acidification du milieu. Après 14 jours d'essai, le pH dans les deux fermenteurs est respectivement de 6,36 et 6,32.

Influence du taux de charge

Les déchets de café ont été préalablement macérés par NaOH 10%. La figure 6 montre que le pH dans le fermenteur chargé de déchets de café à 5% de matière sèche oscille globalement autour de 6,5 et 6,7 pendant toute la durée de l'essai. Il se situe dans la frange de 7 à 7,66 dans le fermenteur chargé de déchets à 17,5% de matière sèche.

Au taux de 25% de matière sèche, le pH évolue après 10 jours vers des valeurs défavorables à l'activité des bactéries méthanigènes.

Il semble donc que le meilleur taux de charge pour les déchets de café soumis à une fermentation méthanique, en régime mésophile, se situerait entre 5 et 10% de matière sèche.

Plusieurs auteurs ont montré que pour tout substrat-biomasse, il existe une charge optimale au delà de laquelle les bactéries méthanigènes sont inhibées de suite d'une accumulation des acides gras volatils [10][17].

CONCLUSION

Les déchets de café étudiés présentent, en régime mésophile, un profil de fermentation acide caractérisé par une accumulation des acides gras et une faible production de biogaz. L'acidogénèse serait donc l'étape limitante.

Le prétraitement par NaOH 2% et H₂SO₄ 5% favoriserait l'hydrolyse enzymatique de ces déchets. Le phénomène s'est accompagné d'une forte production des acides gras et des ions carbonate et bicarbonate, comparativement aux déchets non traités.

Le prétraitement par NaOH 2% et H₂SO₄ 5% a déplacé le profil de fermentation des déchets non traités (pH en fin d'essai égal à 4,75) vers des valeurs de pH élevées (pH en fin d'essai respectivement égal à 6,25 et 5,75). Le meilleur résultat a été obtenu avec le prétraitement par NaOH 2%.

L'étude de l'influence de la concentration de NaOH de prétraitement a montré que le meilleur résultat est obtenu avec NaOH 10%.

L'étude de l'influence du taux de charge sur le profil de fermentation a montré que le taux de charge optimal se situerait entre 5 et 10%, et que dans le fermenteur chargé des déchets à 5% de matière sèche, l'évolution du pH varie globalement entre 6,5 et 6,7. Dans ce fermenteur, on n'enregistre pas de fortes variations du pH.

Tableau 1 : Variation du titre alcalimétrique complet (TAC) ; valeurs en mg/l.

ions bicarbonate \ jours	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
- inoculum	74	66	84	92	96	90	72	78	70	78	72	72	66	70
+ inoculum	106	98	106	124	116	112	160	84	80	100	88	88	78	78

