

UNIVERSITÉ DE DAKAR  
**ÉCOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MÉDECINE VÉTÉRINAIRES**  
( *E. I. S. M. V.* )

---

ANNÉE 1982

N° 21

**AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DES  
FOURRAGES LIGNO - CELLULOSIQUES  
DESTINÉS A L'ALIMENTATION DES  
RUMINANTS DOMESTIQUES**

**TRAITEMENT DE LA PAILLE DE RIZ PAR LES CHAMPIGNONS**

---

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 9 Juillet 1982  
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de DAKAR  
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire  
( Diplôme D'État )

Par  
**Ibrahima NIANG**

né le 10 Août 1955 à St - Louis : ( Sénégal )

Président du Jury : **M. François DIENG** Professeur à la Faculté  
de Médecine et de Pharmacie de DAKAR

Rapporteur : **M. Ahmadou Lamino NDIAYE** Professeur à l'E. I. S. M. V.

Membres : **M. Adrien DIOP** Professeur à la Faculté de Médecine et de  
Pharmacie de DAKAR

**M. Alassane SERE** Professeur à l'E. I. S. M. V.

ECOLE INTER-ETATS  
DES SCIENCES ET MEDECINE  
VETERINAIRES DE DAKAR

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT  
POUR L'ANNEE UNIVERSITAIRE 1981-82

-----

I.- PERSONNEL A PLEIN TEMPS :

1.- PHARMACIE - TOXICOLOGIE :

N.----- Professeur  
François Adébayo ABIOLA----- Assistant

2.- PHYSIQUE MEDICALE - CHIMIE BIOLOGIQUE :

N.----- Professeur  
Germain Jérôme SAWADOGO----- Assistant

3.- ANATOMIE - HISTOLOGIE - EMBRYOLOGIE

N.----- Professeur  
Charles Kondi AGBA----- Maître-Assistant  
François LAMARQUE----- V.S.N.  
Nouréni GANYOU----- Moniteur  
Jean-Jacques SANZHIE-BOKALLY----- Moniteur  
Amadou ADAMOU----- Moniteur

4.- PHYSIOLOGIE - PHARMACODYNAMIE - THERAPEUTIQUE

Alassane SERE----- Maître de Confé-  
rences  
Algor THIAM----- Moniteur

5.- PARASITOLOGIE - MALADIES PARASITAIRES - ZOOLOGIE

N.----- Professeur  
Joseph VERCRUYSSSE----- Assistant  
Louis Joseph PANGUI----- Assistant  
Sacca LAFIA----- Moniteur

6.- HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES D'ORIGINE ANIMALE

N.----- Professeur  
Malang SEYDI----- Maître-Assistant  
Peter SCHANDEVYL----- Assistant  
Eugène BIADJA----- Moniteur

7.- MEDECINE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE -  
CLINIQUE AMBULANTE

N. -----	Professeur
Roger PARENT-----	Assistant
Théodore ALOGNINOUBA-----	Assistant

8.- REPRODUCTION ET CHIRURGIE

N. -----	Professeur
Papa El Hassan DIOP-----	Maître-Assistant
Jean GUILLOTON-----	V.S.N.
Christophe LEPETIT-----	V.S.N.
Fidèle Molélé MBAINATINGATOLOUM-----	Moniteur

9.- MICROBIOLOGIE - PATHOLOGIE GENERALE  
MALADIES CONTAGIEUSES ET LEGISLATION SANITAIRE

N. -----	Professeur
Justin Ayayi AKAKPO-----	Maître-Assistant
François FUMOUX-----	Assistant
Pierre BORNAREL-----	Assistant de Recherches

10.- ZOOTECHE - ALIMENTATION- DROIT - ECONOMIE

Ahmadou Lamine NDIAYE-----	Professeur
Oumarou DAWA-----	Assistant
Rémi BESSIN-----	Moniteur

II.- PERSONNEL VACATAIRE :

BIOPHYSIQUE

René NDOYE-----	Maître de Conférences Faculté de Médecine et Pharmacie <u>Université de DAKAR</u>
-----------------	--

Alain LECOMPTE-----	Chef de Travaux Faculté de Médecine et de Pharmacie <u>Université de DAKAR</u>
---------------------	---

PHARMACIE - TOXICOLOGIE

Mamadou BADIANE----- Docteur en pharmacie

BIOCHIMIE PHARMACEUTIQUE

Mme Elisabeth DUTRUGUE----- Maître-Assistant  
Faculté de Médecine et  
de Pharmacie  
Université de DAKAR

Amadou DIOP----- Assistant  
Faculté de Médecine et  
de Pharmacie  
Université de DAKAR

AGRONOMIE

Simon BARRETO----- Maître de Recherches -  
O.R.S.T.O.M.

BOTANIQUE

Guy MAYNART----- Maître-Assistant  
Faculté de Médecine et  
de Pharmacie  
Université de DAKAR

DROIT ET ECONOMIE RURALE

Mamadou NIANG----- Chercheur à l'I.F.A.N.  
Université de Dakar

ECONOMIE GENERALE

Oumar BERTE----- Assistant  
Faculté des Sciences juridi-  
ques et économiques  
Université de DAKAR

GENETIQUE

Jean Pierre DENIS----- Docteur Vétérinaire  
Inspecteur Vétérinaire  
I.N.E.R.V. de Hann

RATIONNEMENT

Ndongo Mbaye----- Docteur Vétérinaire  
L.N.E.R.V. Hann

METHODES DE REPRODUCTION

Philippe LHOSTE-----

Chercheur zootech-  
nicien  
L.N.E.R.V. de hann

AGROSTOLOGIE

Jean VALENZA-----

Docteur Vétérinaire  
Inspecteur en Chef  
L.N.E.R.V. de Hann

III.- PERSONNEL EN MISSION (Prévu pour 1981-1982)

ANATOMIE PATHOLOGIQUE GENERALE

Michel MORIN-----

Professeur  
Faculté de Médecine  
Vétérinaire  
Saint Hyacinthe - QUEBEC

ANATOMIE PATHOLOGIQUE SPECIALE

Ernest TEUSCHER-----

Professeur  
Faculté de Médecine  
Vétérinaire  
Saint Hyacinthe - QUEBEC

BIOCHIMIE VETERINAIRE

François ANDRE-----

Professeur  
E.N.V. - NANTES

CHIRURGIE

J.P. GENEVOIS-----

Maître de conférences  
E.N.V. - TOULOUSE

PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION - OBSTETRIQUE

Jean FERNEY-----

Professeur  
E.N.V. - TOULOUSE

PATHOLOGIE DES EQUIDES

Jean Louis POUCHELON-----

Maître de conférences  
E.N.V. - ALFORT

PATHOLOGIE BOVINE

Jean LECOANET-----

Professeur  
E.N.V. - NANTES

PATHOLOGIE GENERALE - MICROBIOLOGIE

IMMUNOLOGIE

Jean OUDAR-----

Professeur  
E.N.V. - LYON

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

Jean CHANTAL-----

Professeur  
E.N.V. - TOULOUSE

PARASITOLOGIE

Jean BUSSIERAS-----

Professeur  
E.N.V. - ALFORT

## A NOS MAITRES ET JUGES

- A Monsieur François DIENG

Pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury de thèse. Merci.

- A Monsieur Ahmadou Lamine NDIAYE

Pour votre esprit de méthode et de clarté. Vos multiples charges ne vous ont pas empêchés d'être le rapporteur de cette thèse. Merci.

- A Monsieur Adrien DIOP

Vous nous faites honneur en acceptant d'être parmi nos juges. Merci.

- A Monsieur Alassane SERE

Pour les riches enseignements que vous nous prodiguez à l'école et pour votre disponibilité de toujours. Merci.

- A Monsieur Ndiaga MBAYE

Pour avoir accepté de diriger ce travail.  
Mes humbles reconnaissances.

Nos hommages respectueux et toute notre reconnaissance.

## A MON PEUPLE.

- A mon Père Moctar NIANG - Ma haute reconnaissance pour votre soutien moral et votre sens de l'éducation.
- A ma Mère Maguette FALL - Ma reconnaissance pour votre totale affection.
- A mes Frères et sœurs pour un bonheur familial.
- A mon Oncle Abdoulaye NIANG pour votre soutien de toujours.
- A ma Grand-mère Ndiouck KEBE
- A toute ma Famille
- A tous mes amis
- A tous mes copains
- A toute la promotion "BESSIN" pour les années passées ensemble
- A tous les étudiants de l'E.I.S.M.V.
- A tout le personnel enseignant et technique de l'E.I.S.M.V.
- A tout le personnel du laboratoire de Dakar-Hann :  
pour votre sincère collaboration.

... JE DEDIE CE TRAVAIL

"Par délibération, la Faculté et l'Ecole ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leur seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner aucune approbation ni improbation".

## I N T R O D U C T I O N

L'un des problèmes cruciaux du tiers monde demeure la faim et la malnutrition. L'intensification des productions animales doit être une des priorités pour faire face à ce déficit alimentaire.

Au Sénégal sur les 6.105.000 têtes de bétail, les ruminants domestiques, occupent une large place : 5.427.000 soit 88,89 pour 100( 9 ). La satisfaction de leurs besoins alimentaires a toujours été difficile.

Ces difficultés sont en majeure partie d'ordre climatique. Le déficit fourrager est énorme du fait de 9 mois sur 12 de saison sèche. A cela s'ajoute plus d'une décennie de sécheresse.

A ces facteurs défavorables pour une bonne nutrition animale, s'ajoutent une crise énergétique sans précédent qui alourdit les frais de la fabrication d'aliment et une montée sans cesse croissant du prix des céréales.

L'exploitation optimale des ressources végétales largement disponibles en l'occurrence les pailles demeure plus qu'une nécessité.

Notre étude porte sur la paille de riz du fait de sa disponibilité mais elle aurait pu s'adresser à d'autres types de fourrages pauvres.

Le disponible théorique en pailles de céréales qui est de 3,1 millions de tonnes dont 62.918 tonnes pour le riz( 9 ) est sous utilisé. Elles devraient donc être revalorisées par une utilisation plus grande dans l'alimentation animale.

La paille de riz est de faible valeur alimentaire du fait de sa richesse en lignine et de sa pauvreté en matières azotées.

Son ingestibilité et sa digestibilité faibles attestent aussi de sa médiocre valeur alimentaire.

Cependant la paille de riz est un excellent aliment énergétique pour les ruminants et son utilisation comme aliment du bétail nécessite un apport supplémentaire d'azote, de minéraux et de vitamines.

Le but du traitement des pailles est d'améliorer leur ingestibilité et leur digestibilité en apportant aux microorganismes du rumen les nutriments nécessaires à leur activité digestive.

Notre tentative d'utiliser les champignons pour améliorer la valeur de la paille de riz s'insère dans le cadre d'un programme de recherches scientifiques du laboratoire de Dakar-Hann à savoir : "Mise au point de techniques nouvelles pour l'alimentation des ruminants". Les microorganismes utilisés sont des moisissures blanches qui dégradent davantage la lignine que la cellulose en laissant un résidu contenant moins de lignine que la substance initiale(14).

Dans une première partie bibliographique nous étudierons d'abord la composition chimique des pailles qui permettra de comprendre dans le second chapitre leur utilisation digestive. Nous aborderons ensuite le problème de la valeur alimentaire des pailles qui introduira le quatrième chapitre sur les différentes formes de traitement.

Dans une seconde partie nous décrivons le travail effectué dans le cadre de cette thèse. Nous présenterons d'abord les conditions de traitement puis les méthodes de digestibilité aussi bien "in vivo" que in vitro" ainsi que les différentes analyses chimiques effectuées. Nous présenterons ensuite les résultats expérimentaux obtenus avant de tirer les conclusions.-

P R E M I E R E   P A R T I E

G E N E R A L I T E S

## C H A P I T R E I.

### COMPOSITION CHIMIQUE DES PAILLES.

Selon VAN SOEST, ( 28 ) la matière sèche des pailles se répartit en deux fractions :

- Le contenu cellulaire composé de lipides, de protéines, d'hydrates de carbone et d'autres substances solubles dans l'eau.

- La membrane cellulaire ou couche protectrice encore appelée paroi formée de cellulose, d'hémicellulose et de lignine.

La première fraction est digestible donc utilisable par le bétail alors que l'utilisation digestive de la seconde est faible voire nulle du fait de la présence de lignocellulose.

#### I.1. Les constituants membranaires des pailles.

Ils forment la presque totalité de la matière organique des pailles (86,6 pour 100).

Il existe quatre constituants fondamentaux de la membrane qui sont : la cellulose, l'hémicellulose, la lignine et les substances pectiques.

##### a) La cellulose :

La seule méthode de dosage universellement reconnue est celle de la station agronomique de Weende. La cellulose est un glucosane formé d'un polymère de chaînes linéaires de glucose liées en 1-4 avec la cellobiose comme unité alimentaire. Son poids moléculaire peut atteindre  $10^6$ . Elle est hydrolysée par les acides forts in vitro alors qu'elle est dégradée in vivo par les cellulases des bactéries du rumen.

La cellulose est surtout caractérisée par sa structure cristalline qui joue le rôle principal dans la rigidité des plantes.

##### b) l'hémicellulose :

Les hémicelluloses sont très abondantes et sont définies par les

..//..

critères chimiques suivants :

- insolubilité dans l'eau bouillante
- solubilité dans les alcalis dilués
- hydrolysables à chaud par les acides dilués .

Ce sont des polyholosides complexes dont l'hydrolyse libère des pentosanes, des hexosanes et de l'acide uronique. Parmi les pentosanes, la xylose prédomine (1/3 de la membrane des pailles) alors que parmi les hexosanes on a le mannose, le glucose et le galactose.

Les pentosanes constituent la plus grande partie des hémicelluloses.

c) Les substances pectiques.

Les matières pectiques se trouvent surtout au niveau de la membrane des feuilles des légumineuses. Elles sont rares chez les graminées, 2 pour 100 des membranes des feuilles(2).

Elles sont en majeure partie constituées par de la protopectine et à un degré moindre de pectine, de pectates et d'acides pectiques.

Ce sont des hétéro-polysaccharides à multiples chaînes latérales.

d) La lignine.

La lignine est un composé non glucidique constitué par une grande proportion de noyau aromatique. Selon RIVIERE( 25 ), la teneur en lignine de la paille de riz varie de 12 à 16 pour 100, ce taux augmentant avec la maturation de la plante.

La lignine est indigestible. Elle entrave la dégradation de la cellulose et de l'hémicellulose en leur assurant une protection contre les microorganismes. GUGGOLZ et coll.( 11) considèrent qu'elle agit comme une barrière entre le contenu cellulaire et les enzymes digestifs. Le noyau phénolique aurait une action antiseptique et limiterait l'action digestive des bactéries, CRAMPTON et Coll. cités par MBODJ( 24 ).

Le taux de lignine est en corrélation négative avec la digestibilité des hydrates de carbone insolubles et de la matière sèche totale.

1.2. Les constituants solubles des pailles.

Ils sont quantitativement plus faibles que les constituants membranaires qui forment 80 à 90 pour 100 des pailles( 2 ). Ce sont :

- les sucres solubles :  $0,8 \pm 0,37$  pour 100 de la matière sèche (M.S.)
- les matières grasses:  $2,3 \pm 0,77$  pour 100 de la M.S.
- une partie des cendres
- une partie des matières azotées.

Tableau N°1 : Teneur des pailles de céréales en membrane (AUDALBERT, 1979).

	: % de Matière sèche:	% membrane
Substances pectiques	: 1,43	: 1,9
Hemicellulose	: 23,3	: 31,76
Cellulose	: 35,9	: 48,85
Lignine	: 12,8	: 17,42
TOTAL	: 73,5	: 100

Tableau N°2 : Variation de la composition moyenne des  
pailles en % de la matière organique  
(AUDALBERT, 1979).

	: % de la matière organique	
Matière azotée totale	$3,6 \pm 1,23$	(30)
sucres solubles	$0,86 \pm 0,4$	(10)
substances pectiques	$1,4 \pm 0,36$	(4)
Lignine	$9,8 \pm 2,5$	(32)
Hémicellulose	$27,2 \pm 4,4$	(46)
cellulose	$43,7 \pm 8,1$	(40)
Membrane	$86,6 \pm 3,34$	(38)

../..

## C H A P I T R E II.

### UTILISATION DIGESTIVE DES PAILLES :

La digestion des pailles dépend de la digestibilité des membranes qui doivent être dégradées dans le rumen par les enzymes des microorganismes. La barrière Ligno-cellulosique doit être rompue. Il faut que l'environnement ruminal soit favorable à une activité microbienne normale et que les conditions de nutrition des micro-organismes, soient assurées.

#### II.1. La digestion dans le rumen.

##### II.1.1. Rôle des microorganismes.

Le rumen est une véritable cuve à fermentation. La microflore est plus forte en densité et est constituée en moyenne de  $10^{10}$  bactéries par millilitre de jus de rumen. Quant à la microfaune, elle contient  $10^5$  à  $10^6$  protozoaires par millilitre ( 15 ).

Ces microorganismes ont un rôle très important dans la nutrition des ruminants dont la panse est dépourvue d'enzymes cellulolytiques. C'est l'activité microbienne qui assure la dégradation et la transformation de la cellulose en hydrates de carbone simples immédiatement utilisables. A partir de cette dégradation alimentaire, la micropopulation va tirer l'énergie et les nutriments nécessaires pour son entretien, sa croissance et sa prolifération. Ainsi le régime alimentaire va déterminer le faciès microbien par l'intermédiaire de la quantité et de la nature des substrats fermentescibles qu'il apporte et par les conditions de milieu qu'il crée ( 15 )

##### a) Condition de nutrition.

Le liquide du rumen contient 10 à 15 pour 100 de matières sèches. L'environnement ruminal se trouve en état d'anaérobiose.

C'est un milieu réduit dont la température oscille entre  $38^{\circ}$  et  $40^{\circ}$  C et peut même atteindre  $41^{\circ}$  C lors des fermentations excessives.

Le pH varie dans la marge étroite de 5,5 à 7,3. Cette valeur

du pH est conditionnée par l'action tampon de la salive qui apporte les ions phosphates et bicarbonates, par la production d'acides gras volatils qui tend à la diminuer et par la production d'ammoniac qui tend vers la basicité.

La baisse du pH est défavorable aux bactéries cellulolytiques (zone de pH = 6,5).

b) Rôle des protozoaires.

Les protozoaires sont classés en deux groupes :

- les holotriches
- les oligotriches.

Les premiers peuvent absorber des sucres solubles et les stocker sous forme de sucres insolubles comme les amylopectines dont l'hydrolyse acide libère le glucose.

Quant aux oligotriches ils sont constitués de deux genres qui sont : Entodinium et Ophyoscolex. Ce dernier peut attaquer la cellulose et la stocker sous forme d'amylopectine alors que le genre entodinium est le principal agent de la digestion de l'amidon.

Pour la couverture de leurs besoins nutritifs, les protozoaires utilisent les fragments végétaux et des quantités considérables de bactéries.

Cette microfaune tempère donc les fermentations en réduisant une partie des glucides rapidement fermentescibles disponibles pour la population bactérienne mais elle contribue aussi à augmenter le taux d'ammoniac du liquide du rumen en restituant une partie de l'azote ingérée.

c) Rôle des bactéries.

Les bactéries sont responsables en majeure partie de la dégradation des aliments dans le rumen.

c.1. Classification :

---

Les bactéries sont classées suivant l'activité qu'elles exercent. On distingue alors les bactéries amylolytiques, les protéolytiques, les lipolytiques, les cellulolytiques, HUNGATE, 1966, cités par N. MBAYE(23).

Les bactéries cellulolytiques prédominent et les espèces les plus rencontrées sont : Bactériofides succinogenes, Ruminococcus albus, Ruminococcus flave-faciens et Butyrivibrio fibrisolvens (BRYANT, HUNGATE, KISTNER, cité par N. MBAYE( 23 ).

### c.2. Cellulolyse :

La cellulose est dégradée par ces bactéries en acides gras volatils (A.G.V.) qui sont absorbés à travers la paroi du rumen pour constituer la principale source de nutriments énergétiques des ruminants.

Le schéma de dégradation de la cellulose est représenté par le tableau suivant.