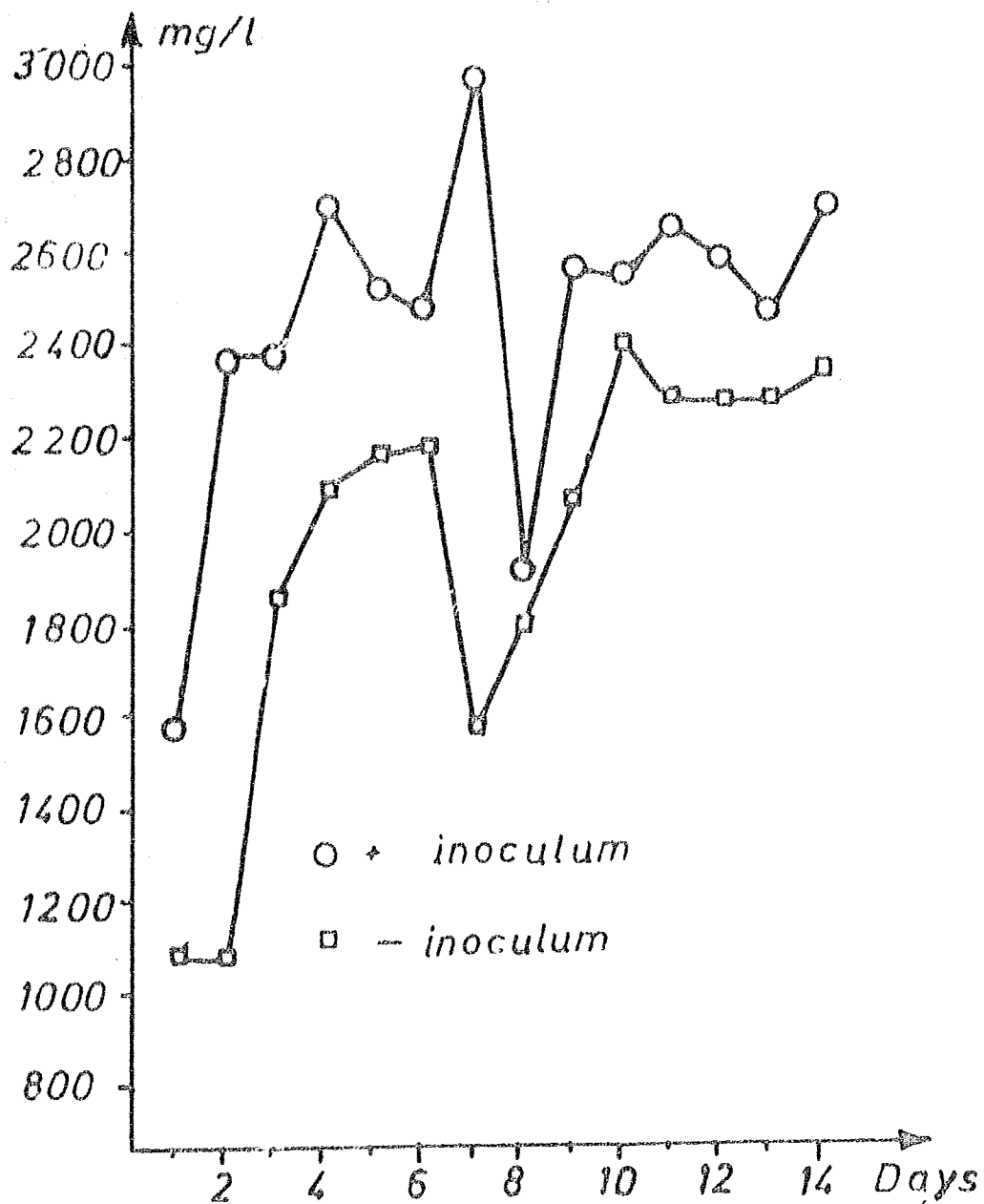


Fig. 1 : Effet d'addition de l'inoculum sur le profil de fermentation.
Variation des acides gras totaux (AG tot.)

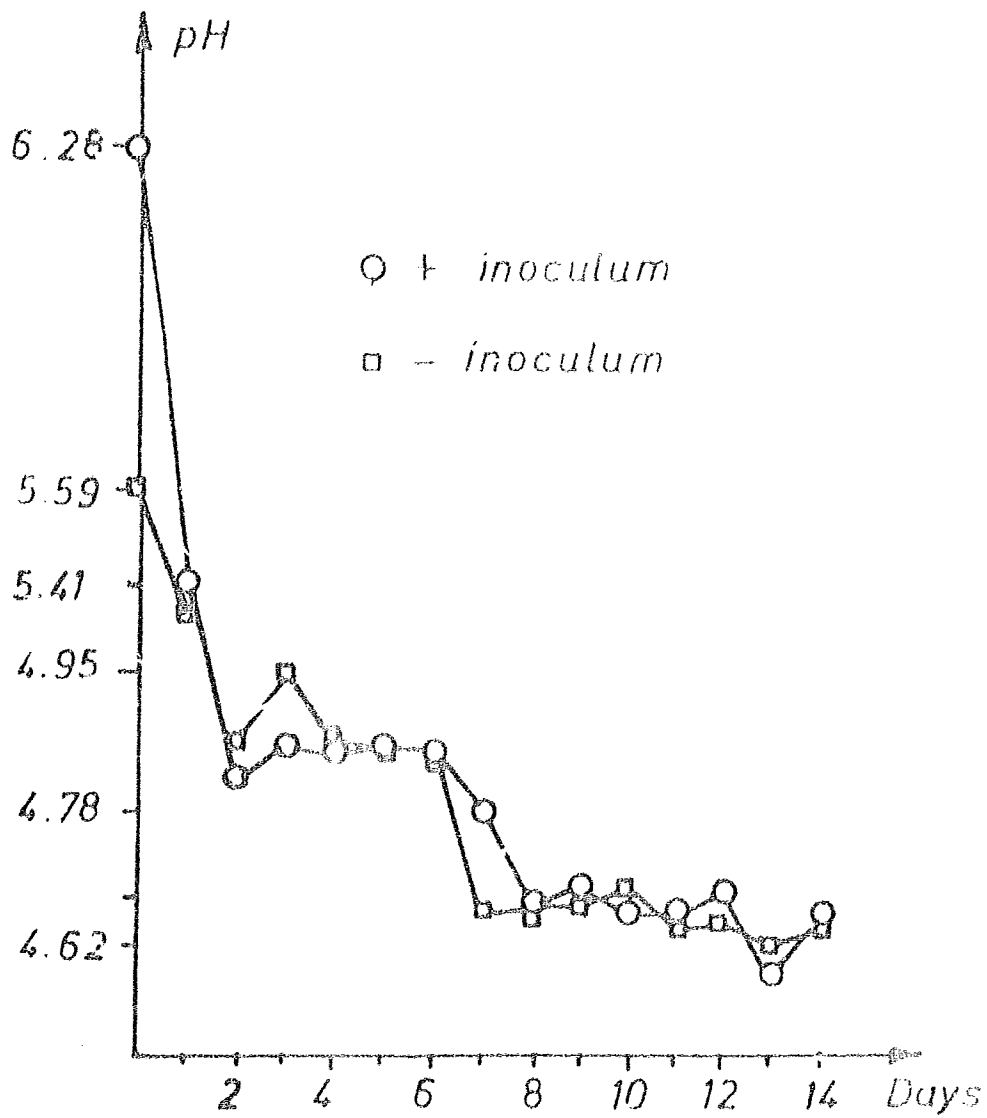


Fig 2 : Effet d'addition de l'inoculum sur le profil de fermentation.
Variation du pH.