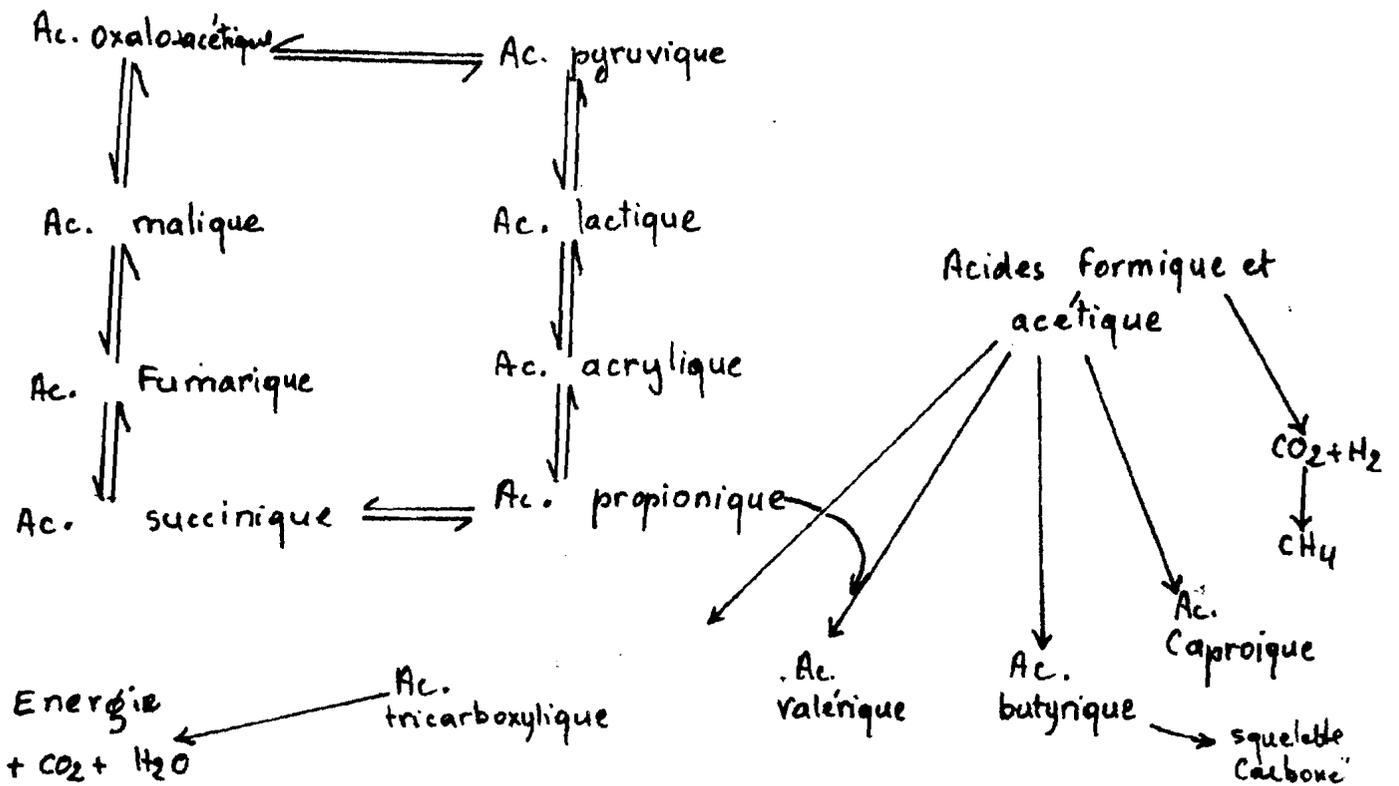
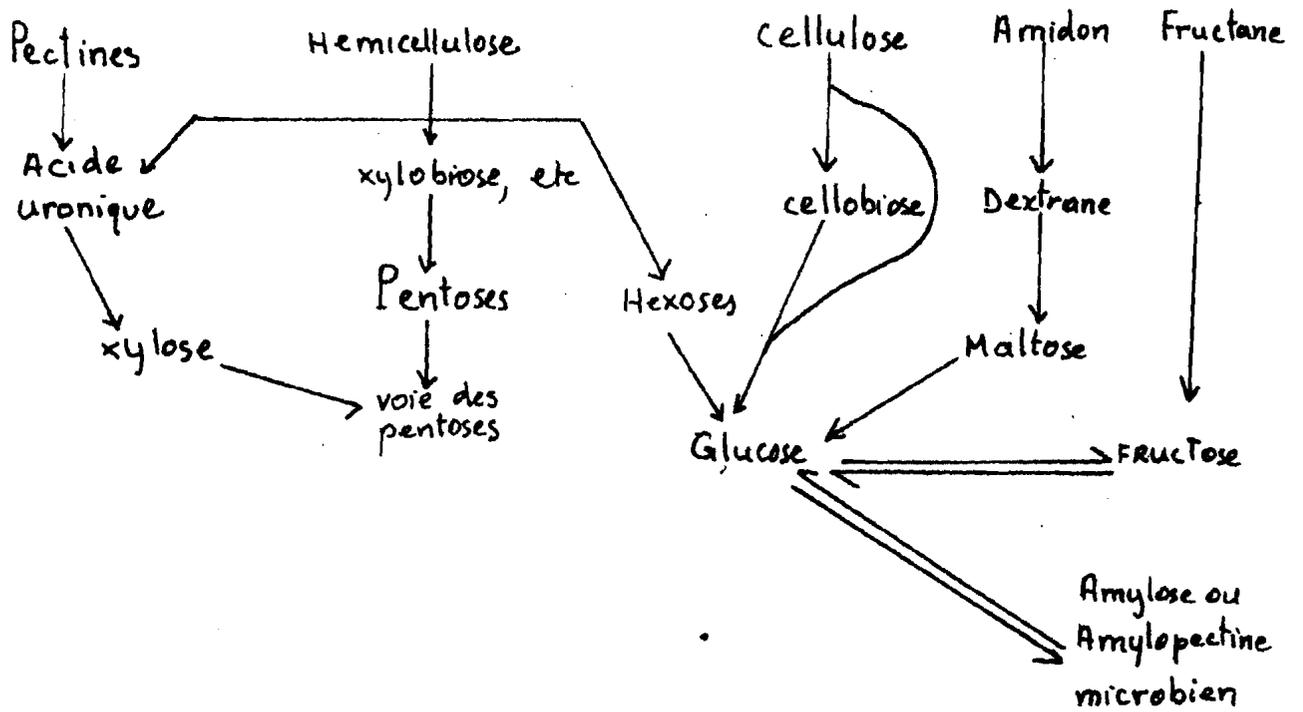
L'enzyme responsable de la cellulolyse est constitué de deux entités :

- un facteur  $C_1$  responsable de l'affinité pour la molécule de cellulose.
- un facteur  $C_x$ , actif et assurant l'hydrolyse.

L'efficacité de l'enzyme dépend de la longueur de la chaîne de la cellulose et de sa concentration dans le milieu(23 ).

### c.3. Nutrition :

Les bactéries couvrent leurs besoins énergétiques nécessaires à leur entretien, leurs croissance et prolifération à partir des aliments ingérés par l'animal. Les bactéries cellulolytiques ont un besoin absolu en ammoniac et pour atteindre une croissance maximale, elles utilisent l'isobutyrate, le 2 - méthyl-butyrate et l'isovalérianate synthétisés par d'autres espèces bactériennes. Ce phénomène de symbiose concerne aussi l'utilisation de la vitamine B.(15 ).



Dégradation DES HYDRATES DE CARBONE DANS LE RUMEN

source: (24)

Il faut noter que les bactéries interviennent aussi dans le métabolisme azoté en synthétisant des protéines qui ont un coefficient d'utilisation digestive et une valeur biologique élevés (74 à 85) ; I.N.R.A., 1978( 15 ).

### II.1.2. Rôle de l'azote.

La dégradation de l'azote protéique et de l'azote non protéique aboutit essentiellement à la formation de l'ammoniac.

Au cours de la digestion ruminale, l'azote va jouer un rôle important dans la synthèse des protéines microbiennes et dans l'amélioration de l'activité cellulolytique des bactéries de la panse.

La quantité de protéines synthétisées par la micropopulation ruminale est déterminée par la densité et la vitesse de croissance de celle-ci et par le rendement avec lequel elle utilise les substrats, surtout l'énergie disponible. Cette synthèse s'effectue à partir des protéines et peptides ainsi qu'à partir de l'ammoniac qui provient de l'azote non protéique.

Pour ce qui est du mécanisme de synthèse, le radical - NH<sub>2</sub> provient de l'urée ; le squelette carboné des A.G.V. (surtout l'acétate pour 95 pour 100), des protéines, des acides aminés et du glucose à un degré moindre ; le gaz carbonique intervient aussi dans la synthèse de ces protéines en grande quantité.

L'amélioration de l'activité cellulolytique par un apport d'azote a été démontrée lors de travaux de plusieurs auteurs. Pour HEMPEL et Coll.( 13 ), cette amélioration serait consécutive à la prolifération microbienne : ils dénombrent  $42,6 \cdot 10^4$  protozoaires/cm<sup>3</sup> de liquide de rumen chez des moutons castrés nourris avec des régimes paille + urée.

HODEN(1972), pense que des augmentations de 50 à 170 pour 100 de la quantité d'azote protéique dans la panse seraient les conséquences d'un accroissement de la population microbienne favorisé par la présence d'azote non protéique.

CALVET et Coll. ( 6 ) ont observé qu'avec un complément azoté constitué de 8 pour 100 de tourteau d'arachide, le taux de matières sèches du jus de rumen passe de 5,27 g/l à 5,80 g/l soit une augmentation de 9 pour 100. Ce fait souligne que le facteur limitant de la paille de riz est l'azote. Ce dernier apporté par le tourteau entraîne une activation de la flore bactérienne se traduisant par une meilleure dégradation de la cellulose source essentielle d'A.G.V.

Dans le même temps le taux d'ammoniac du jus de rumen qui existait à l'état de traces avec le régime à base de paille seule passait à 79 mg/l.

Ainsi l'activité cellulolytique des bactéries est d'autant plus élevée que le taux d' $\text{NH}_3$  augmente. Cependant il existe des taux limites : la croissance microbienne est optimale avec un minimum de 5 mg d' $\text{NH}_3$  par 100 ml de jus de rumen.

### II.1.3. Rôle des glucides.

Les glucides apportent aux microorganismes l'énergie nécessaire à leur entretien, leur croissance et leur prolifération. Pour qu'ils soient bien utilisés il faut l'apport des vitamines  $\text{B}_1$ , PP, H et  $\text{B}_2$  qui accélèrent la dégradation de la cellulose par la microflore. Cependant il faudra tenir compte de deux facteurs :

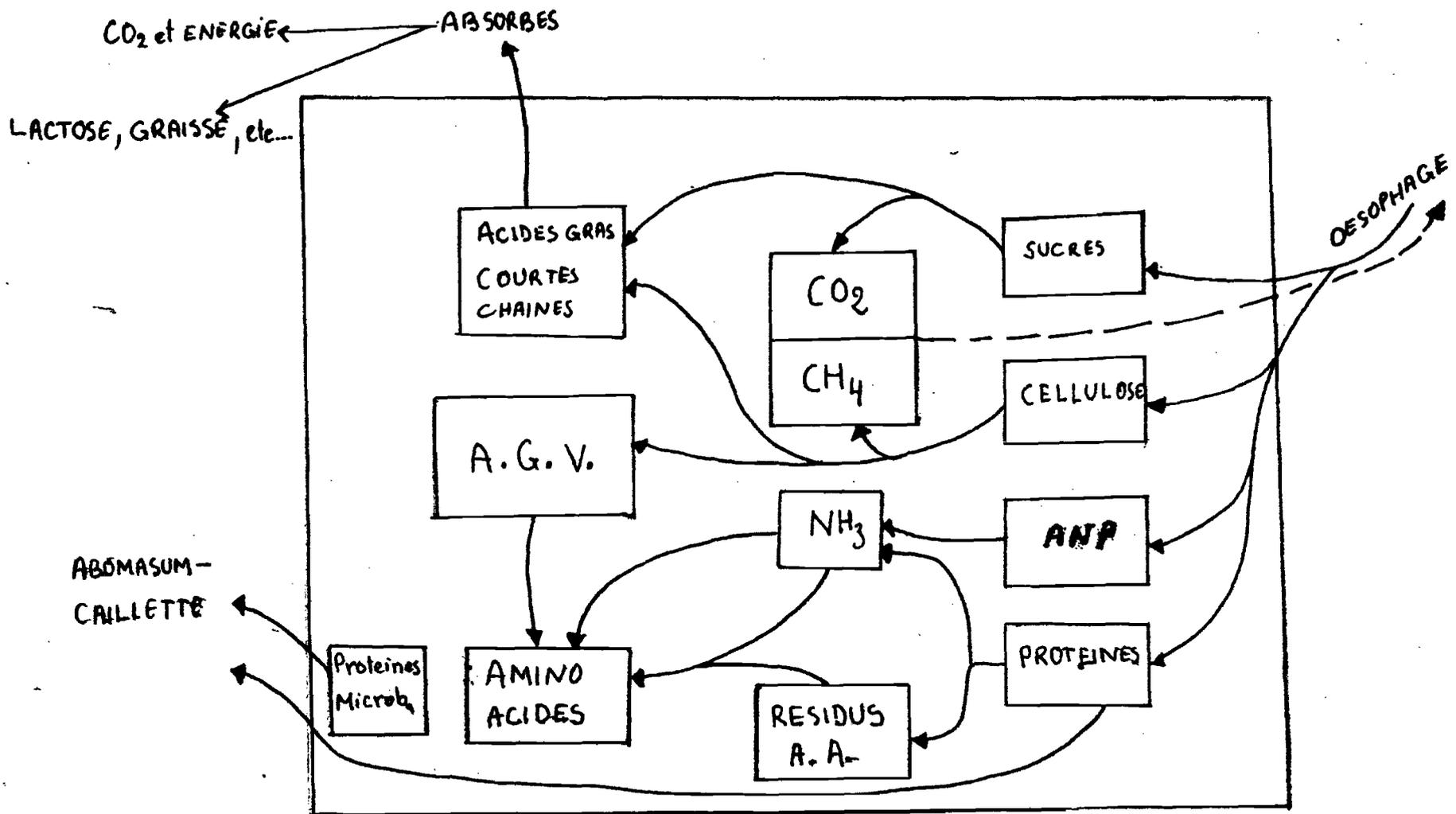
- l'effet du niveau énergétique de la ration
- la nature et l'origine de l'énergie.

L'amidon a un effet dépressif sur la cellulolyse : MULHOLLAND et Coll. (1976) estiment qu'avec 10 pour 100 d'amidon, la digestibilité de la cellulose est de 37,2 pour 100 alors qu'avec 30 à 40 pour 100 d'amidon, elle diminue de 25,5 pour 100.

La plupart des espèces cellulolytiques tirent leur énergie des polysaccharides membranaires c'est pourquoi les rations riches en fourrages favorisent une forte production d'acide acétique .

Les régimes riches en aliments concentrés (céréales) provoquent

..//..



ANP: Azote non protéique.

RETICULO RUMEN

# SYSTEME DIGESTIF DU BOVIN.

b) L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ )

L' $\text{NH}_3$  provient de la digestion de l'azote protéique et non protéique ainsi que du recyclage de l'urée endogène par l'intermédiaire de la salive et de la paroi du tube digestif. Son taux dans le rumen est témoin de l'intensité des synthèses microbiennes.

D'après SATTER et Coll. cités par GUERIN( 12 ), cette activité microbienne augmente proportionnellement avec la teneur en azote ammoniacal jusqu'à une concentration de 2 mg par 100 ml ; au delà, on observe un début d'accumulation d' $\text{NH}_3$  dans le jus de rumen et une augmentation de l'urémie et de l'azote urinaire. A partir de 5 ml d' $\text{NH}_3$  par 100 ml, toute augmentation de la concentration est sans effet sur la synthèse protéique et n'améliore pas la nutrition azotée de l'animal. Ainsi l'excès d'azote non protéique est excrété dans les urines et les fécés.

L' $\text{NH}_3$  peut avoir trois destinées : une partie est utilisée par les bactéries pour la synthèse de leurs constituants cellulaires, une autre peut traverser la paroi du rumen et pénétrer par la veine porte dans la circulation sanguine ; enfin la dernière partie peut quitter le rumen par la voie digestive.

L' $\text{NH}_3$  qui diffuse à travers le rumen arrive au foie où se produit un recyclage en urée dont une partie est éliminée par l'urine, alors que l'autre revient au rumen par la voie salivaire.

En résumé il faut noter que le facteur limitant de l'activité cellulolytique des bactéries est la concentration du liquide du rumen en  $\text{NH}_3$  et que cette activité est optimale à des taux minimum de 5 mg d' $\text{NH}_3$  par 100 ml

II.2. Utilisation digestive des pailles.

La digestibilité des pailles est faible. Dans cette mauvaise utilisation il faut attacher une importance particulière à la lignine. La présence de cutine, de silice, ainsi que la structure cristalline de la cellulose sont aussi des facteurs défavorables pour une bonne digestion des pailles.

---

Toutefois le facteur limitant principal demeure l'indigence de ces fourrages en matières azotées digestibles et en minéraux.

Les pailles sont digérées lentement car l'action des microorganismes est inhibée par la lignine et la structure de la membrane.

Cette digestion induit un pH assez élevé dans le jus de rumen, une concentration en A.G.V. faible et une teneur en  $\text{NH}_3$  insuffisante pour couvrir les besoins des bactéries cellulolytiques.

### II.2.1. La digestibilité des pailles seules.

#### a) La digestibilité :

Dans ce cas l'essentiel des nutriments est constitué de glucides membranaires (la cellulose peut constituer jusqu'à 40 pour 100 de la matière sèche).

La cellulose associée à la lignine forment une barrière lignocellulosique contre les enzymes des micro organismes.

La digestibilité de la matière sèche (M.S. varie de 48 pour 100 pour HÖNEN(1973) à 54,4 pour 100 pour CALVET et coll.(5).

La digestibilité de la matière organique varie selon les auteurs: 32,01 pour 100 pour SIA (1978) ; 62,6 pour 100 pour CALVET et coll.(5).

L'utilisation digestive de la matière azotée est pratiquement nulle. Le bilan azoté est négatif et se traduit par des pertes fécales supérieures à 70 g d'azote par jour ; ceci prouve que la totalité de l'azote est indigestible et s'élimine dans les fèces ; il en résulte une perte de poids de 7 à 12 kg en 15 jours( 5 ).

De même le bilan calcique est négatif et la majeure partie du calcium de la paille ingérée se retrouve dans les urines sous forme d'oxalate. C'est ainsi que les animaux nourris par des rations à base de paille sont sujets à des troubles osseux se manifestant par une décalcification du squelette.

~~Cependant les pailles constituent un excellent aliment énergétique~~ grâce à une bonne digestibilité de la cellulose brute et de l'extractif non azoté qui constituent les nutriments essentiels de ces fourrages.

b) Variation de la digestibilité des pailles :

Elle peut varier en fonction de l'espèce, de la forme physique de la paille ou du mode de récolte.

- L'espèce (Tableau n°4).

En ce qui concerne les ruminants CALVET et coll.(4) ont comparé la variation de la digestibilité de la paille de riz entre les bovins et les ovins et ont constaté que les premiers digéraient nettement mieux la cellulose (71 pour 100) que l'espèce ovine (61,9 pour 100).

Tableau n°4 : Comparaison de la digestibilité de la paille de riz entre bovins et ovins.

Espèces	Digestibilité en pour 100	
	Mat. cellulosique	Extractif non azoté
Bovins	71	59,1
Ovins	61,9	58,1

Source :(4)

BLANCHARD et Coll. cités par GUERIN( 12 ) ont comparé l'utilisation digestive de la cellulose brute entre ovins et caprins : ils ont constaté des valeurs identiques entre les deux espèces pour ce qui est des matières organique sèche et azotée, mais que les caprins utilisaient mieux la cellulose brute (59 pour 100) que les ovins (54 pour 100).

- Forme physique de la paille.

Les pailles hachées en particules grossières ont un coefficient

..//..

d'utilisation digestive supérieur de 50 pour 100 à celui des pailles intactes. ( 14 ). Cependant lorsque le broyage est trop fin nous avons une action dépressive sur la digestibilité des polyholosides membranaires.

- Mode de récolte.

Les feuilles sont plus digestibles que les tiges. La digestibilité varie selon la hauteur de coupe. La paille récoltée directement après la moisson a un coefficient d'utilisation digestive supérieur de 2 points à celui de la paille laissée sur place pendant un certain temps (perte de feuilles, lessivage par la pluie...)( 14 ).

II.2.2. Cause de la mauvaise utilisation digestive.

Une partie de la membrane des pailles contenant des polyholosides, potentiellement digestible, est rendue indigestible par la lignine alors qu'une autre partie totalement indigestible, est constituée uniquement de lignine.

D'Autres causes peuvent intervenir dans cette mauvaise utilisation digestive à savoir : la présence éventuelle de silice, la cutine ainsi que la structure cristalline de la cellulose.

a) Rôle de la lignine :

Une fraction de la matière sèche des pailles de céréales environ 12 à 15 pour 100 formée de cutine, de protéines dénaturées en plus de la lignine est complètement indigestible :

Cette dernière agit comme un bouclier en association avec la cellulose pour donner un complexe lignocellulosique indigestible.

Pour GUGGOLZ et coll.( 11 ), les 3/4 des pailles sont formées de cellulose et d'hémicellulose rendues indigestibles par la seule présence de lignine. L'action de cette dernière est surtout nette chez les plantes âgées.

b) Rôle de la silice :

La teneur en silice de la paille de riz peut aller jusqu'à 13 pour 100 ; SHARMA cité par AUDALBERT( 2 )- Une partie de la silice se dissout dans le tube digestif, 30 pour 100 selon ABDEL KOMAR(17), alors qu'une autre partie se dépose sous forme d'agrégats pour être éliminés dans les urines.

La silice a une action dépressive sur la digestibilité : en effet MBODJ( 24 ) estime qu'une unité de silice fait diminuer la digestibilité de 3 points chez les graminées.

Cependant la présence de silice dans les pailles n'est pas signalée par beaucoup d'auteurs mais, si elle existe, son taux dans la plante est inversement proportionnel à celui de la lignine : en effet l'aptitude de la plante à synthétiser la lignine est en corrélation négative avec la richesse du sol en silice ; autrement dit, plus le sol est riche en silice, plus les plantes qui s'y développent sont pauvres en lignine( 24 ).

c) rôle de la cutine :

Elle aurait un rôle controversé. La cutine reste dans le résidu délignifié avec la méthode de Van Soest.

Pour HAN et ANDERSON cité par AUDALBERT( 2 ) la cutine reste dans la partie externe du végétal donc n'a aucune influence négative sur la digestibilité. Par contre WILKINS( 29 ) pense que la cutine peut diminuer la digestibilité mais du fait de son faible taux dans la plante son action devient négligeable.

d) Rôle de la cristallinité de la cellulose :

Le degré de cristallinité est inversement proportionnel à la vitesse de dégradation de la cellulose.

En résumé il faut retenir que la lignine est le facteur principal sinon le seul défavorable à cette mauvaise utilisation digestive des pailles.

### II.2.3. Caractéristique digestive des pailles.

La digestibilité des pailles dépend avant tout de celle des polyholosides membranaires. Parmi ces derniers la cellulose occupe une place très importante alors qu'elle est dégradée lentement par les enzymes microbiennes. Les vitesses de digestion et de transit jouent un rôle très important dans l'utilisation digestive de cette cellulose.

Ainsi donc la caractéristique digestive des pailles se résume à une vitesse de digestion très lente et à un long séjour dans le tube digestif.

#### a) Vitesse de digestion :

Les pailles sont digérées très lentement ( 1 ). Leur vitesse de digestion dépend de celle de la croissance microbienne laquelle est limitée par la structure de la membrane. Nous avons une libération lente de l'énergie contenue dans les parois. Il faut noter aussi que la vitesse de dégradation des membranes diminue au fur et à mesure que la plante vieillit et que la proportion de tissus lignifiés augmente ( 15 ).

#### b) Vitesse de transit :

Les pailles transitent lentement du fait de leur faible niveau d'ingestion et de leur lente digestion. Ce séjour allongé dans le tube digestif va compenser en partie la faible vitesse de digestion.

En effet le temps de séjour moyen d'un fourrage augmente respectivement de 8 à 15 heures quand sa digestibilité diminue de 10 points ou quand les quantités ingérées diminuent de 10 g par kilo de poids métabolique.

Il faut noter aussi que le mode de distribution de la ration (ad libitum ou restriction) influence la vitesse de transit : avec la restriction alimentaire, les quantités consommées sont limitées ce qui entraîne une vitesse de transit plus lente se traduisant par une meilleure digestibilité.

### II.2.4. Cinétique biochimique des pailles :

#### a) Acides gras volatils (A.G.V.)

..//..

Avec les rations à base de paille, la teneur du jus de rumen en A.G.V. devient faible. Cet état biochimique est du à la pauvreté de ces fourrages grossiers en matières organiques et à leur vitesse de digestion très lente.

En 1974 CALVET et coll.(4) ont entrepris des études sur le métabolisme du rumen chez les bovins tropicaux. Le résultat des analyses effectuées sur une moyenne de 30 échantillons de jus de rumen prélevés chez la Ndama ont confirmé le taux faible des A.G.V. induit dans la panse par ces rations ( $62,04 \pm 1,97$  mg/l de jus de rumen).

Il existe une différence entre le zébu et la race Ndama, puisque la teneur en A.G.V. observée chez cette dernière était supérieure de 1,23 g/l.

L'étude de la proportion de ces A.G.V. révèle une teneur plus élevée d'acide acétique allant de pair avec des teneurs faibles en acides butyrique et propionique.

Le tableau n°6 donnant les proportions des A.G.V. révèle que l'acide acétique occupe 83 pour 100 du volume total contre 13,8 pour 100 pour l'acide propionique, la proportion d'acide butyrique étant plus faible, 3,9 pour 100.

Les concentrations faibles en acide acétique sont la marque d'une faible digestibilité. De telles rations peuvent seulement assurer l'entretien des animaux.

b) Les matières sèches :

Avec une ration à base de paille de riz uniquement, la teneur du jus du rumen en matières sèches s'élève à 4,74 pour 100. Cette quantité de matières sèches est faible car dans les conditions normales le liquide ruminal doit en contenir 10 à 15 pour 100.

../..

Tableau N°5 : Taux des A.G.V. totaux du liquide du rumen.

Horaire de prélèvement	:	Paille de riz
8 h 30	:	n= 10 58,9 ± 6,12
11 h	:	n= 10 64,4 ± 4,24
16 h	:	n= 10 62,04 ± 1,97
MOYENNE	:	n= 30 62,04 ± 1,97

Source : (4).

Tableau n°6 : Proportion des A.G.V. du liquide du rumen.

Raille de	:	Acide acétique	:	Acide propion.	:	Acide butyrique
riz	:	mg/l	:	mg/l	:	mg/l
	:	p.100 des Ac. totaux	:	p.100 des Ac. totaux	:	p.100 des Ac. totaux
	:	51,6	:	8,6	:	1,9
	:	83	:	13,8	:	3,2

Source (4).

Tableau N°7 : Taux d'NH<sub>3</sub> du liquide du rumen (mg/l).

Horaire de prélèvement	:	Paille de riz
8 h. 30	:	n=10 81,8±18,10
11 h.	:	n=10 96,4±20,76
16 h.	:	n=10 46,15±15,02
MOYENNE	:	n=30 74,78±17,96

Source : (4).

.../...

c) Le pH :

Le pH varie en sens inverse avec le ~~taux d'acides gras volatils~~  
~~Puisque ces derniers existent~~ en faible quantité dans le liquide ruminal,  
le pH prend nécessairement des valeurs relativement élevées avec les ra-  
tions à base de paille seule. Il est de  $6,7 \pm 0,07$  chez le zébu et devient  
un peu plus faible chez la Ndama :  $6,5 \pm 0,04$  ( 6 ). Chez les races euro-  
péennes la valeur du PH est du même ordre (supérieur à 6,5 : HORTON  
cité par AUDALBERT( 2 )).

d) L'ammoniac :

L'ammoniac figure à l'état de traces dans le jus de rumen des  
bovins nourris par de la paille uniquement : en moyenne 2,5 mg par  
100 ml de jus de rumen. Cette faible teneur est due à l'indigence des  
pailles en matières organiques digestibles en particulier en matières azo-  
tées digestibles. La digestion de l'azote alimentaire aboutit à la formation  
d' $\text{NH}_3$  lequel est utilisé par les microbes de la panse pour leur croissance.  
Or la concentration en  $\text{NH}_3$  du liquide du rumen est limitante pour l'activi-  
té microbienne lorsqu'elle est inférieure à 5 mg/100 ml.

La paille de riz à elle seule ne couvre pas les besoins azotés  
des microorganismes.

C'est ainsi que les animaux nourris par ces fourrages sont  
obligés d'emprunter à leur cycle d'urée endogène par catabolisation tis-  
sulaire d'où l'amaigrissement observé lorsque la paille n'est pas supplé-  
mentée en azote.

D'ailleurs lorsqu'elle est associée à une source azotée (Tour-  
teau ou urée), le taux d' $\text{NH}_3$  dans le rumen augmente rapidement après  
l'administration du repas et peut atteindre 79 mg/l chez le zébu( 4 ).  
Ceci prouve que l'activité des bactéries du rumen est d'abord protéolyti-  
que et que leur fonction cellulolytique se faisant avec un certain décalage  
et paraissant d'autant plus efficace que le taux d' $\text{NH}_3$  est plus élevé.

### C H A P I T R E III.

#### VALEUR ALIMENTAIRE DES PAILLES :

La valeur alimentaire d'un fourrage est fonction des quantités ingérées et de sa digestibilité. Cette dernière comme nous l'avons signalée ci-dessus est faible. Les pailles sont ingérées en petite quantité ce qui nous amène à dire qu'elles sont de faible valeur alimentaire.

#### IV.1. Les quantité ingérées.

Les quantités ingérées sont très importantes à déterminer afin de pouvoir caractériser la valeur alimentaire des aliments. Le niveau de consommation dépend de la capacité d'ingestion de l'animal et de l'ingestibilité du fourrage.

Cette capacité d'ingestion, selon CONRAD et Coll.(1976), pour les fourrages de digestibilité inférieure à 67 pour 100 (donc les pailles), était régie par des mécanismes "physiques". Celle ci est fonction de la vitesse de disparition des digestats entre deux repas. Donc l'animal ingère plus vite lorsque la vitesse de digestion est plus rapide ce qui n'est pas le cas avec les pailles.

L'ingestibilité du fourrage lui même dépend de ses caractéristiques physiques et biochimiques. Plus les composants solubles sont élevés par rapport aux composants membranaires, plus la vitesse de digestion est rapide et plus l'animal mange.

Le niveau d'ingestion de la paille de riz est de 26,5 g de matières sèches par kg.  $P^{0,75}$  ( 17). En zone tropicale il est plus élevé (même s'il reste encore faible) : 57 g de M.S. par kg  $P^{0,75}$  chez le mouton et 84 g de M.S. par kg  $P^{0,75}$  chez les bovins (moyenne de 4 essais ; Rapport annuel Labo Dakar Hann 1981).

Ces chiffres rapportés au poids vif donnent 2.433 g/100 kg de P.V. pour les ovins et 2.115 g/100 kg de P.V. chez les bovins.

..//..

La paille de riz ne couvre pas les besoins d'entretien des animaux à elle seule.

### III.2. La valeur nutritive.

#### III.2.1. Valeur énergétique.

Les pailles sont très riches en glucides membranaires surtout en cellulose ce qui leur confère une valeur énergétique appréciable (0,4 uf pour kg de M.S.) ; d'autant plus que la digestibilité de la cellulose et de l'extractif non azoté est bonne.

Cette valeur énergétique peut être calculée à partir de deux méthodes :

- La formule de Breirem

$$\text{uF/kg de M.S.} = \frac{2,36 \text{ MOD} - 1,20 \text{ MOND}}{1,650}$$

(uF = unité fourragère ; MOD = matière organique digestible ; MOND = matière organique non digestible).

Cette formule qui fait intervenir la quantité de MOND sous estime la valeur nutritive des pailles.

- La formule classique (LEROY, 1954).

$$\text{uF/kg de M.S.} = \frac{\text{MAD} + (\text{MGD} \times 2,25) + \text{CBD} + \text{ENAD}}{1,883} \times 3,65 - \text{MS}$$

(MAD = mat. azotées digestibles ; MGD = mat. grasses digestibles ; CBD = cellulose brute digestible ; ENAD = extractif non azoté digestible). Avec cette formule les erreurs sont importantes dans le cas des fourrages pauvres : 5 à 20 %.

Si l'on considère que la quantité d'A.G.V. apparus lors des fermentations reflète la valeur énergétique, on peut classer les 5 fourrages ci-dessous dans l'ordre suivant :

..//..

Tableau n°8 : Valeur nutritive intrinsèque des aliments.

ALIMENT	: Taux A.G.V. (mg/l)	: u F/Kg M.S
Herbe verte (jeune graminé)	: 2300 à 2600	: 0,4 à 0,5
Paille de riz	: 1800 à 2100	: 0,35 à 0,40
Paille d'arachide	: 1250 à 1500	: 0,30 à 0,40
Coque d'arachide	: 600 à 700	: 0,05
Paille sèche, (qualité inférieure)	: 600 à 700	: 0,1 à 0,15

Source : (18)

### III.2.2. Valeur azotée.

Selon DULPHY cité par ABDEL KOMAR( 17 ), la matière sèche doit contenir au moins 8 pour 100 de protéines brutes pour assurer un fonctionnement normal du rumen alors que les pailles n'en contiennent que 3,4 pour 100.

Cette teneur en matières azotées varie d'une année à l'autre. Ainsi les chercheurs du L.N.E.R.V. de Dakar constataient au Sénégal un taux moyen de 2,1 pour 100 en 1963 ; 3,1 pour 100 en 1970 et 6,4 pour 100 en 1973. Malgré cette augmentation qui est due à un enrichissement du sol en engrais, ce fourrage demeure toujours pauvre en azote. Les animaux nourris par des rations à base de paille de riz seule accusent des pertes d'azote endogène et maigrissent/

### III.2.3. Valeur minérale.

Les pailles renferment 1 pour 100 de phosphore et 4 pour 100 de calcium qui est sous forme d'oxalate( 10 ). Cette teneur phosphocalcique est insuffisante pour couvrir les besoins d'entretien des bovins qui s'élèvent à 8 à 2 g de Ca par Kg de M.S. et 6 à 2 g de P par Kg de M.S.

..//..

Le calcium qui existe sous forme d'oxalate non assimilable se retrouve dans les urines et les fèces en totalité. Les animaux alimentés par ces fourrages sont obligés de tirer sur leur réserve squelettique pour pallier à cette déficience minérale : on observe des pertes de 2 g de Ca par jour et 600 mg de P par jour. chez la Ndama d'après CALVET et coll.( 5 ); c'est ainsi que les animaux sont exposés à des troubles d'ostéomalacie à long terme.

En résumé il faut noter que le niveau d'ingestion de la paille de riz est faible. C'est un excellent fourrage énergétique mais sa valeur azotée pratiquement inexistente et sa carence minérale limitent son utilisation en alimentation animale.

Pour rationaliser son emploi comme aliment du bétail il faudrait lui apporter des sources azotées et minérales. A cet effet des essais de complémentation de ce fourrage ont été tentés en zone tropicale.

### III.3. Complémentation de la paille de riz.

Du fait que les pailles renferment des glucides membranaires dont l'utilisation est limitée par la lignine, il faut les associer à des glucides rapidement fermentescibles. Il faut aussi en même temps leur apporter de l'azote (urée, tourteau). Une complémentation minérale et vitaminique demeure plus que nécessaire.

D'ailleurs CALVET et Coll.( 6 ) ont tiré les conclusions suivantes de leurs travaux : "La paille de riz correctement supplémentée en azote et un minéraux peut constituer 30 à 70 pour 100 de l'apport énergétique des rations d'embouche capables de produire 400 à 800 g de croît journalier.

#### III.3.1. Complémentation énergétique.

Le taux de concentré dans la ration ne doit pas dépasser les 30 pour 100. A des niveaux supérieurs nous observons une diminution de la consommation de la paille au profit du concentré.

..//..

TABLEAU N° 10 : Teneur en minéraux de la paille de riz seule et compléentée.

N° essai		Ca	P	Mg	K	Na	Co	Cu	Zn	Mn	Fe	
		en g/kg. M.S.					en mg/Kg. M.S.					
176	paille de riz	3	1,0	1,9	16	4,2	0,46	6,4	56	690	983	
172	77 % paille de riz											
	23 % tourt.d'arachide	8,7	3,4	2,3	14	4,4	0,56	8,5	51	729	898	
174	81 % paille de riz											
	19 % draine de coton	2,0	1,7	2,2	15	4,2	0,54	5,8	43	623	1186	
177	65 % paille de riz											
	35 % farine base de riz	3,1	3,5	3,9	13	1,9	0,74	10,5	47	627	1095	
173	65 % paille de riz											
	45 % Farine basse de riz	2,1	8,2	4,5	16	2,9	0,62	7,7	40	549	839	

Source : (22)

Ceci a été vérifié chez des taurillons et des bouvillons nourris par une ration à base de paille de riz et un concentré composé de 90 pour 100 de glucides (métasse + farine de riz + son de maïs), 5 pour 100 d'azote (tourteau d'arachide + perlurée) et de 5 pour 100 de complément minéral et vitaminique ; le poids des carcasses obtenues après 126 jours était inférieur à 200 kg et l'indice de consommation était trop élevé.

Cette mauvaise utilisation de la ration est due au fait que les bactéries du rumen ont préféré les glucides du concentré à la cellulose de la paille.

De même la complémentation avec 45 pour 100 de farine basse de riz donne une ration très énergétique (0,60 uF/kg de M.S.) mais la digestibilité de la matière organique diminue de 3 points.

Ainsi l'apport d'azote à des niveaux convenables permettra une utilisation optimale de l'énergie de la cellulose laquelle est l'élément bon marché de la ration.

### III.3.2. Complémentation azotée.

Lorsque la teneur en matières azotées est portée à  $8,4 \pm 2,6$  pour 100, la digestibilité de la matière sèche augmente de 6,5 points. L'azote doit être sous forme soluble afin de permettre une utilisation optimum de l'énergie digestible par les microorganismes.

#### b.1. Avec le tourteau d'arachide.

Le tourteau d'arachide a des effets contradictoires sur la digestibilité de la paille de riz suivant le niveau de la complémentation : avec 23 pour 100 de tourteau la digestibilité de la matière organique s'élève à 35,2 pour 100 et la valeur énergétique très faible : 0,24 uF/kg de M.S.

Alors qu'à un taux plus bas (16 pour 100 de tourteau) les résultats obtenus sont 58,1 pour 100 pour la matière organique et 0,47 uF/Kg de M.S. ; mais les quantités ingérées demeurent faibles (2,11 kg de M.S./100 kg de P.V. chez les bovins(22)).

..//..

Tableau 11 : Paille de riz seule ou complétementée.

N° essai	REGIME	M.S en g/kg.	Composition chimique			Digestibilité: u F de la mat. : /kg org. : M.S		MAD: g/ M.S	Ingestibilité M.S.V.I. en g/M.S				
			MO	MAT	CB	Ré- tion	Paille:		Par Kg. P.0,75	Par 100 kg P.V	Ovin	Bovin	
17	Paille de riz	885	811	62	340		55,3	0,39	24	54	81	2300	2040
172	77 % paille de riz: 16 % tourt.d'arch:	864	863	163	264	47,7	35,2	0,24	102	57	84	2430	2110
174	81% paille de riz 19% graisse coton	830	810	66	296	52,7	53,0	0,42	25	65	91	2770	2290
177	65% paille de riz 35% farine basse	890	802	88	196	52,5	39,5	0,40	41	63	89	2690	2240
173	55% paille de riz 45% farine basse de riz	873	833		84	166	59,4	48,8	44	69	95	2940	2390
126	78% paille de riz 20% mélasse 1,5 % urée	872	818	116	345	65,3	60,7	0,57	80	86	110	3670	2770

Source : (22)

Le tourteau d'arachide améliorerait la digestibilité de la paille de riz de façon maximale à des taux voisins de 10 pour 100 de la ration. Dans ces conditions les matières protéiques brutes du tourteau compensent les pertes en azote endogène enregistrées lors d'une alimentation à base de paille de riz seule.