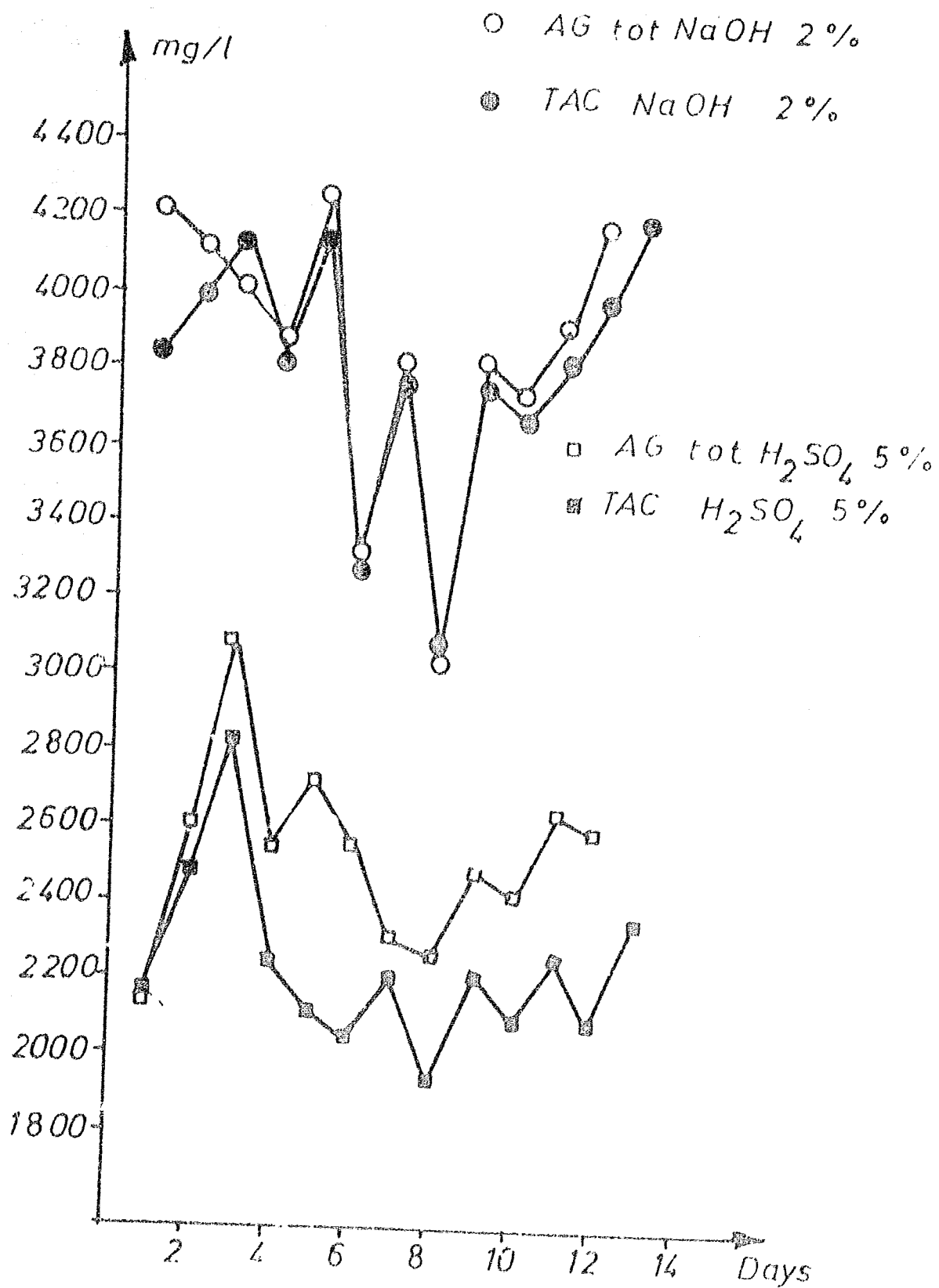


Fig. 3 : Effet de prétraitement par H₂SO₄ à 5% et NaOH à 2%.
Variation des AG tot. et du TAC.