A des niveaux de complémentation de 8 pour 100 nous avons une amélioration de l'activité de la flore cellulolytique d'où une meilleure dégradation de la cellulose ce qui entraîne une augmentation du taux d'A.G.V. dans le ruminant ; la proportion d'acide acétique va diminuer au profit des acides propionique et butyrique ce qui est un critère d'une ration de production, d'après CALVET et coll. en 1974( 6 ).

#### b.2. Avec l'urée :

Le traitement de la paille de riz avec 2 pour 100 d'urée, après un temps de contact de 6 heures puis séché, n'a pas d'effet bénéfique. Dans ce cas, bien que la quantité de matières azotées du fourrage augmente et que l'indice de consommation diminue, ce procédé diminue l'appétence de la paille (l'indice des quantités ingérées passe de 85 à 50).

Ces résultats sont en désaccord avec ceux de HODEN(1973) : une complémentation par l'urée de 4 à 8 pour 100 de la matière azotée totale permet d'augmenter l'ingestion jusqu'à plus de 30 pour 100.

Les meilleurs résultats avec les tentatives de complémentation ont été obtenus avec le mélange composé de 78 pour 100 de Paille de riz 20 pour 100 de mélasse de canne à sucre et de 1,5 pour 100 d'urée. C'est la ration la mieux digérée et la plus appréciée.

## C H A P I T R E IV.

### LE TRAITEMENT DES PAILLES :

Le traitement des pailles est envisagé dans le but d'améliorer leur valeur alimentaire. Différentes méthodes de traitement sont étudiées : physique, chimique, biologique.

Le traitement physique modifie la forme physique, la présentation et la digestibilité de la paille.

La méthode chimique qui utilise le plus souvent les alcalis (soude + ammoniac) agit sur la composition chimique en augmentant la quantité de constituants solubles ; elle améliore aussi la digestibilité de la matière organique.

Le traitement biologique en est encore à ses débuts en Afrique.

#### IV.1. Le traitement physique.

Le hachage des fourrages secs en particules grossiers entraîne une augmentation des quantités ingérées et de la digestibilité de la matière organique.

L'énergie digestible est améliorée de 50 pour 100(14 ).

Ce hachage en plus du traitement aux alcalis entraîne des effets complémentaires, FERNANDEZ et coll. cités par JACKSON(14 ).

Cependant un broyage fin peut avoir des effets dépressifs sur la digestibilité des polyholsides membranaires. Ceci s'explique par une diminution du temps de séjour dans le rumen et par une réduction du temps de mastication (donc de salivation) d'où un pH faible défavorable à l'activité cellulolytique.

#### IV.2. Le traitement chimique :

Deux méthodes sont en général utilisées, celle utilisant la soude (Na OH) et le procédé employant l'ammoniac (NH<sub>3</sub>).

#### IV.2.1. Le traitement à l' $\text{NH}_3$ .

En plus de son action chimique, l' $\text{NH}_3$  est une source d'azote non protéique pour le ruminant. L'utilisation de ce produit se justifie dans la mesure où le facteur limitant des pailles est leur faible teneur en matières azotées.

##### a) Méthodes :

Les méthodes de traitement varient selon les auteurs. TAIBA(27) a utilisé un taux d' $\text{NH}_3$  de 5 pour 100 pendant 8 semaines et à une température de  $8^\circ\text{C}$ . JOUANY(16) a utilisé 3 à 4 kg d' $\text{NH}_3$  par 100 kg de paille pendant 2 à 8 semaines mais à la température ambiante car il estime que la chaleur n'aurait aucun effet sur le traitement.

##### b) Influence du traitement à l' $\text{NH}_3$ :

###### b.1) sur la composition chimique :

Selon TAIBA (27) le traitement améliore à la fois le taux de matières azotées totales de 65 g par kg de M.S. et la teneur en azote soluble de 30 g par kg de M.S. Pour STAGNOLD et coll. cités par le même auteur, l'augmentation de matières azotées totales est de 3 à 12 pour 100.

###### b.2.) sur l'ingestibilité :

Le traitement à l' $\text{NH}_3$  a une influence positive sur l'appétabilité des pailles. Des différences de 285 à 324 g par jour ont été observées avec des agneaux de 20 à 30 kg par OJI et coll. cités par TAIBA(27).

###### b.3.) sur la digestibilité :

L' $\text{NH}_3$  améliore l'utilisation digestive de la paille. La digestibilité du fourrage traité augmente de 10 à 20 points par rapport à la paille initiale.

###### b.4.) sur la biochimie :

Cette méthode ne modifie pas le pH ruminal(27). La concentration du rumen en  $\text{NH}_3$  bien que légèrement supérieure à celle de la paille normale demeure toujours faible et favorable à une activité microbienne normale. Aucune variation concernant la proportion des différents A.G.V. n'a été constatée.

c) Complémentation des pailles traitées à l' $\text{NH}_3$ .

L'apport de concentré au taux de 27 pour 100 ne modifie pas la teneur en azote ni la digestibilité (27). Lorsque le niveau de concentré dépasse 60 pour 100, le traitement n'a plus d'effet sur l'utilisation digestive de la paille de riz.

En résumé le traitement des pailles par l' $\text{NH}_3$  est un procédé facile à mettre en œuvre. Il se traduit par une fixation d'azote non protéique par le fourrage et une amélioration de l'ingestion.

II.2.2. Traitement par la soude.

L'utilisation de la soude est intéressante dans la mesure où elle peut solubiliser une partie des silicates, de la lignine et des hémicelluloses contribuant ainsi à favoriser l'activité cellulolytique des bactéries du rumen.

Les méthodes de traitement sont fonction de la quantité d'eau utilisée et de la teneur en soude. C'est ainsi que l'on peut distinguer : La voie humide qui utilise 4 à 5 kg de Na OH dissous dans 10 litres d'eau par kg de paille et la voie sèche : 0,1 à 0,3 l par kg de paille. Il existe aussi une voie intermédiaire entre les deux premières.

a) Les méthodes de traitement :

a.1.) Voie humide (BECKMAN, 1923).

Cette méthode utilise 50 kg de paille que l'on trempe dans 400 litres de NaOH à 3 pour 100 en poids. Après 3 heures de contact, le substrat est lavé à l'eau froide ensuite pressé puis séché. A cet effet, les pailles longues mises en balle sont plus faciles à manipuler que celles qui sont hachées.

Il faut des doses optimales de 12 kg de soude par 100 kg de substrat pour obtenir une digestibilité maximale.

- Avantage de la voie humide.

Ce procédé nous donne des produits de haute digestibilité (+ 14 à + 27 points). Ensuite l'excédent de NaOH est évacué par lavage.

..//..

- Inconvénients de la voie humide.

- Forte consommation d'eau
- Perte de matière sèche : 20 à 25 kg/100 kg de M.S. initiale
- Pollution des cours d'eau
- La paille devient lourde (80 pour 100 d'eau) doit être préparée tous les jours.

a.2.) La voie sèche :

Elle utilise de petites quantités de NaOH, pas plus de 5 kg par 100 kg de paille car le produit en excès n'est pas évacué.

Il existe des procédés qui utilisent 30 ml de NaOH/100 kg de substrat : la solution est pulvérisée sur la paille afin d'éviter de grosses quantités d'eau et des pertes de composés solubles.

a.3.) La voie intermédiaire :

Cette méthode a été mise au point par CALVET et coll. en 1977( 19 ). Elle consiste à mélanger la paille avec de l'eau sodée dans les proportions suivantes :

- eau..... 2,5 ml
- Paille de mil..... 1 kg
- NaOH..... 30 à 60 g.

Le temps de contact varie de 24 à 36 heures.

Avec cette technique, la digestibilité et la teneur en matière sèche augmentent sensiblement.

b) Influence du traitement par la soude.

Les effets sont bénéfiques pour la composition chimique, pour la digestibilité et l'ingestibilité du fourrage.

b.1.) Sur la composition chimique :

La soude solubilise les silicates, une partie de la lignine et des hémicelluloses( 17 ). La structure cristalline de la cellulose est détruite et nous avons un gonflement de cette dernière ce qui favorise la digestion.

..//..

Cependant la perte de matières sèches enregistrées dans le procédé humide est un facteur défavorable qui peut être allégé par l'utilisation de la voie sèche.

b.2.) Sur la digestibilité :

Selon JACKSON( 14 ), le traitement aux alkalis entraîne une augmentation de la digestibilité de la matière organique de 18 à 30 points (voie humide) et de 8 à 20 points par les voies sèche et semi-humide.

La digestibilité des membranes peut dépasser 80 pour 100 d'après HOGAN en 1971 cité par AUDALBERT( 2 ) alors que celle de la cellulose dépasse 70 pour 100.

CALVET et Coll.( 19 ) ont constaté avec la voie intermédiaire une nette amélioration de la digestibilité de la matière sèche (étude faite sur la paille de mil ; voir tableau n° 12 suivant).

Tableau n° 12 : Coefficients de digestibilité (en %) de la paille traitée par la soude.

Teneur en soude g/kg de paille	Digestibilité (en %) de la M.S. (DMS)	dMS vitro	dMS vivo
0	53,5		52,1
40	60,3		59,1

Source : (19)

L'effet positif du traitement par la soude se manifeste par une augmentation de la vitesse de digestion laquelle s'effectue en 48 heures au lieu de 120 heures ; REXEN cité par ABDEL KOMAR( 17 ). La vitesse de transit augmente aussi.

b.3. Sur la biochimie :

Le pH augmente (ce qui est normal car la soude est un alcalin) et passe de 5,91 à 6,85 pour la paille brute à 6,15-7,0( 2 ). Cependant

..//..

ces valeurs du pH diminuent avec l'augmentation du taux de concentré dans la ration.

Le taux d'A.G.V. dans le rumen s'élève et passe de 4,3 à 20,3 m.M/1 dans les 12 premières heures. Cependant la proportion des différents acides n'est pas affectée et la fermentation demeure toujours à prédominance acétique ce qui est favorable à une digestion cellulolytique.

b.4. Sur l'ingestibilité :

Le traitement à la soude améliore l'appétabilité des pailles. C'est ainsi qu'avec la paille de riz traitée avec 5 pour 100 de NaOH, les quantités ingérées passent de 26,5 à 33,75 g de M.S. par kg. P<sup>0,75</sup> ( 17 ) et de 44 à 47 g de M.S/kg P<sup>0,75</sup> (Calvet et Coll.( 18 ) ; Tableau n° 14).

Tableau N° 13 : Effet du traitement chimique sur la composition de la paille de riz.

Paille de riz	C.M.	Hemicel- lulose	Cellulose	A.D.L	Silice
Non traitée	79,0	26,0	33,0	6,5	13
Traitée (voie humide)	56	11	32,0	4,9	7,0

Source : (2)

Tableau N° 14 : Consommation de la paille de mil traitée par la soude.

	Lot 1 Paille traitée	Lot 2 Paille non traitée
Cons. moy. g M.S./A/J	2.545	2.443
Poids vif moy. du Lot	202,3	202,6
Poids métabolique	53,64	54,38
Cons. g./kg, P <sup>0,75</sup>	47	44

Source : (18)

..//..

c) Complémentation des pailles traitées par la soude :

Les fourrages traités ne peuvent être intéressants en alimentation animale que lorsque l'on corrige leur déficience par un complément azoté. C'est pourquoi en Asie du Sud Est des essais ont été entrepris sur des bœufs et buffles et des gains de poids deux fois supérieurs aux performances du troupeau traditionnel ont été obtenus.

Des essais ont été tentés au Laboratoire de Dakar-Hann mais les résultats n'ont pas été concluants jusqu'à présent car la soude bien qu'elle ait amélioré le taux de M.S. de la paille, aurait un effet dépressif sur les animaux d'où l'on a préconisé de s'orienter vers le traitement biologique.

IV.3. Traitement biologique.

- Certaines moisissures appelées "pourritures blanches" possèdent des lignases qui dégradent la lignine des fourrages améliorant ainsi la digestibilité de la cellulose. Les enzymes sont plus efficaces que les délignifiants chimiques et sont non toxiques ; d'après HIGUCHI en 1954-58 cité par le G.R.E.T( 10 ).

- A Dakar Hann CALVET et coll.( 19 ) ont mis au point un procédé biologique à base de solution salée assurant ainsi une préfermentation de la paille afin de favoriser l'action des microorganismes du tube digestif. Le milieu de culture s'établit comme suit :

- Paille de mil : 40 kg
- Eau bouillie : 30 litres
- NaCl : 0,5 kg.

Le trempage s'effectue pendant 48 heures dans un récipient clos ensuite la paille est séchée et donnée aux animaux.

Ces rations se composent :

- Paille de mil : 1,25 kg
- Eau salée : 2,25 litres
- Son de blé : 0,375 kg
- C.M.V. : 20 g.

Elles ont été estimées à 0,40 uf.

PARTIE EXPERIMENTALE :

TRAITEMENT DES PAILLES PAR LES  
CHAMPIGNONS.

## I N T R O D U C T I O N :

La paille de riz est un fourrage pauvre de faible valeur alimentaire. L'amélioration de la digestibilité de la cellulose peut être une possibilité de valoriser ce fourrage.

L'utilisation des champignons microscopiques dans la préparation de ces fourrages trouve sa justification.

Ces microorganismes ont la possibilité d'hydrolyser et d'utiliser la cellulose comme source de carbone.

Lorsque ces moisissures sont cultivées sur des substrats végétaux humides riches en cellulase, en dehors des enzymes qu'elles produisent (Lignase, cellulase, hémicellulase), elles peuvent synthétiser des vitamines, des protéines, des graisses et des glucides.

Les travaux effectués sur la paille de riz dont nous présentons les résultats ci-dessous ont été réalisés au Laboratoire de Dakar-Hann à partir des souches de micromycètes en provenance du Laboratoire de cryptogamie de Lyon (France). Il s'agit des souches suivantes :

- *Fusarium oxysporum*
- *Fusarium moniliforme*.

Ces travaux ont comporté successivement : la culture du champignon sur la paille de riz ; des analyses bromatologiques, des études de digestibilité *in vitro* et *in vivo*, de bilan azoté, des analyses de jus de rumen.

## I.- MATERIEL - METHODES :

### 1.1. Méthode de traitement.

Les champignons utilisés sont des souches de micromycètes du genre *Fusarium*. Ce sont :

- *Fusarium oxysporum* (F.O.)
- *Fusarium moniliforme* (F.M.)

Le traitement comporte 3 étapes :

- 1 culture sur milieu de conservation appelée milieu P.D.A. (potato-dextrose-agar)
- 2 culture sur milieu spécial liquide de WAN-ITERSON
- 3 Trempage de la paille avec le milieu liquide.

### 1.1.1. Milieu de culture :

#### a) Milieu de conservation.

Il s'agit du milieu P.D.A. qui est à base de gélose de pomme de terre et de glucose.

#### a.1. Formule en g/l

- Infusions de pomme de terre. 200
- Glucose..... 20
- Gélose..... 15

pH final : 5,6.

#### a.2. préparation.

Les 200 grammes de pomme de terre sont épluchées puis transformées en pâte. Ensuite on procède à l'ébullition avec 500 ml d'eau distillée pendant 10 mn à l'issue desquelles on filtre la solution.

Le glucose est dissout dans 500 ml d'eau distillée à part puis la solution glucosée est mélangée avec le filtrat de pomme de terre.

../..

La poudre de gélose est ajoutée à la préparation en dernier lieu puis une nouvelle ébullition est effectuée pour faire fondre la gélose.

La préparation est ensuite filtrée et répartie dans des tubes à l'aide d'un entonnoir. Les tubes sont bouchés avec du coton puis stérilisés pendant 15 minutes à 120°C à l'autoclave.

b) Milieu spécial de culture.

C'est un milieu liquide appelé milieu de WAN-ITERSON. Il est à base de nitrate d'ammonium ( $\text{NH}_3 \text{NO}_4$ ) et de phosphate bipotassique ( $\text{K}_2\text{H PO}_4$ ). La composition est la suivante :

- $\text{NH}_3\text{NO}_4$  : 0,5 g
- $\text{K}_2\text{H PO}_4$  : 0,5 g
- $\text{H}_2\text{O}$ .... q s p. 1000ml

Le milieu a été stérilisé à 120°C pendant 15 minutes puis réparti dans des bidons plastiques déjà stérilisés.

I.1.2. Le substrat.

La paille de riz fragmentée au gyrobroyeur type F.A.O a été utilisée comme substrat. Elle est issue de la région rizicole du Fleuve Sénégal.

I.1.3. Technique de traitement.

Elle comporte 3 étapes :

- culture sur P.D.A. pendant 5 - 6 jours
- Réensemencement sur milieu spécial durant 6 jours
- Trempage de la paille de riz pendant 7 jours.

a) Culture sur milieu P.D.A.

Il consiste dans un premier temps à verser 3 à 4 ml de serum physiologique à l'aide d'une pipette pasteur dans les tubes pyrex contenant les souches de moisissures afin d'humidifier le milieu de culture et de faciliter le prélèvement.

Après 5 minutes de contact, les plages blanches de culture sont raclées à l'aide d'une pipette coudée (éviter de labourer la gélose). Le serum physiologique qui était limpide au départ prend alors un aspect trouble. Ce liquide qui contient les champignons en suspension sera prélevé ensuite pour ensemer les différents tubes contenant le milieu P.D.A. lesquels sont marqués F.O. ou F.M. pour différencier les souches.

Ce milieu P.D.A est conçu pour la conservation des moisissures et permet de les multiplier toutes les semaines.

Le temps de culture est de 5 à 6 jours à la température ambiante.

Après 24 à 48 heures les moisissures apparaissent par petites plages blanches à la surface de la gélose ; vers le 6ème jour toute la surface du milieu P.D.A. se recouvre d'une couche blanche de moisissure.

Les conditions de traitement sont très importantes notamment une manipulation avec le maximum d'aseptie. C'est ainsi que l'on doit travailler auprès d'une flamme et que le matériel (pipette, tube) doit être stérilisé avant toute manipulation. Après l'ensemencement de chaque milieu la pipette doit être flambée et refroidie avant d'être utilisée de nouveau pour éviter de polluer la culture. L'opérateur doit se trouver dans une enceinte en l'absence de tout courant d'air pour éviter les germes banales.

Au 6ème jour ces microorganismes seront prélevés pour être cultivés de nouveau dans le milieu spécial liquide.

#### b) Culture sur milieu spécial liquide.

Le milieu est réparti dans des bidons plastiques marqués du nom de la souche et de la date d'ensemencement.

Les champignons en culture sont mis en suspension dans du serum physiologique comme précédemment ensuite auprès de la flamme, le liquide des tubes est transvasé directement dans les bidons contenant le milieu spécial.

La culture est exposée pendant 6 jours à la température ambiante à l'issue desquels on effectue le trempage de la paille de riz.

c) Trempage de la paille de riz.

Le trempage s'effectue à raison de deux litres de milieu pour 1 kilo de paille. Le substrat est réparti dans des fûts en plastique. Un malaxage est effectué jusqu'à ce que la paille absorbe entièrement le liquide de culture. Ensuite la préparation est fermée et laissée dans le fût pendant 7 jours.

La paille est séchée au soleil. Des échantillons sont prélevés pour analyse et le fourrage ainsi traité peut être distribué aux animaux.

Au cours des séries de traitement qui ont été effectuées, 75 kg de paille de riz ont été traitées pour chacune des souches de moisissure soit 150 kg de paille au total afin de pouvoir effectuer un essai de digestibilité in vivo sur mouton.

1.2. Digestibilités.

1.2.1. Digestibilité in vivo :

Le principe consiste à maintenir dans des cages spéciales permettant la mesure précise des quantités ingérées et excrétées par les animaux d'expérience pendant 17 jours, onze jours pour l'adaptation au régime et six jours pour la période expérimentale. Durant cette dernière période, les excréments (urine + fèces) et les ingestats seront rigoureusement mesurés.

Le coefficient de digestibilité (C.U.D.) de chaque élément de la ration est calculé par la formule :

$$\text{C.U.D.} = \frac{\text{Ingéré} - \text{Féces}}{\text{Ingéré}} \times 100$$

Cette méthode utilise des moutons plutôt que des bovins car ils sont plus faciles à manipuler et se comportent mieux dans les cages. D'autre part nous avons la possibilité de tester une ration avec des quantités d'aliment 10 fois plus petites.

../..

a) Les animaux.

Ils sont au nombre de 15 moutons dont les 12 ont été mis en cage pour l'expérience de digestibilité proprement dite alors que les 3 autres sont fistulés et ont servi uniquement au prélèvement du jus de rumen. C'est un mélange de moutons maure et de peul-peul ; ce sont des mâles entiers dont l'âge varie entre 1 et 3 ans. Les poids oscillent entre 17 et 29 kg. Ils sont répartis en 3 lots de 4 moutons chacun, les animaux fistulés étant mis à part.

Les cages sont représentées par les lettres suivantes :

- Lot 1 : A.D. I.L.
- Lot 2 : B.E. J.M.
- Lot 3 : C.F. K.N.

Trois animaux dont deux dans le second lot (E et J) et un autre dans le lot 3 (N) ont été atteints de diarrhée et ont reçu un traitement symptomatique à base de sulfamide (veto-antidiar N.D.). A cet effet un traitement préventif à base de Terramycine a été effectué sur l'ensemble des moutons pour éviter toute complication.

L'animal J du lot 2 ne s'est pas remis de la diarrhée et a été remplacé par un autre qui n'a passé que 7 jours d'adaptation.

b) Le matériel.

- Les cages à métabolisme sont en métal. Elles ont un mètre de long sur quarante six centimètres de large et sont disposées en batteries sur un support qui les maintient à soixante-dix centimètres du sol. Sur la face antérieure, les cages sont pourvues de collier pour maintenir la tête de l'animal dans l'auge. Ce collier permet aussi de limiter les déplacements. Le plancher en lattes de bois est monté sur glissière. Sur une deuxième glissière située en dessous de la première nous avons deux bacs métalliques, l'un pour collecter les fèces et le deuxième muni d'une goulotte sert à récupérer les urines pour les mesures de bilan azoté.

Il existe des vases simples au sol servant à la mesure des quantités ingérées pendant la période d'adaptation.

- les animaux sont pesés par une bascule d'une capacité de 100 kg graduée par 100 g. Les rations sont pesées à l'aide d'une balance de portée maximale égale à 7.000 g et d'une précision de 0,1 g.

- L'étuve est réglée à une température de séchage de 20°C.

c) Les rations.

Les animaux sont alimentés quotidiennement selon le plan suivant (le numéro des rations correspond à celui des lots) :

- Ration 1 : paille de riz non traitée
- Ration 2 : paille de riz traitée par *Fusarium oxysporum* (F.O)
- Ration 2 : paille de riz traitée par *Fusarium moniliforme* (F.M)

Les rations sont distribuées deux fois par jour, le premier repas à 8 heures et le deuxième à 13 heures. Les quantités offertes sont ajustées de façon à obtenir des refus de 10 pour 100 pour éviter un trié trop important de la part des animaux.

Pendant toute l'expérimentation, chaque animal reçoit en plus 60 g de tourteau d'arachide. Durant les 11 premiers jours d'adaptation un complément minéral (CM1) est distribué à raison de 20 g par animal et par jour.

La composition du complément minéral est la suivante :

CM1 pour 102 kg :

- 85 g phosphate bicalcique
- 14 g chlorure de sodium
- 3 kg sels d'oligoéléments.

Le CM1 n'est pas donné pendant les 6 derniers jours d'expérience de peur qu'il n'influence les résultats d'analyse chimique des refus.

Les 3 animaux ~~fixés~~ ont été alimentés par de la paille de riz seule pendant 15 jours puis pendant 15 autres jours selon le schéma suivant :

../..

Mouton n°1 paille de riz + 60 g de tourteau

Mouton n°2 paille de riz traitée F.O. + 60 g de tourteau

Mouton n°3 paille de riz traitée F.M. + 60 g de tourteau.

Après chaque période, des prélèvements de jus de rumen sont effectués.

d) Les mesures.

Ces mesures sont effectuées sur les quantités de fourrage ingérées et sur celles des féces et d'urine excrétées.

d.1. Les quantités ingérées

Chaque matin les refus individuels sont pesés avant la première distribution de repas. Les quantités offertes pour chaque animal sont déterminées pour être distribuées ensuite en deux repas à 8 heures et à 13 heures.

Dans chaque lot de mouton, il est prélevé un échantillon de refus et un échantillon de fourrage offert.

Ceux-ci sont mis à l'étuve à 80°C pendant 24 heures afin de déterminer leur teneur en matière sèche puis ils sont conservés dans des sacs plastiques étiquetés du numéro et du nom de l'animal correspondant.

A la fin de l'expérience, pour chaque lot de mouton, les échantillons secs des refus cumulés seront mélangés, homogénéisés puis finement broyés et envoyés au labo pour analyse. Le même procédé sera effectué sur les échantillons de fourrage offert.

d.2. Les quantités excrétées.

Les échantillons de féces sont individuels. Tous les matins, les féces sont collectés puis pesés au gramme près afin de déterminer la quantité totale de matières fécales émises lors des 24 heures précédentes.

Leur teneur en matière sèche est déterminée sur le tiers du total émis ensuite la conservation se fait en sac plastique.

Les volume des urines est précisé chaque jour et un échantillon individuel est prélevé quotidiennement sur le dixième de la quantité totale d'urine excrétée. A la fin nous effectuons un échantillon moyen d'urine de chaque mouton après avoir mélangé puis homogénéisé les différents prélèvements des six jours.

En définitive nous avons :

- 3 échantillons de refus (1 par lot)
- 3 échantillons de fourrage offert (1 par lot)
- 12 échantillons de fécas
- 12 échantillons d'urine.

Le dosage a été effectué sur les urines pour les études de bilan alors que les autres échantillons ont fait l'objet d'analyse bromatologique.

N.B. Les résultats de la digestibilité in vivo pourront être comparés à ceux effectués avant notre essai sur la même paille de riz non traitée en février 1982 .

### 1.2.2. Digestibilité in vitro.

La méthode utilisée est celle de TISSERAND et ZELTER qui consiste en une digestion cellulolytique en présence de jus de rumen et de salive artificielle puis une digestion protéolytique en présence de pepsine chlorhydrique.

#### a) Digestion cellulolytique :

Elle s'effectue dans des tubes de fermentation spéciaux qui contiennent la prise d'essai (0,5 g), l'inoculum constitué par du jus de rumen (10 ml) et une solution tampon représentée par la salive artificielle (40 ml). Le jus de rumen provient d'une vache nourrie de façon constante par un aliment qui est à base de céréale et de complément minéral et vitaminique. La partie supérieure des tubes est remplie de gaz carbonique apporté par un réfrigérant.

La fermentation se fait donc en anaérobiose ; le jus de rumen apporte les bactéries cellulolytiques qui vont attaquer le substrat tandis que la salive artificielle fournit les bases qui vont neutraliser les acides produits au cours de la fermentation.

Cette première incubation se fait à 39°C dans un bain-marie pendant 48 heures avec un pH de 6,8.

#### d) Digestion protéolytique.

Au bout de 48 heures, il est ajouté 4 ml d'HCl à 20 pour 100 dans les tubes de fermentation et 5 ml de solution de pepsine. L'acide chlorydrique bloque ainsi l'activité bactérienne, solubilise certains sels minéraux et assure un pH favorable à l'activité de la pepsine laquelle attaque les protéines.

Les tubes sont remis de nouveau en incubation pendant 48 heures.

Après cette digestion protéolytique, nous déterminons la digestibilité de la matière sèche et celle de la matière organique.

Sept échantillons, 3 traités par F.O., 3 traités par F.M. et un témoin constitué par de la paille normale ont été analysés in vitro.

### 1.3. Analyses chimiques.

#### 1.3.1. Analyse bromatologique.

Des échantillons de pailles traitées ont été dosés pour juger l'effet du traitement sur la composition chimique. Les éléments suivants ont été analysés.

##### a) Matières sèches :

La teneur en matières sèches est déterminée conventionnellement par la pesée du résidu sec après dessiccation. Cette dessiccation est faite dans une étuve à la pression atmosphérique.

b) Matières minérales :

La teneur en matières minérales est le résidu obtenu après calcination à 550°C pendant 6 à 8 heures.

c) Le Calcium :

Après minéralisation du produit par voie sèche on précipite le calcium sous forme d'oxalate de calcium. Après séparation et lavage du précipité, on dose l'acide oxalique formé, en milieu sulfurique, par une solution titrée de permanganate de potassium.

d) Phosphore :

Après minéralisation du produit, on combine le phosphore sous forme d'un complexe jaune, le phosphovanado-molybdate d'ammonium (réaction de Misson) et l'intensité de la coloration obtenue est proportionnelle à la quantité de phosphore se trouvant dans la solution.

e) L'insoluble chlorydrique :

On procède à l'incinération du produit en milieu chlorydrique. Ensuite on insolubilise la silice puis on dissout tous les éléments solubles; après filtration et calcination, on procède à la dessiccation jusqu'à poids constant.

f) Cellulose brute :

Elle est dosée par la méthode WEENDE : les matières cellulosiques constituent le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide, l'autre en milieu alcalin.

g) Matières azotées :

L'azote total est dosé par la méthode de kjeldahl : on minéralise le produit par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur ; l'azote organique est transformé en azote ammoniacal : on déplace l'ammoniac par la sonde et on le dose après l'avoir reçu dans une solution titrée d'acide sulfurique.

h) Matières grasses :

Les matières grasses sont extraites par l'éther à l'aide du soxhlet. Après distillation l'extrait est séché dans une étuve à 100°C (1 à 2 heures) puis refroidi dans un dessiccateur.

L'extractif non azoté et les matières organiques sont déterminés par différence.

Au total 7 échantillons ont été analysés pour chaque fourrage traité ainsi qu'un échantillon de paille de riz normale. La composition bromatologique des aliments offerts, refusés et des fèces est déterminée pour pouvoir calculer le coefficient de digestibilité de chaque principe de l'aliment.

### I.3.2. Analyse de jus de rumen.

Les jus de rumen sont prélevés à la fin de chaque période et sur deux jours. Les prélèvements ont eu lieu à 8 heures (avant la distribution du repas), 9 h, 10 h, 11 h et 12 heures. Le jus de rumen est récupéré par une crépine filtrante placée dans la panse de l'animal par une fistule permanente.

Le pH, le taux d' $\text{NH}_3$  du jus de rumen ont été déterminés ; le pH est dosé par le pH mètre alors que l' $\text{NH}_3$  est déplacé en cellule de CONWAY par le carbonate de Potassium ; l' $\text{NH}_3$  libéré est fixé par une solution d'acide borique et dosé colorimétriquement par le réactif de NESSLER.

## II. RESULTATS.

### II.1. Le traitement.

L'évolution des cultures : Après 24 à 48 heures, les moisissures commencent à pousser. Le Genre Fusarium oxysporum donne une culture plus dense et couvre toute la surface de la gélose en l'espace de 6 jours. Fusarium moniliforme donne une culture plus clairsemée.

Les colonies sont blanches mais peuvent avoir un fond violacé en fin de culture.

Les filaments ont un aspect duveteux plus volumineux en surface mais deviennent plus minces sur les bordures de la culture. Après un délai de 7 jours le mycelium s'incruste dans la gélose et devient difficile à prélever

..//..

## II.2. Analyse bromatologique.

Les résultats d'analyse font l'objet du tableau n°14 les moyennes ont été effectuées sur 7 échantillons.

- Les pailles traitées enregistrent une perte de matières sèches (M.S.) plus nette avec F.M. Nous avons 952 g de M.S. pour le témoin ;  $932 \pm 19,76$  g pour la paille traitée F.O. et  $931 \pm 5,65$  g pour la paille traitée F.M.

La diminution de M.S. au niveau de la paille F.M. est significative au seuil de 2 pour 100 (test de student).

- Par contre le traitement entraîne une augmentation des matières minérales (MM) plus nette encore avec F.M. Les taux obtenus s'élèvent à 198 g/kg de M.S. pour le témoin ;  $217 \pm 7,33$  pour F.O. (différence non significative) et  $213 \pm 8,35$  pour F.M.

La différence due à F.M est significative à mieux que 0,1 % .

L'augmentation du taux de M.M. des pailles traitées s'explique par une augmentation du taux de l'insoluble chlorhydrique.

- La teneur en matières organiques des pailles traitées diminue : elle passe de 802 g par kg de M.S. pour le témoin à  $783 \pm 7,09$  g par kg de M.S. pour la paille F.O. et à  $787 \pm 8,59$  g par kg de M.S. pour la paille F.M.

Cependant la diminution observée est significative uniquement avec F.M.

Tableau n° 14 : Composition bromatologique des pailles traitées et non traitées.

Composants analysés g/kg de M.S.	Pailles traitées		
	Paille normale	Fusarium oxysporum (F.O)	Fusarium moniliforme (F.M.)
Matières sèches	952	932 $\pm$ 19,76	931 $\pm$ 5,65
Matières minérales	198	217 $\pm$ 7,33	213 $\pm$ 8,35
Matières organiques	802	783 $\pm$ 7,09	787 $\pm$ 8,59
Matières grasses	13	13 $\pm$ 1,24	13 $\pm$ 0,99
Matières cellulosiques	329	318 $\pm$ 10,22	328 $\pm$ 11,38
Matières protéiques (N X 6,25)	33	38 $\pm$ 2,64	37 $\pm$ 2,79
Insoluble Chlorhydrique	154	174 $\pm$ 7,90	166 $\pm$ 9,05
Phosphore	1,02	1,12 $\pm$ 0,13	7,19 $\pm$ 0,19
Calcium	1,82	2,10 $\pm$ 0,82	2,18 $\pm$ 0,19
Extratif non azoté	4,27	417 $\pm$ 14,04	412 $\pm$ 6,76

- Le taux de cellulose baisse légèrement avec la paille traitée par F.O.

- Il y a une légère diminution en ce qui concerne l'extractif non azoté alors que le taux de matières protéiques ne varie pas.

### II.3. Les quantités ingérées,

Nous avons considéré la consommation en deux étapes d'abord la période préexpérimentale ou les animaux <sup>sont</sup> en adaptation aux différents régimes alimentaires puis la période expérimentale de mesure.

Les quantités consommées en globalité (Paille + tourteau) sont présentées puis celles de la paille seule.

Les résultats sont ensuite comparés à ceux obtenus sur la paille de riz en février 1982 au laboratoire de Hann. (Il était effectué un essai de digestibilité en vivo sur la même paille de riz non traitée avec 6 moutons).

#### a) phase d'adaptation (Tableau N° 15).

Les quantités consommées sont faibles. Si nous considérons l'ingestion en fonction du poids métabolique, c'est la paille de riz traitée par F.O. qui est légèrement supérieure.

#### b) phase expérimentale (Tableaux n° 16a et 16 b)

La consommation moyenne des différents lots s'élève à :

- Paille de riz plus 60 g de tourteau : 50 g par Kg de P.O,75 de M.S.
- Paille de riz FO + 60 g tourteau : 62 g par Kg de P.O,75
- Paille de riz FM + 60 g tourteau : 53 g par Kg de P.O,75 de M.S.

Les deux fourrages traités ont un avantage en valeur absolue surtout net avec F.O. par rapport à la paille non traitée. Mais du fait des variations individuelles il est difficile de faire une interprétation statistique.

La consommation des rations sans tourteau s'établit comme suit : 46,57 et 48 g de M.S par Kg. P.O,75 pour successivement la paille non traitée, paille FO et paille FM (Tableau N° 16 b).

Tableau N°15 : Moyenne des consommations pendant l'adaptation  
en g de M.S./J et en g par Kg de P.<sup>0,75</sup>

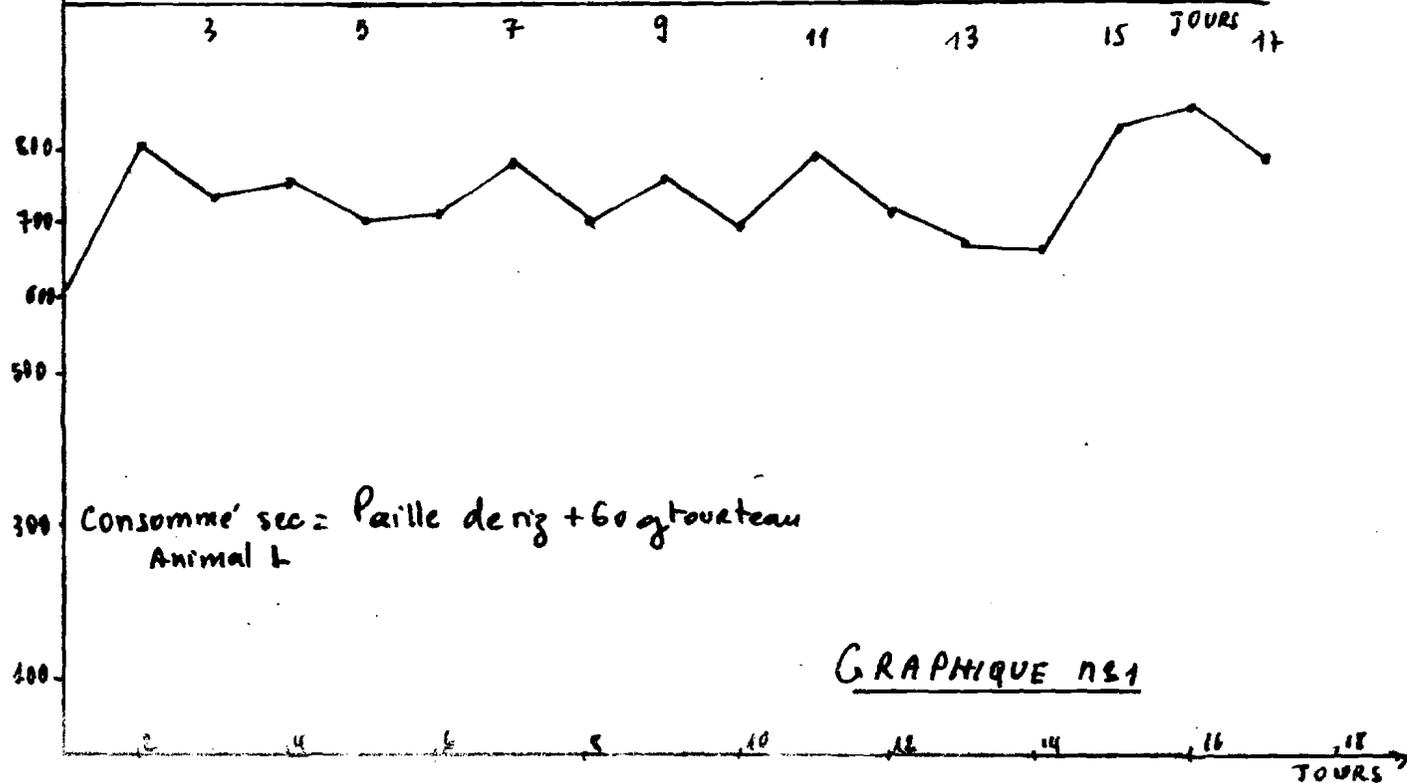
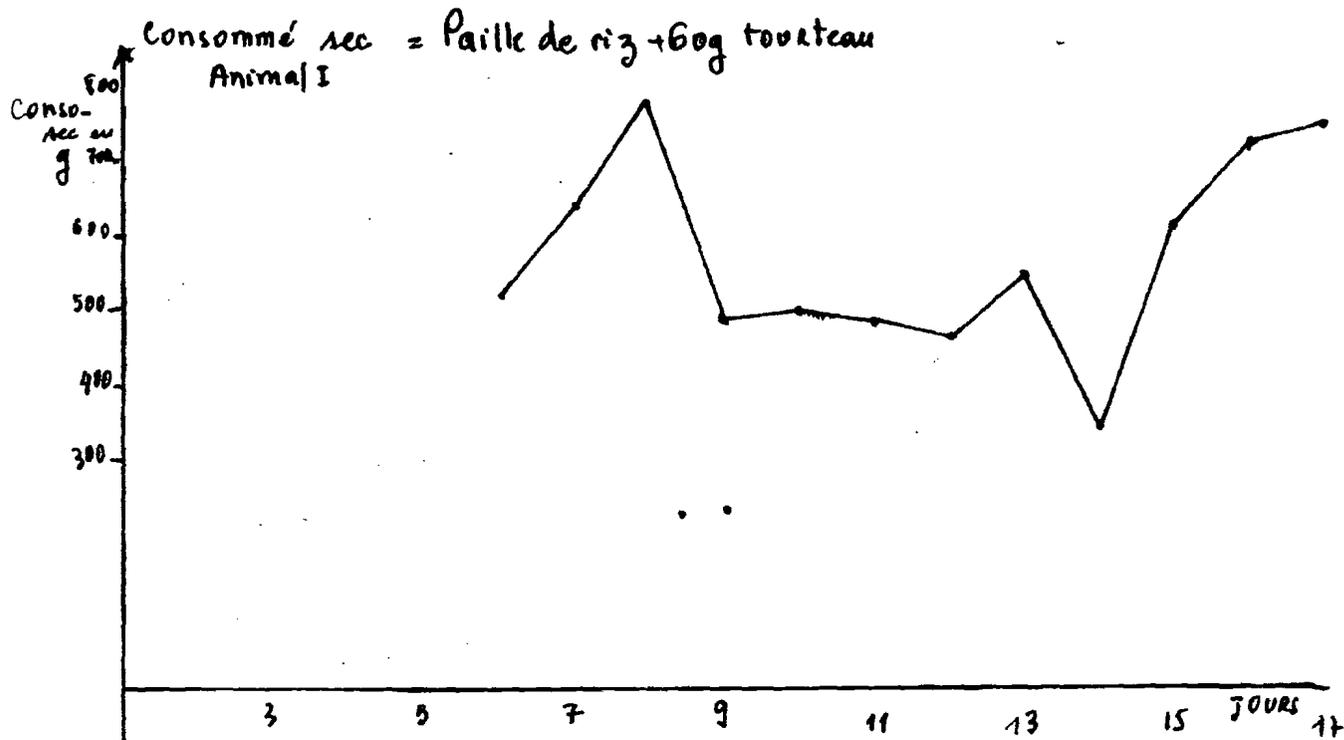
	Ration 1		Ration 2		Ration 3	
CONSOMMATION	Paille de	dont paille	F.O. +	dont paille	F.M. +	dont paille
	: riz +60 g	: de riz	: tourteau	: de riz	: tourteau	: traitée F.M.
	: tourteau	: seule	: tourteau	: traitée FO:	: tourteau	:
g de M.S./J	515	461	477	423	463	409
g par Kg P. <sup>0,75</sup>	40	35	43	39	42	37