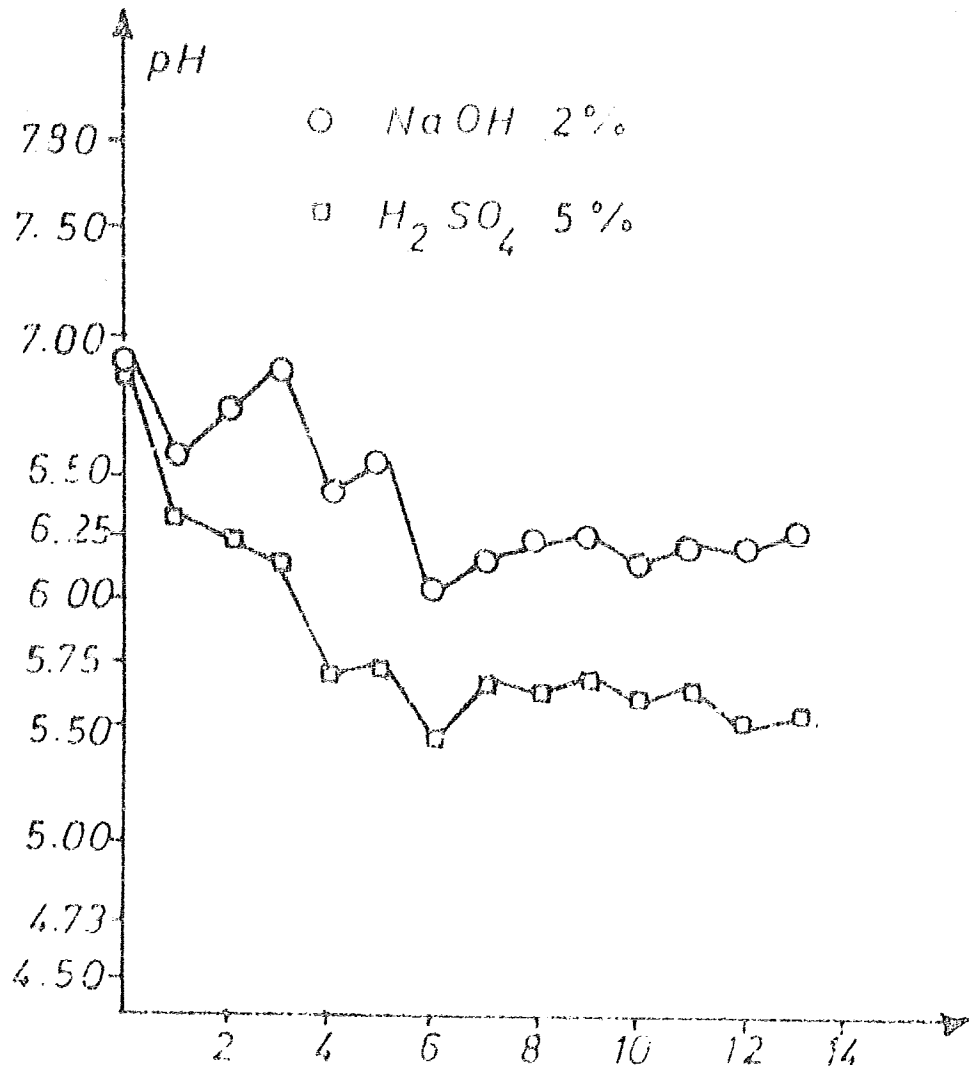


Fig. 4 : Effet de prétraitement par H₂SO₄ à 5% et NaOH à 2%.
Variation de pH.

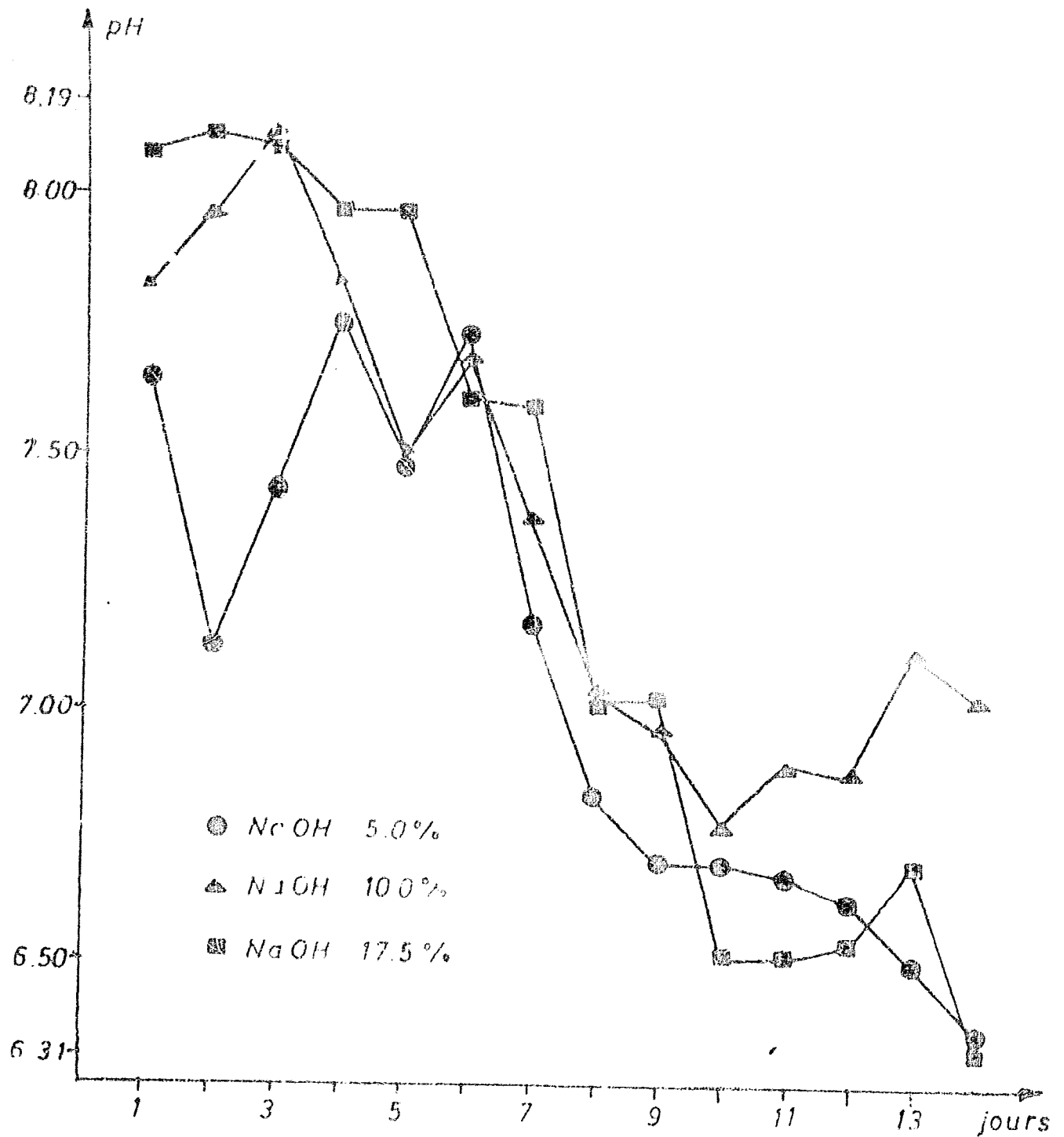


Fig. 5 : Influence de la concentration de NaOH de prétraitement.
Variation de pH.