Tableau N° 16 a : Consommation des différents lots :  
Paille plus tourteau  
(période expérimentale)

ALIMENT	: poids moyen:		: Variation:	: Ingestibilité M.S.V.I.		
	: an. cours	: essais		: en g/M.S. par		
	: Poids:	: P.M.	: poids	Par an :	100 kg :	Kg
	: vif		: Kg.	/jour	P.V.	P.0,75
Paille de riz + 60 g tourteau	: 29,1	: 12,6	: - 1,7	: 636	: 2185	: 50
Paille de riz F.O + 60 g tourteau	: 23,51	: 10,6	: - 0,75	: 658	: 2798	: 62
Paille de riz F.M + 60 g tourteau	: 25,36	: 11,3	: - 2,1	: 539	: 2361	: 53

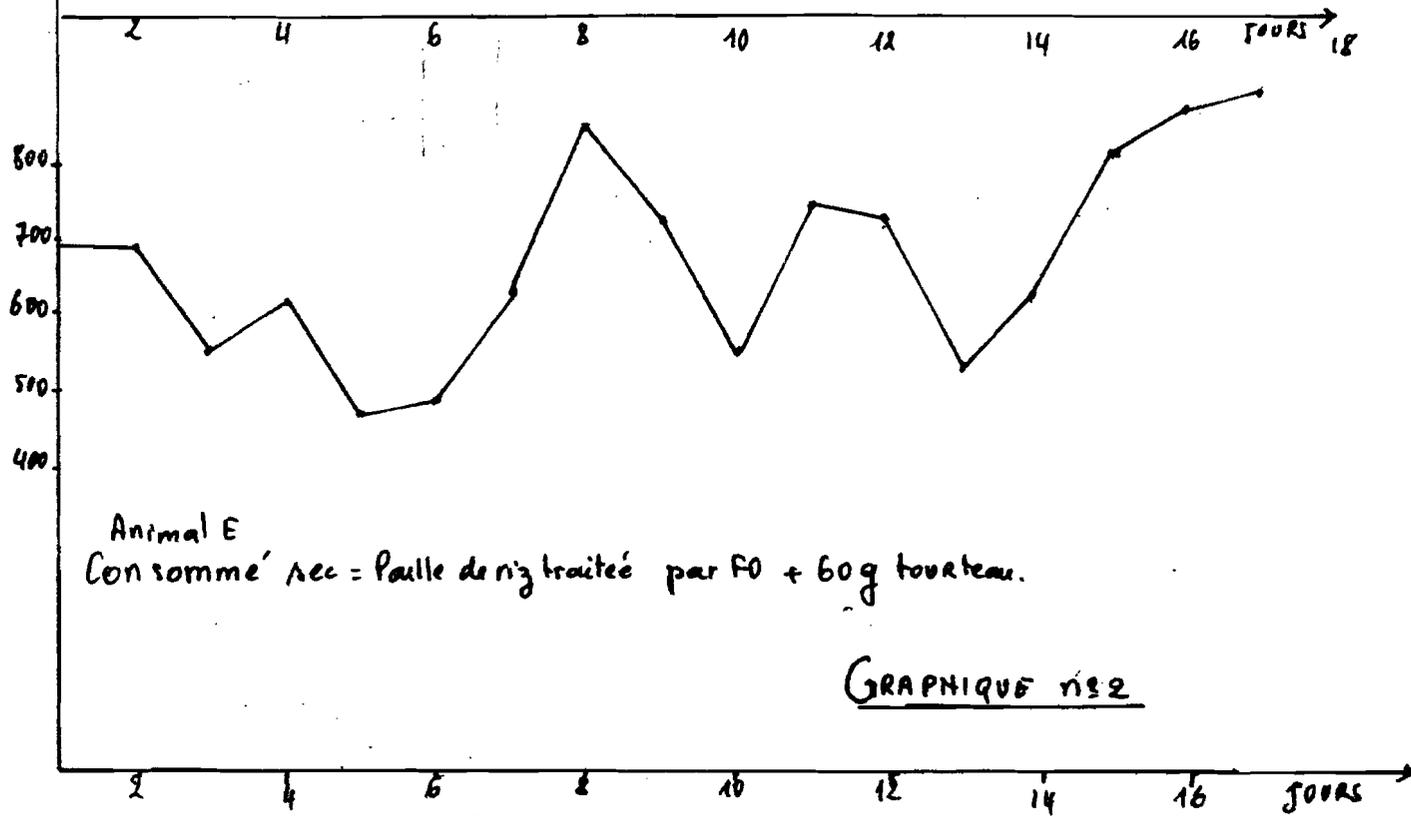
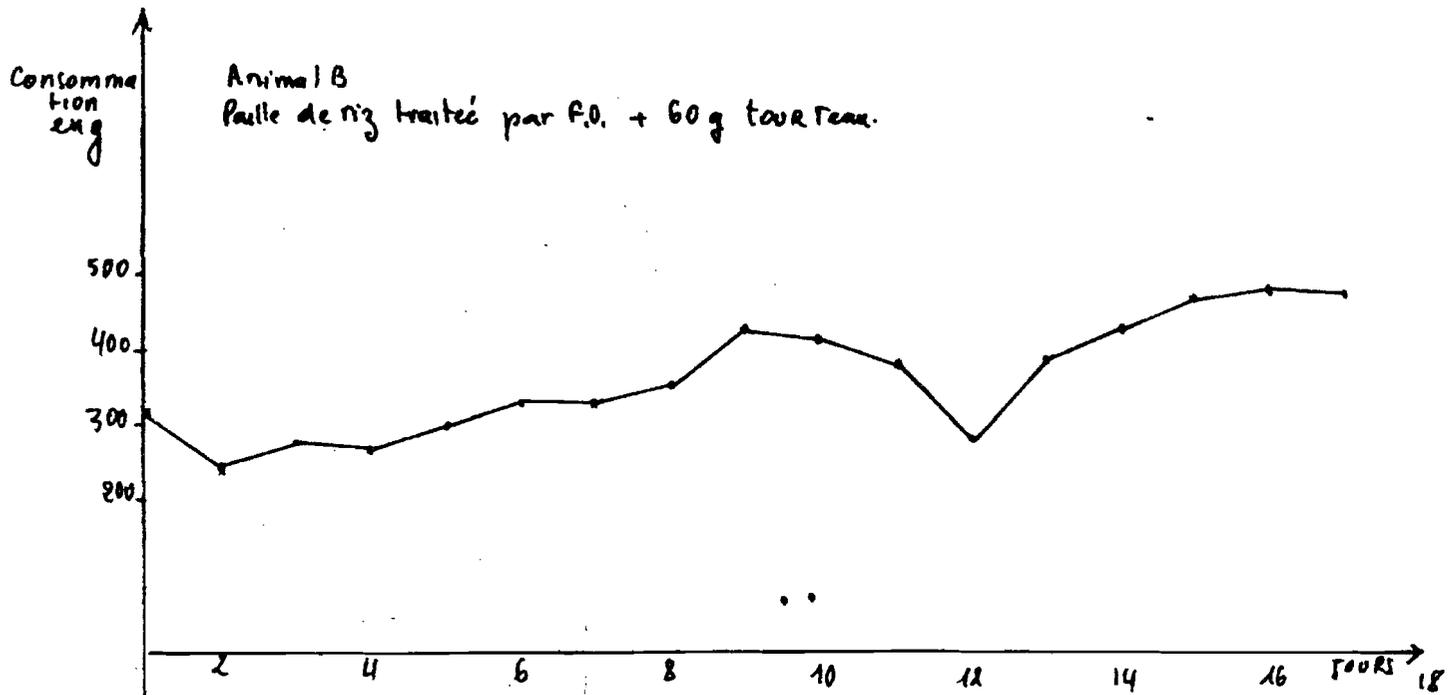
Tableau n° 16 b : Consommation des différents lots : paille  
sans tourteau (Période expérimentale).

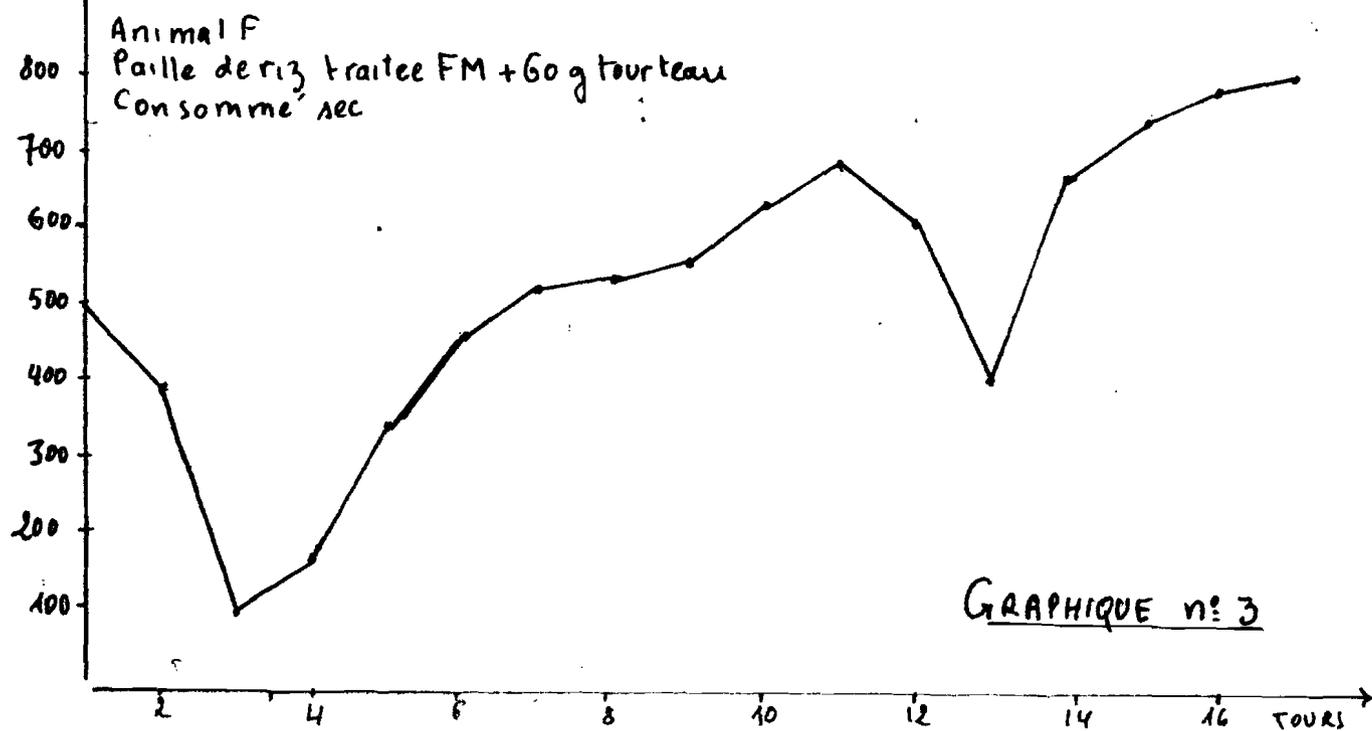
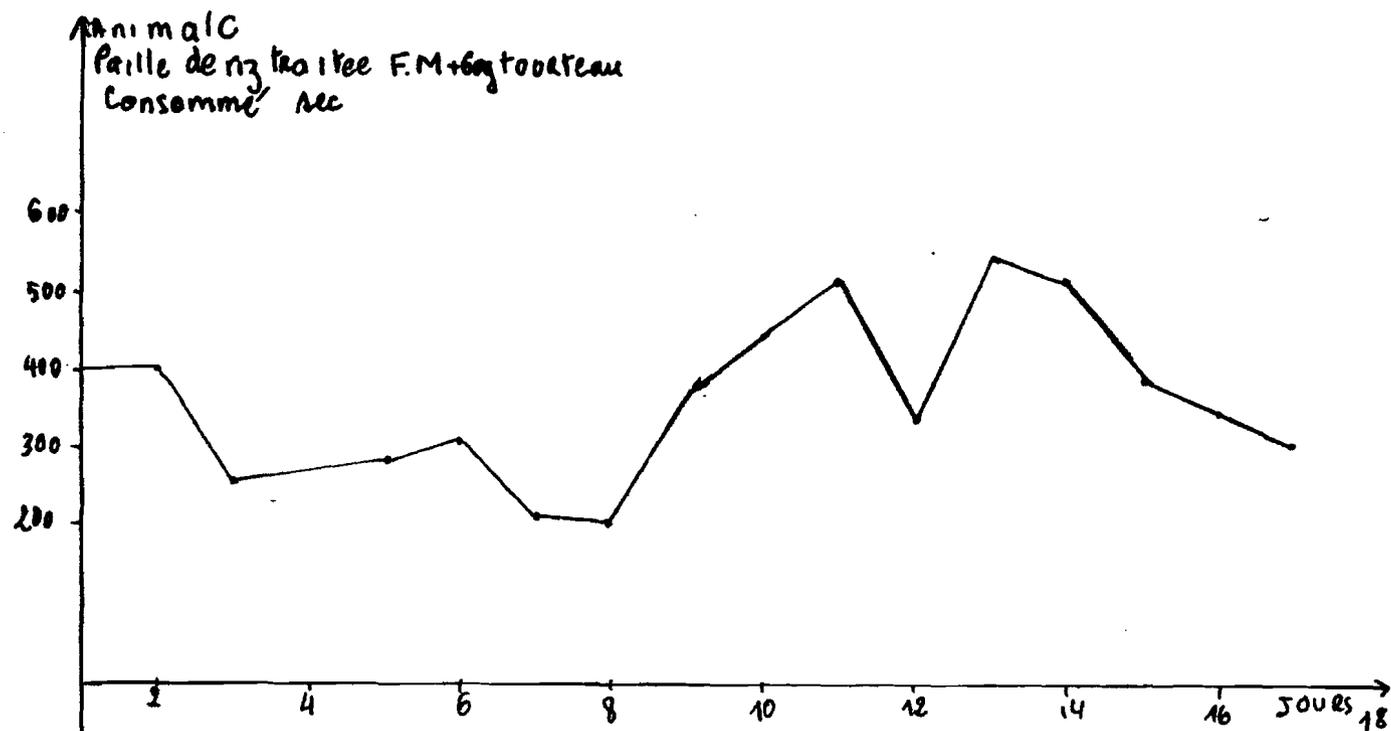
ALIMENT	: Ingestibilité M.S.V.I. en g/M.S par :		
	: An/Jour	: 100/kg. P.V.	: Kg P.0,75
Paille de riz seule	: 580	: 1.993	: 46
Paille de riz traitée F.O. seule	: 602	: 2.560	: 57
Paille de riz traitée F.M. seule	: 543	: 2.141	: 48



GRAPHIQUE N°1

-58-





GRAPHIQUE n° 3

En février 1982 la consommation moyenne s'est élevée à 50,6 g de M.S. par kg de P.<sup>0,75</sup>,

Nous notons qu'en valeur absolue la paille traitée F.O est supérieure.

Remarque :

- Dans l'ensemble les animaux accusent une perte de poids de 0,75 à 2,1 kg pendant les 6 jours d'expérience.

- Les variations individuelles observées sur les animaux ont rendu difficile l'interprétation des résultats :

Le graphique n°2 montre que la consommation de l'animal B est restée pendant toute l'expérience en dessous des 500 g par jour ce qui est tout à fait le contraire chez le mouton E qui a une meilleure ingestibilité.

Le graphique n°3 met en relief la faible consommation pendant l'adaptation et la nette amélioration pendant les derniers jours d'expérience.

De façon générale nous constatons une chute de consommation dès l'entrée en cage (11 à 13<sup>e</sup> jour sur les graphiques).

## II.4. Digestibilité.

### II.4.1. Digestibilité in-vitro :

Les moyennes des digestibilités de la matière sèche (dMS) et de la matière organique (dMO) figurent au tableau n° 17.

Le traitement par *Fusarium oxysporum* n'a pas d'influence sur la dMS et la dMO in vitro de la paille de riz.

Cependant *Fusarium moniliforme* a une légère action dépressive sur dMS et dMO de la paille : nous avons pour la dMS  $34,56 \pm 1,35$  pour 100 contre 37,2 pour 100 (paille non traitée) alors que la dMO passe de 38,1 à  $34,9 \pm 2,03$  pour 100.

TABLEAU N° 17 : Digestibilité de la matière sèche (d.M.S)  
et de la matière organique (d.M.O)  
in vitro.

DIGESTIBILITE IN VITRO			
NATURE	-----		
ALIMENT	d.M.S.	:	d.M.O.
-----			
Paille de riz	37,2	:	38,1
	:	:	
-----			
Paille de riz F.O.	$37,18 \pm 1,6$	:	$38,2 \pm 3,33$
	:	:	
-----			
Paille de riz F.M.	$34,56 \pm 1,35$	:	$34,9 \pm 2,03$
	:	:	
-----			

Avec le test statistique de student ces différences ne sont pas significatives.

#### II.4.2. Digestibilité in vivo.

Il y a eu de grande variation entre les animaux (surtout dans les lots 1 et 3). Pour des raisons techniques nous n'avons pas pu obtenir les résultats d'analyses de la matière grasse qui sont toujours en cours. Nous discuterons donc de la digestibilité des matières sèches (M.S), organique (M.O), azotée (M.A) et cellulosique (M.C).

##### a) Digestibilité unitaire de la paille de riz :

Les résultats obtenus en Février sur la même paille font l'objet du tableau suivant :

Tableau n° 18 : Digestibilité de la paille seule.