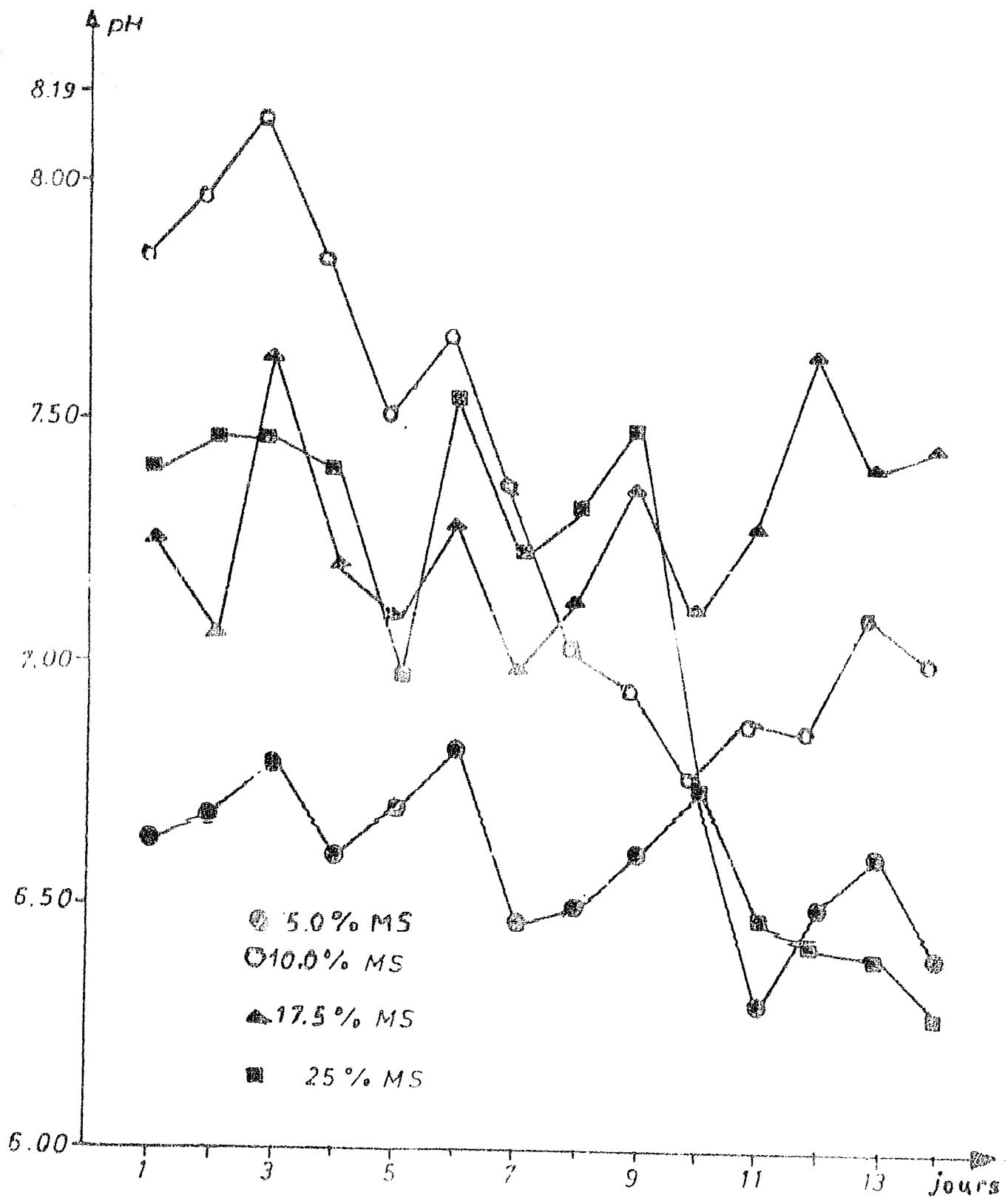


Fig. 6 : Influence du taux de charge sur le profil de fermentation.
Variation du pH.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- YENGULA M.H., KALAMBA K., TABA K.M., MULENGA M., ONYEMBE P.M.L. et MUSASA T. (1990).
Composition chimique des déchets de café du du Zaïre - Al BIRUNIYA, Rev. Mar. Pharm., 1990, tome 6, n°1, 23-30.
- 2- BRYANT M.P. (1976).
Microbial Methane Production - Theoretical aspect - J. Anim. Sci., 48, 1976, 193-201.
- 3- SUYS L., AUQUIER C., BINOT R., DELAFONTAINE M., SPEGELAERE R., NAVEAU H. et NYNS E.J. (1978).
Définition scientifique de la méthanogénèse - Perspectives industrielles qui en découlent. La technique de l'eau et de l'assainissement, 1978, 9-14.
- 4- MAY R.A. and SMITH M.R. (1980).
The methanogenic bacteria. Reprint from the prokaryotes, 1980, A Handbook on habitats, isolation and identification of bacteria, 948-977.
- 5- WOLFE R.S. (1982).
Biochemistry of methanogenesis.- Experimentia, 38, 1982, 198-201.
- 6- BRYANT M.P., TZENG S.F., ROBINSON I.M. and JOYNER A.E. (1971).
Nutrient requirements of methanogenic bacteria - Adv. Chem. Ser. 1971, 105.
- 7- BHAT P.K. and SINGH N.B. (1975).
Alcohol from coffee waste - Journal of coffee research, 1975, 5 (3,4), 71-72.
- 8- ELISA ET AL. (1977).
Biogas production from coffee pulp. Guatemala. Project sponsored by the FIS, 1977.
- 9- CALDAZA J.F., ROLZ C., MARIA DEL CARMEN DE ARIOLA, CASTANEDA H. et GODOY J.E. (1986).
Biogas production from coffee pulp juice using packed reactors : scale-up experiments. MIRCEN Journal, 1986, 2, 489-492.