-----				
! Digestibilité Paille de riz en pour 100 !				
!-----!				
! M.S	! : M.O.	! : M.A.	! : M.C.	!
!-----!	!-----!	!-----!	!-----!	!
! 48,7	! : 59,48	! : 12,37	! : 65,01	!
!	! :	! :	! :	!
!-----!				

La digestibilité de la matière azotée est faible (12,37 pour 100) Elle est en majeure partie excrétée dans les matières fécales. Par ailleurs nous remarquons la bonne digestibilité de la cellulose qui est la source principale d'acides gras volatils chez les ruminants.

##### b) Digestibilité différentielle.

Nous considérons la digestibilité des rations mixtes (paille + tourteau) puis par différence nous déterminons celle de la paille.

##### b.1. digestibilité des rations globales.

voir Tableau n° 21

Ces résultats concernent les rations suivantes :

../..

- Ration 1 : paille de riz + 60 g tourteau.
- Ration 2 : paille de riz F.O. + 60 g de tourteau.
- Ration 3 : paille de riz F.M. + 60 g de tourteau.

Les moyennes suivantes obtenues ont été dans l'ordre des 3 rations:

Digestibilité de la M.O. : 62,75 - 66,94 - 56,41.

Digestibilité de la M.A. : 64,27 - 61,41 - 54,91.

Tableau N° 21 : Digestibilité des rations mixtes.

N° Animal	M.S.	M.O	M.A	M.G.
A	48,56	56,68	65,53	54,91
D	62,77	68,09	70,76	65,72
I	46,88	53,24	55,52	72,10
L	69,23	72,99	65,28	76,02
$\bar{X}$	58,86 <sub>+17,34</sub>	62,75 <sub>+14,71</sub>	64,27 <sub>+10,11</sub>	67,16 <sub>+14,74</sub>

Ration 1 : Paille de riz + 60 g de tourteau.

Ration 2 : Digestibilité ration paille de riz traitée Fusarium oxysporum(F.O) + 60 g de tourteau

N° Animal	M.S.	M.O.	M.A.	M.C.
B	60,93	67,60	66,54	76,79
E	58,42	66,61	59,36	73,71
J	64,62	71,73	62,94	76,77
M	54,37	61,82	56,80	70,41
$\bar{X}$	59,58 <sub>+6,85</sub>	66,94 <sub>+6,47</sub>	61,41 <sub>+6,75</sub>	74,42 <sub>+4,83</sub>

Ration 3 : Digestibilité ration paille de riz traitée par Fusarium moniforme (F.M) + 60 g tourteau.

N° Animal	M.S.	M.O.	M.A.	M.C.
C	64,25	69,92	87,46	77,44
F	45,86	55,51	51,35	72,42
K	41,71	50,49	47,74	56,22
N	35,00	45,75	53,11	51,30
$\bar{X}$	46,70 <sub>+19,92</sub>	56,41 <sub>+14,88</sub>	54,91 <sub>+</sub>	64,34 <sub>+19,97</sub>

En valeur absolue la paille traitée F.O a la digestibilité de la matière organique qui augmente de 4 points et celle de la cellulose de plus de 7 points.

Cependant la paille F.M a des coefficients légèrement inférieurs à ceux des deux autres rations ce qui confirme les résultats enregistrés in-vitro.

Une répétition de l'essai sur un nombre plus important d'animaux, permettrait de tester le degré de signification des différences observées.

#### b.2. Digestibilité de la paille (tableau n°22).

La digestibilité de la matière azotée de la ration 3 (F.M) est nulle. Il n'ya pas de différence entre la digestibilité unitaire de la paille de riz (tableau n°19) et celle obtenue par différence des rations mixtes (tableau n°22, ration 1).

Il faut noter encore que la paille traitée par F.O. a en valeur absolue un coefficient d'utilisation digestive de la cellulose qui est plus élevé : 73,71 pour 100 contre 65,52 et 62,59 pour les deux autres régimes.

#### c) Conclusion :

Les résultats confirment la bonne digestibilité de la cellulose de la paille de riz. Avec la paille traitée par *Fusarium oxysporum* (F.O) où le lot de mouton est plus homogène, elle est supérieure à 70 pour 100.

L'amélioration de la digestion de l'azote dans les rations mixtes est due uniquement au tourteau.

#### II.5. Bilan azoté. (tableau n°23).

Le bilan est positif dans l'ensemble. Les moyennes suivantes ont été enregistrées :

- Ration 1 : + 110,5
- Ration 2 : + 111,25
- Ration 3 : + 53,25.

Les résultats des deux premiers lots sont assez proches.

../..

**Tableau n° 22 : Digestibilité différentielle.**

**Ration 1. digestibilité différentielle : Paille de riz.**

N° Animal	M.S.	M.O.	M.A.	M.C.
A	44,44	52,27	0	52,02
D	60,43	62,45	32,25	64,05
I	43,29	49,53	2,83	70,57
L	68,14	69,42	35,82	75,44
$\bar{X}$	54,07 <sub>+19,41</sub>	58,41 <sub>+14,62</sub>	17,72 <sub>+30,1</sub>	65,52 <sub>+16,12</sub>

**Ration 2. digestibilité différentielle : Paille de riz traitée F.O.**

N° Animal	M.S.	M.O.	M.A.	M.C.
B	57,89	64,62	10,41	76,30
E	56,53	64,46	19,29	73,00
J	63,13	68,77	27,43	76,31
M	51,19	58,13	- 5,08	69,23
$\bar{X}$	57,18 <sub>+7,80</sub>	63,99 <sub>+6,98</sub>	13,01 <sub>+22,13</sub>	73,71 <sub>+5,35</sub>

**Ration 3. digestibilité différentielle : Paille de riz traitée F.M.**

N° Animal	M.S.	M.O.	M.A.	M.C.
C	62,51	67,92	33,96	76,86
F	42,46	51,97	- 1,27	71,44
K	37,29	45,78	- 17,91	54,22
N	27,92	38,37	- 28,86	47,89
$\bar{X}$	42,54 <sub>+23,27</sub>	51,01 <sub>+19,99</sub>	- 3,52 <sub>+43,63</sub>	62,59 <sub>+21,91</sub>

Tableau n° 23 : Bilan Azoté.

N° Animal	A.	D.	L.	L.	$\bar{X}$
Azoté ingéré	296	303	321	367	
Azoté fèces	122	88	141	126	
Azoté urine	84	89	100	95	
Bilan	+90	126	80	146	+ 110,5

Paille de riz + 60 g de tourteau.

Paille de riz traitée F.O + 60 g tourteau.

N° Animal	B.	E.	J.	M.	$\bar{X}$
Azoté ingéré	277	356	348	300	
Azoté fèces	91	141	126	127	
Azoté urine	63	104	101	83	
Bilan	123	111	121	90	111,25

Paille de riz traitée F.M + 60 g tourteau.

N° Animal	C.	F.	K.	N.	$\bar{X}$
Azoté ingéré	335	337	303	255	
Azote fèces	109	163	162	128	
Azote urine	158	88	101	108	
Bilan	68	86	40	19	53,25

Par contre le traitement par F.M semble avoir un effet dépressif sur la rétention azotée laquelle est plus faible par rapport aux deux premiers lots d'animaux.

CALVET et Coll.( 5 ) avaient constaté que le bilan azoté avec la paille de riz était fortement négatif. Ici puisqu'il n'y a pas de différence entre les deux premières rations on peut dire que le traitement n'a pas amélioré le bilan azoté. Le fait que celui-ci soit positif est du au tourteau d'arachide qui apporte de l'azote non protéique.

### II.6. Valeur fourragère.

La valeur fourragère est donnée par la formule de Breirem qui fait intervenir les matières organiques <sup>digestibles</sup> (M.O.D) et non digestibles (M.O.N.D). La formule est la suivante :

$$u F/kg M.S. = \frac{2,36 MOD - 1,20 MOND}{1.650}$$

Les différentes valeurs figurent dans le tableau suivant :

Tableau n° 24 : valeur fourragère des pailles traitées et non traitées.

		Rations mixtes			
: Paille de					
: riz seule		: Paille de riz : Paille de riz : Paille FM +			
:		: + 60 g. tour- : traitée par F.O 60 g			
:		: teau : +60g tourteau : tourteau			
uF/kg M.S	: 0,46	: 0,48	: 0,55	: 0,38	:

La valeur énergétique ne diffère pas entre les 3 rations mixtes d'une part et la paille de riz seule d'autre part. La ration 2 (F.O) est plus énergétique que la ration 3 (F.M).

Ces résultats confirment la bonne valeur énergétique de la paille de riz. En valeur absolue la paille de riz traitée F.O. a une valeur énergétique plus élevée.

## II.7. Analyse de jus de rumen.

Les analyses de variance ont montré qu'il n'existait pas de différence en fonction des heures de prélèvement mais que les variations individuelles étaient hautement significatives.

Les 3 moutons utilisés sont nourris par de la paille normale puis chacun a reçu une des 3 rations mixtes. Du fait des variations individuelles nous ne pouvons analyser que l'effet d'une ration mixte et celui de la paille seule sur un même animal.

### II.7.1. Le pH.

#### a) Paille normale (tableau n°25).

Les moyennes obtenues sont 7,16 ; 7,34 ; 7,30.

Avec les régimes à base de paille seule le pH est assez élevé et demeure donc favorable à la digestion cellulolytique.

#### b) ractions mixtes

##### b.1. ration 1. (tableau n°26- graphique n°4).

La moyenne des 5 heures est de  $7,10 \pm 0,10$  contre 7,16 pour la paille normale avec le même animal. Cette différence de 0,06 unité pH n'est pas significative.

##### b.2. ration 2. (tableau n°26- graphique n°5)

Le pH moyen s'élève à  $6,94 \pm 0,11$  contre  $7,34 \pm 0,05$  pour la paille normale. Cette baisse de pH de 0,4 unité est significative.

##### b.3. ration 3. (tableau n°26- graphique n°6)

Le pH diminue de façon significative et passe de  $7,34 \pm 0,05$  (paille normale) à  $7,09 \pm 0,05$  soit une baisse de 0,25 unité pH.

#### c) Conclusion :

Le pH varie de façon significatif sur un même animal entre les régimes à base de paille normale et les rations mixtes traitées, dans le sens d'une diminution.

Cependant la valeur du pH demeure toujours favorable à une activité cellulolytique.

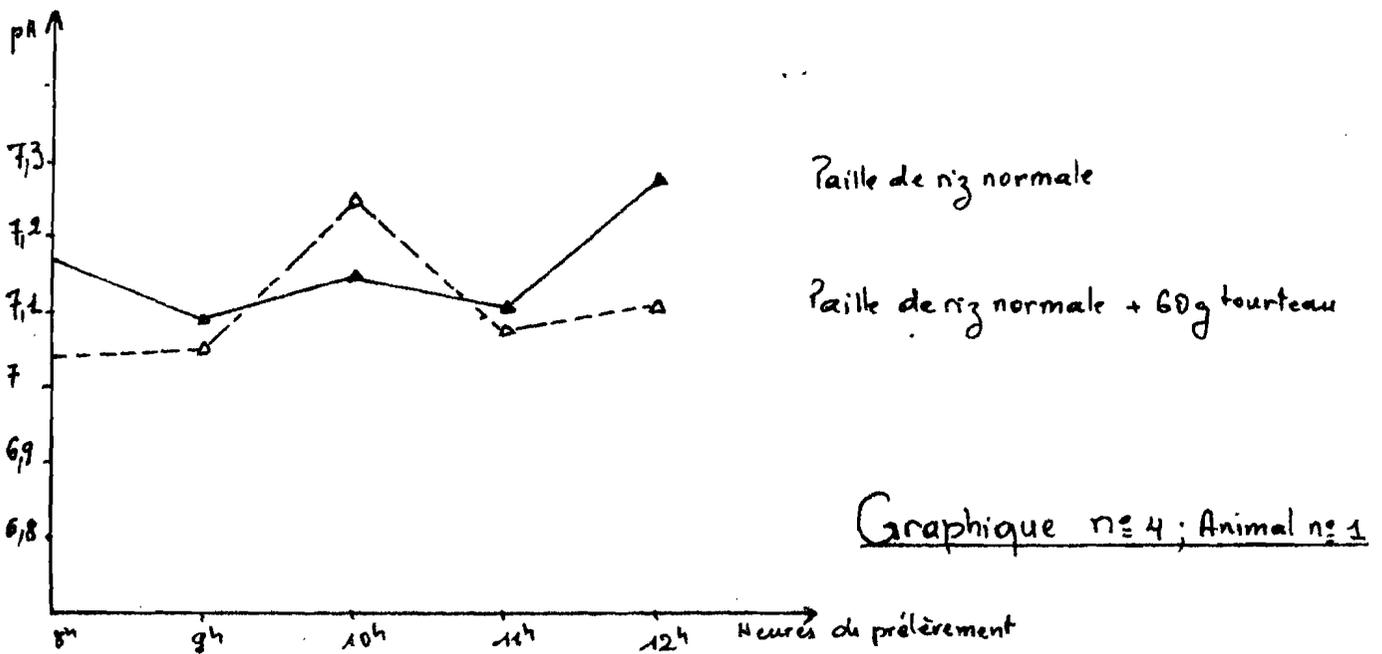
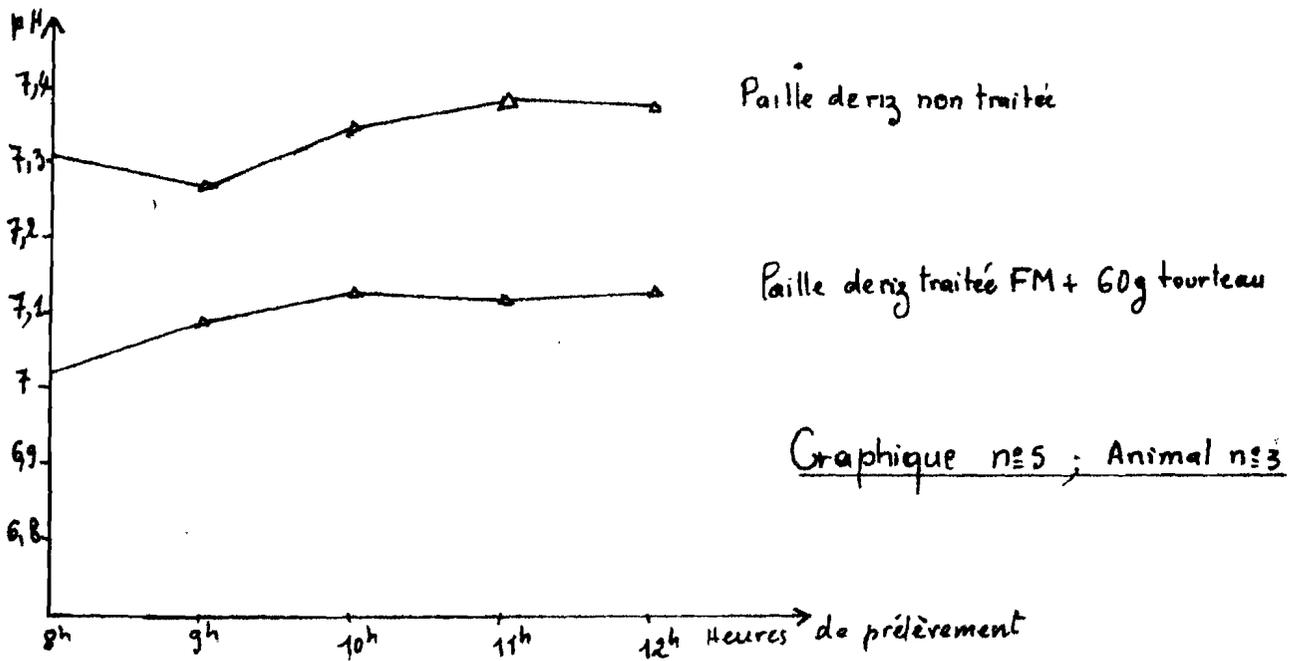
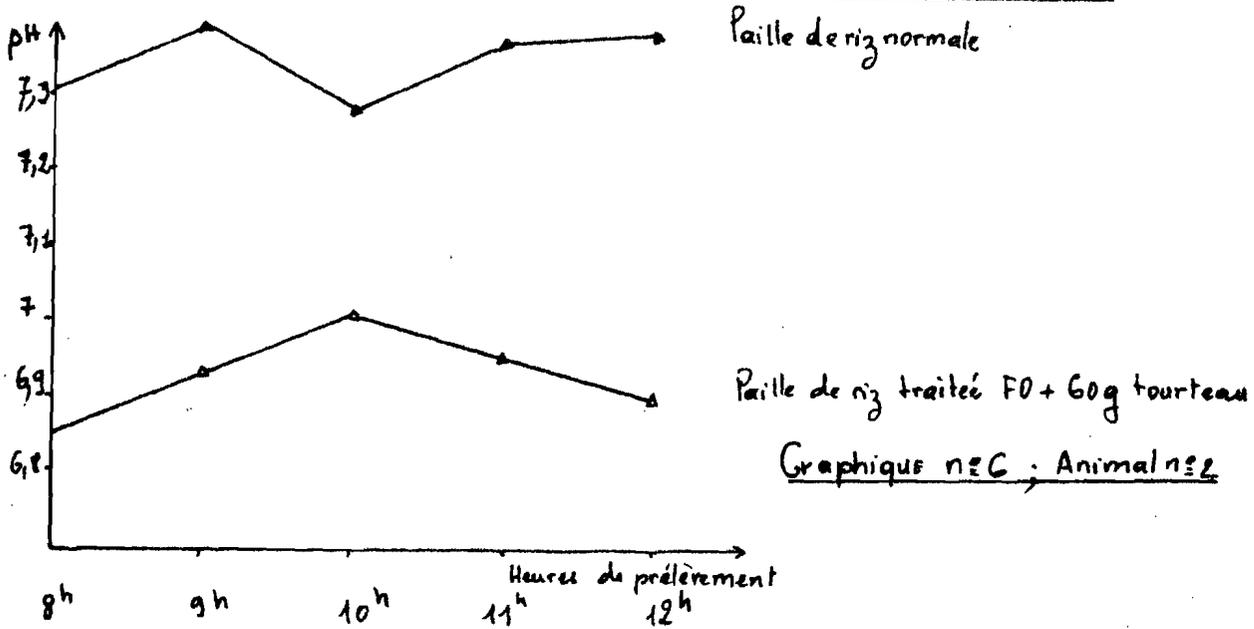
Tableau n° 25 : Paille de riz normale : évolution du pH.

N° Animal	Horaires	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	Moyenne
1		7,17	7,09	7,15	7,11	7,28	7,16
2		7,31	7,39	7,28	7,37	7,38	7,34 ± 0,05
3		7,31	7,28	7,35	7,38	7,38	7,34 ± 0,05

Tableau n° 26.

Rations mixtes : évolution du pH.

N° Animal et Ration	Rations	Horaires de Prélèvement	8h	9h	10h	11h	12h	Moyenne
1	Paille de riz + 60 g. de tourteau		7,04	7,05	7,25	7,08	7,1	7,10 ± 0,10
2	Paille de riz + F.O. + 60 g. de tourteau	6,85	6,93	7,10	6,95	6,90	6,94 ± 0,05	
3	Paille de riz + F.M. + 60 g. de tourteau		7,02	7,09	7,13	7,12	7,13	7,09 ± 0,05



### II.7.2. Ammoniac (NH<sub>3</sub>).

#### a) Paille de riz normale (Tableau n° 27- Graphique 6)

Les taux moyens d'NH<sub>3</sub> obtenus sur les 3 moutons sont :  
20,4 mg/l ; 35 mg/l ; 100 mg/l. (Le dernier chiffre est trop élevé).

A ces taux inférieurs à 50 mg/l la concentration du jus de rumen en NH<sub>3</sub> est limitant pour le développement microbien.

#### b) Rations mixtes (Tableau n° 28- Graphique 6).

##### b.1. ration 1.

La concentration moyenne de 103, 6 mg/l est suffisante pour un bon développement microbien.

La complémentation azotée a induit une augmentation significative du taux d'NH<sub>3</sub> de 83,4 mg/l.

##### b.2. ration 2.

Le taux moyen s'élève à 99,4 mg/l contre 35 mg/l pour la paille normale sur le même animal.