- 10- NYNS E.J., NAVEAU H., and COMPAGNON D. (1982).
Organigramme de décision en matière de digestion méthanique plus particulièrement en milieu tropical - Revue de l'Agriculture, n° 6, vol. 35, 1982, 3233-3241.
- 11- PETITCLERC A. (1985).
Contribution à la valorisation des déchets d'abattoirs du Sénégal par la fermentation méthanique - Thèse de Docteur-Ingénieur de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, Paris, 1985, 231p.
- 12- YENGULA M.H., OLLIVIER B., VIAUD P., TINE E. et ONYEMBE P.M.L. (1988).
Fermentation méthanique des matières stercoraires des abattoirs de Dakar en régime mésophile - Rev. Zaïroise des Sciences Nucléaires, vol. 9, 1988, n° 1-2, -.
- 13- GOUET P., GRAIN J., DUBOURGUIER H.C. et ALBANAC G. (1986).
Interactions entre espèces microbiennes anaérobies dans le rumen - Rerod. Nutr. Develop., 26 (18), 1986, 147-159.
- 14- PEARL I.A. (1967).
The chemistry of lignin - New-York : Marcel Dekker Inc., 1967.
- 15- DETROY R.W., LINDENFELSER L.A., JULIAN G. ST., ORTON J.R. and ORTON W.L. (1980).
Saccharification of wheat-straw cellulose by enzymatic hydrolysis following fermentative and chemical pretreatment - Biotechnology and Bioengineering Symp., n° 10, 1980, 135-148.
- 16- BELAICH J.P. (1980).
Valorisation énergétique des végétaux et sous-produits animaux dans les zones rurales africaines - Laboratoire de Chimie Bactérienne, 1980, CNRS-Marseille, France.
- 17- GHOSH P. GHOSE T.K and PANNIR SELVAM P.V. (1983).
Catalytic solvent delignification of agricultural residues : Inorganic catalytic solvent delignification of agricultural residues : Inorganic catalysts - Process Biochemistry, may/june 1983, 13-15.
- 18- SALL M.D, SOW D., TINE E., TRAORE A.S. (1989).
Valorisation des plantes à latex : *Euphorbia tirucalli* et *Calotropis procera* - Rev. Rés. Amél. Prod. Agr. Milieu Aride, 1, 1989, 171-179.

3 009 9 / EN 009 9 / ES 009 9 / (FR)

Code de langue des descripteurs (cercle obligatoirement celui qui convient)

	Etiquette	Données (à dactylographier)
Descripteurs AGROVOC Séparer les descripteurs par ; et un espace	800	CAFE; SOUS PRODUIT; FERMENTATION (PRIMAIRE) METHANIQUE; MESOPHILE; ZAIRE
proposition de nouveaux descripteurs, commentaires sur les propositions ou sur les termes existant dans AGROVOC	810	

4 009 9 /

Code de langue des termes d'indexation

Termes d'indexation du vocabulaire local		
	820	

5 009 X /

Code de langue du résumé

Langue du résumé en clair		
	850	
	860	

93-11-3 93-022

FIN

النهاية

19

مشاهد

VUES