##### b.3. ration 3.

Il n'y a pas de variation sensible entre le taux d'NH<sub>3</sub> induit par la ration 3 et celui de la paille normale.

#### c) Conclusion :

La paille de riz seule est insuffisante pour apporter les nutriments nécessaires à l'activité microbienne. Avec les deux premières rations mixtes le taux d'NH<sub>3</sub> n'est plus limitant pour cette activité microbienne. En raison des variations individuelles constatées il est difficile d'attribuer l'augmentation du taux d'NH<sub>3</sub> du jus de rumen au traitement ou au tourteau.

Cependant nous pensons à l'effet du tourteau puisque le traitement par les champignons n'a pas eu d'effet bénéfique ni sur le taux de matières azotées de la paille de riz ni sur la digestibilité de celles-ci.

..//..

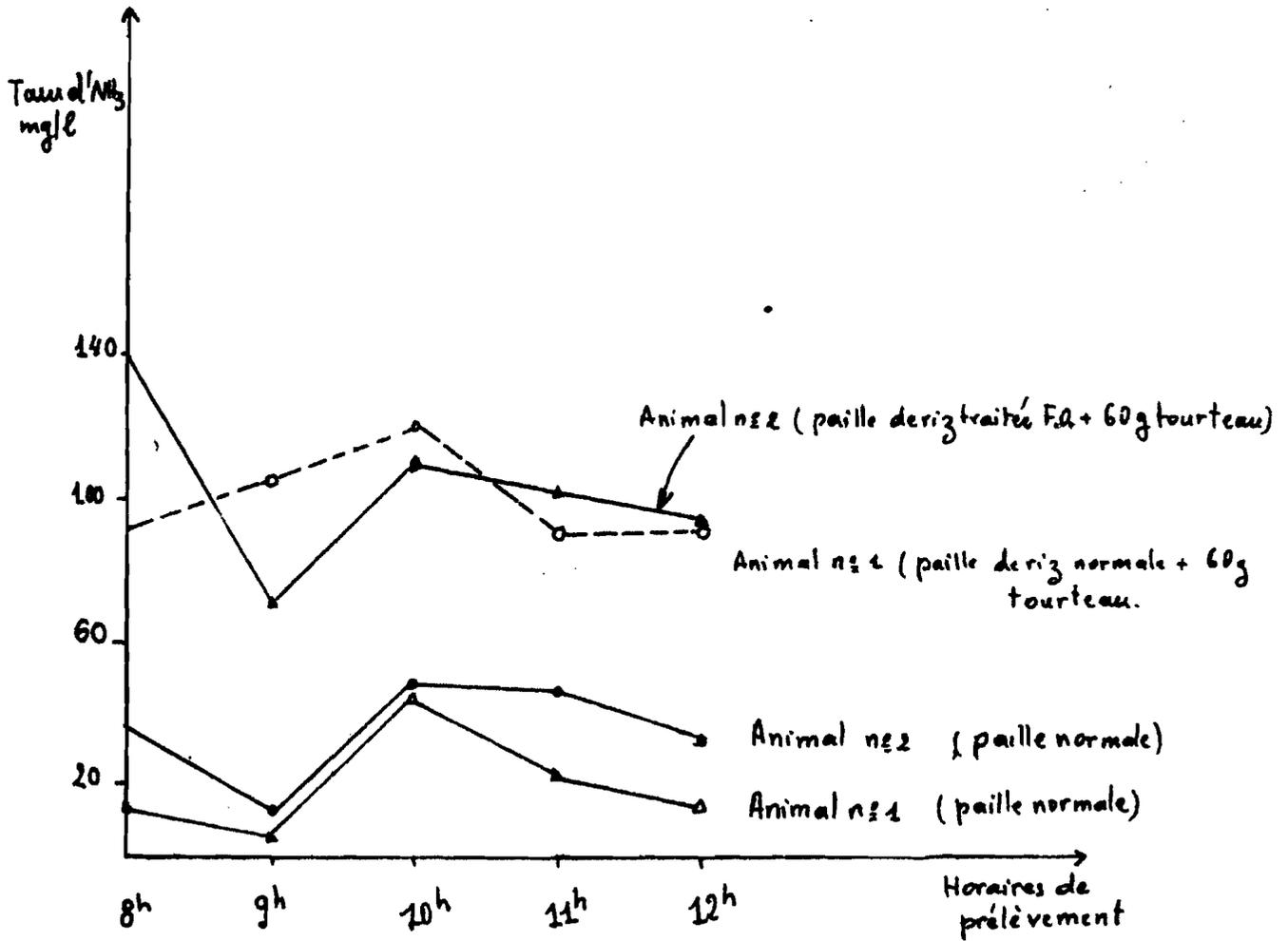
**Tableau n°27** : Paille normale : taux de NH<sub>3</sub> du liquide du rumen en mg/l.

N° Animal	Horaire					Moyenne
	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	
1	14	5	46	23	14	20,4
2	37	13	49	47	33	35
3	100	125	89	89	106	100

**Tableau n°28** : Rations mixtes : taux de NH<sub>3</sub> du liquide du rumen mg/l.

Type de Paille	N° Animal	8 h	9 h	10 h	11 h	12 h	Moyenne
Paille normale + tourteau	1	140	71	110	102	95	103,6
F.O. + Tourteau	2	86	105	121	90	92	99,4
F.O. + Tourteau	3	73	76	95	132	138	102,8

Graphique n° 7 = Taux d' $\text{NH}_3$  du jus de rumen



### III.- Conclusion :

Les différentes analyses chimiques n'ont pas révélé de différences significatives dues au traitement biologique sauf au niveau de la bromatologie où la paille traitée par F.M. a une augmentation du taux de matières minérales et donc une diminution de la teneur en matières organiques.

Le taux de matière protéique ne varie pas ainsi que la digestibilité in vitro des matières sèches et organiques.

La digestibilité in vivo a donné des résultats dont l'interprétation est difficile du fait des variations individuelles constatées entre les animaux. Cependant en valeur absolue la paille traitée par *Fusarium oxysporum* a des coefficients d'utilisation digestive supérieurs ainsi que pour la valeur énergétique.

La période d'adaptation doit être allongée.

Il serait intéressant de poursuivre les essais pour préciser les conditions de traitement et l'action cellulosique de ces microorganismes car les valeurs du pH sont toujours favorables à une activité microbienne.

## CONCLUSIONS GENERALES

Les pailles sont surtout constituées de membrane. La présence de lignine, de cutine et la structure cristalline de la cellulose sont autant de facteurs qui expliquent leur mauvaise utilisation digestive. Le facteur limitant principal de leur valeur alimentaire est leur pauvreté en matières azotées et en minéraux.

Si la totalité des résidus et sous produits agro industriels (dont les 3/4 sont constitués de paille) était disponible pour les ruminants, elle représenterait plus de 3 kg de matière sèches par unité-bétail-tropical (U.B.T.) et par jour.(26)

Un traitement approprié peut améliorer la digestibilité de ces types de fourrage.

Dans notre essai de traitement biologique effectué dans ce sens il serait prématuré de tirer des conclusions définitives.

Les différences constatées au niveau de l'analyse bromatologique perdent leur signification avec les essais de digestibilité.

Les mesures de consommation ont révélé de grande variation entre les animaux si bien qu'il faudrait allonger la période d'adaptation pour pouvoir tester correctement les rations à base de paille de riz.

Les tentatives de revaloriser ces pailles doivent être une épreuve de longue haleine ; en ce sens le traitement biologique doit être poursuivi.

La méthode de digestibilité in vivo avec ses contraintes d'ordre économique ne peut être essayée à tout moment. Il serait donc souhaitable de procéder à plusieurs séries de traitement in vitro pour préciser davantage les conditions de traitement avant de procéder à un essai d'alimentation de grande envergure.

..//..

La poursuite des investigations sur d'autres méthodes de traitement (soude, urée) s'impose afin d'effectuer une étude comparative ultérieurement et de choisir la meilleure aux plans techniques et économiques, C'est une méthode qui pourrait être intéressante dans les exploitations encadrées.

Cette expérimentation a cependant confirmé la bonne digestibilité de la cellulose et la valeur énergétique de la paille de riz.

Qu'elles soient traitées ou non, les pailles doivent être correctement complétées par une source azotée appropriée et en minéraux.

Le programme d'amélioration de la valeur nutritive des fourrages lignocellulosiques continue d'être exécuté au L.N.E.R.V. de Dakar. Un essai de digestibilité et d'alimentation avec des tiges de mil traitées à l'urée est en cours.

L'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires par le biais d'une thèse (Bessin 1982) vient de terminer un essai d'embouche avec de la paille de riz traitée à la soude. Ces expérimentations entrent dans le cadre d'une stratégie d'utilisation accrue des sous produits agricoles, conformément aux recommandations du séminaire FAO/I.L.C.A. tenu à Dakar en septembre 1981.

Il faut cependant signaler que les coûts de transport et de traitement risquent de compromettre les bénéfices que l'on pourrait tirer de telles actions.

B I B L I O G R A P H I E

1. AMMERMAN (C.F.); GLADY (J.); MOORE (J.F.) et collab.  
Biret, urea and natural proteins as nitrogen supplements  
for low quality roughage for sheeps.  
J. Anim. Sci, 1972, 35 (1) : 121-127.
2. AUDALBERT (B.). Facteurs de variation de la digestibilité des  
pailles de céréales.  
Th. 3ème cycle : Agronomie : Montpellier : 1979.
3. CALVET (H.); BOUDERGUES (R.); REMESY (C.) et collab.  
Recherches sur le métabolisme du rumen chez les bovins  
tropicaux : 1ère partie : Matériels, méthodes et étude  
de trois fourrages utilisés au Sénégal.  
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1971, 24 (2) : 287-96
4. CALVET (H.); BOUDERGUES (R.); REMESY (C.) et collab.  
Recherches sur le métabolisme du rumen chez les bovins  
tropicaux : 3ème partie : différences dans l'utilisation des  
rations entre les zébus Cobra et les taurins Ndama.  
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1971, 24 (2) : 307-12.
5. CALVET (H.); VALENZA (J.); BOUDERGUES (R.) et collab.  
La paille de riz dans l'alimentation au Sénégal :  
I. Analyse bromatologique- Digestibilité in vivo et in vitro.  
Bilans azotés et minéraux.  
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1974, 27 (2): 207-211.
6. CALVET (H.); VALENZA (J.); BOUDERGUES (R.) et collab.  
La paille de riz dans l'alimentation au Sénégal :  
II. Biochimie du rumen. Embouche intensive - Conclusions.  
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1974, 27 (3): 347-362.

**7. CALVET (H.); DIALLO (S.); PUGLIESE (P.L.);**

Nutrition des bovins tropicaux dans le cadre des élevages extensifs sahéliens : Mesure de consommation et appréciation de la digestibilité et de la valeur alimentaire des fourrages : II. Note concernant les résultats d'une première série de digestibilité in vivo sur mouton.

Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1976, 29 (3) : 233-246.

**8. DEMARQUILLY (C.); PETIT (M.) :**

Utilisation des pailles et autres sous produits celluloseux de grandes cultures dans les systèmes de production animale intensifs.

Consultation technique de la F.A.O. sur les nouvelles sources d'aliments du bétail, Rome, 22-24 Novembre 1976.

**9. FAYE (M.). Etude de la rentabilité de l'utilisation des rations à base de sous produits agricoles et industriels en embouche bovine au Sénégal.**

Th. Méd. Vét.: Dakar 1981 ; 20.

**10. Groupe de Recherches et d'Echanges Technologique (G.R.E.T.) :**

Etude comparative sur les valorisations des pailles de mil, paille de riz et coques d'arachides.

Rapport provisoire ; Paris : Juin-Octobre 1977.- 300 p.

**11. GUGGOLZ (J.); KOTTLER (G.O); KLOPFENSTEIN (J.J.) :**

Composition and improvement of grass straw for ruminant nutrition.

J. Anim. Sci, 1971, 33 (1) : 151.

**12. GUERIN (H.) :**

Interactions digestives entre les Fourrages et les aliments concentrés - Conséquences pour la prévision de la valeur alimentaire des rations distribuées à des ruminants.

Mémoire de D.E.A. : Agronomie : Clermont II : 1980

13. HEMPEL- ZAWITKOWSKA (J.); KULASK (G.) :  
Influence of nitrogen components of sheep's diet on the  
protozoa counts and protozoa genera in the rumen.  
Nut. Abst. Rev., 1976, 75 (2) : 395.
14. JACKSON (M.G.) :  
Traitement des pailles pour l'alimentation animale :  
Evaluation technique et économique. Rome : F.A.O., 1978.
15. JARRIGE (R.) :  
- Alimentation des ruminants. Versailles : INRA, 1978.-597 p.
16. JOUANY (J.P.) : Etude des traitements permettant d'améliorer  
la valeur alimentaire des pailles.  
Bull. Techn.C.R.Z.V. Theix, INRA, 1975, 21 : 5-15.
17. KOMAR (A.) :  
Valeur nutritive de la paille de riz.Th. pour le D.E.A.:  
Agronomie : Montpellier : 1980.
18. L.N.E.R.V. : Rapport annuel d'activité et de fonctionnement, 1975.
19. L.N.E.R.V.; Rapport annuel d'activités et de fonctionnement, 1977.
20. L.N.E.R.V.; Rapport annuel d'activités et de fonctionnement, 1978
21. L.N.E.R.V.; Rapport annuel d'activités et de fonctionnement, 1980.
22. L.N.E.R.V.; Rapport annuel d'activités et de fonctionnement, 1981.
23. MBAYE (ND.) :  
Contribution à l'étude du rôle nutritionnel du zinc chez les  
ruminants : effet sur le métabolisme du rumen.  
Rapport de stage, INRA, Jouy-en Josas : octobre 1976-  
octobre 1977.

**24. MBODJ (M.) :**

Divers procédés de traitement des Fourrages et des pailles en vue d'en accroître la digestibilité et la valeur nutritive. Rapport de stage, C.N.R.A. de BAMBEY : 1977.

**25. RIVIERE (R.) :**

Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Paris : I.E.M.V.T., 1977 - 521 p.

**26. SANSOUCY (R.) :**

Problèmes généraux de l'utilisation des résidus de récolte et sous-produits agro industriels en alimentation animale.- Rome : F.A.O, 1981.- 29 p.  
(Rapport du stage FAO/C.I.P.E.A, Thème I, Dakar : Septembre 1981).

**27. TAIBA (M.M.T.) :**

Alimentation des ruminants avec la paille traitée à l'ammoniac.  
Th : Agronomie : Montpellier : 1980.

**28. VAN SOEST (P.J.); JONES (L.N.P.) :**

Effect of silice in Forages upon digestibility  
J. Dairy Sci, 1968, 57 : 1644.

**29. WILKINS (R.J.) :**

The potential digestibility of cellulose in forage and feces.  
J. Agr. Sci, 1969, (73) : 57.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages :</u>
<u>INTRODUCTION :</u> .....	1
<u>CHAPITRE I : COMPOSITION CHIMIQUE DES PAILLES.</u>	
<u>I.1. Les constituants membranaires</u> .....	4
a) La cellulose.....	4
b) L'hémicellulose.....	4
c) Substances pectiques.....	5
d) La lignine.....	5
<u>I.2. Les constituants solubles</u> .....	6
<u>CHAPITRE II : UTILISATION DIGESTIVE DES PAILLES..</u>	
<u>II.1. Digestion dans le rumen</u> .....	8
II.1.1. Rôle des microorganismes.....	8
a) Condition de nutrition.....	8
b) rôle des protozoaires.....	9
c) rôle des bactéries.....	9
II.1.2. rôle de l'azote.....	12
II.1.3. Rôle des glucides.....	14
II.1.4. Les produits de la digestion.....	15
a) les acides gras volatils.....	15
b) l'ammoniac.....	16
<u>II.2. Utilisation digestive des pailles.</u>	
II.2.1. La digestibilité des pailles seules.....	17
a) la digestibilité.....	17
b) variation de la digestibilité.....	18
II.2.2. Cause de la mauvaise utilisation digestive....	19
a) rôle de la lignine.....	19
b) rôle de la silice.....	20
c) rôle de la cutine.....	20
d) rôle de la cristallinité de la cellulose.....	20

II.2.3. <u>Caractéristiques digestives des pailles</u> .....	21
a) vitesse de digestion.....	21
b) vitesse de transit.....	21
II.2.4. <u>Cinétique biochimique des pailles</u> .	
a) Acides gras volatils.....	21
b) Matières sèches.....	23
c) pH.....	24
d) Ammoniac.....	24
<b><u>CHAPITRE III : VALEUR ALIMENTAIRE DE LA PAILLE</u></b>	
<b><u>DE RIZ</u></b> .....	25
III.1. <u>Les quantités ingérées</u> .....	25
III.2. <u>Valeur nutritive</u> .....	26
III.2.1. Valeur énergétique.....	26
III.2.2. Valeur azotée.....	27
III.2.3. Valeur minérale.....	27
III.3. <u>Complémentation</u> .....	28
III.3.1. énergétique.....	28
III.3.1. azotée.....	30
<b><u>CHAPITRE IV : LE TRAITEMENT DES PAILLES</u></b> .....	33
IV.1. <u>Traitement physique</u> .....	33
IV.2. <u>Traitement chimique</u> .....	33
IV.2.1. Traitement par l'ammoniac.....	34
a) Méthodes.....	34
b) Influence du traitement.....	34
c) Complémentation.....	35
IV.2.2. Traitement par la soude.....	35
a) Méthodes.....	35
b) Influence du traitement.....	36
c) Complémentation.....	39

<b>IV.3. <u>Traitement biologique</u></b> .....	<b>39</b>
<b><u>PARTIE EXPERIMENTALE</u></b> .....	<b>40</b>
<b>TRAITEMENT DES PAILLES PAR LES CHAMPIGNONS</b>	
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>41</b>
<b>I.- <u>MATERIEL - METHODES</u> :</b>	
<b>I.1. <u>Méthodes de traitement</u></b> .....	<b>42</b>
I.1.1. Milieu de culture.....	42
I.1.2. Le substrat.....	43
I.1.3. Technique de traitement.....	43
a) culture sur milieu P.D.A.....	43
b) culture sur milieu spécial.....	44
c) trempage de la paille.....	45
<b>I.2. <u>Digestibilités</u></b> .....	<b>45</b>
I.2.1. Digestibilité in vivo	
a) les animaux.....	46
b) le matériel.....	46
c) les rations.....	47
d) les mesures.....	48
I.2.1. Digestibilité in-vitro... ..	49
a) Digestion cellulolytique.....	49
b) Digestion protéolytique.....	50
<b>I.3. <u>Analyses chimiques</u></b> .....	<b>50</b>
I.3.1. Bromatologique.....	50
I.3.2. Analyse de jus de rumen.....	52
<b>II. <u>RESULTATS</u></b> .....	<b>52</b>
II.1. Le traitement.....	52
II.2. Analyse bromatologique .....	53
II.3. Les quantités ingérées.....	55
II.4. Digestibilité.....	61
II.4.1. In vitro.....	61
II.4.2. In vivo.....	63
	.. / ..

a) Digestibilité unitaire.....	63
b) Digestibilité différentielle.....	63
c) Conclusion.....	66
II.5. Bilan azoté.....	66
II.6. Valeur fourragère.....	69
II.7. Analyse de jus de rumen.....	70
II.7.1. <u>Le pH</u> .....	70
a) paille normale	
b) ration mixte	
c) conclusion	
II.7.2. <u>L'ammoniac</u> .....	73
a) paille normale	
b) rations mixtes	
c) conclusion	
III. <u>CONCLUSION</u> .....	76
<u>CONCLUSIONS GENERALES</u> .....	77
<u>BIBLIOGRAPHIE</u> .....	79
<u>TABLE DES MATIERES</u> .....	83

LE CANDIDAT

VU :  
LE DIRECTEUR  
de l'Ecole Inter-Etats des Sciences  
et Médecine Vétérinaires

LE PROFESSEUR RESPONSABLE  
de l'Ecole Inter-Etats des Sciences  
et Médecine Vétérinaires

VU  
LE DOYEN  
de la Faculté de Médecine  
et de Pharmacie

LE PRESIDENT DU JURY

VU et permis d'imprimer.....  
DAKAR, le.....

LE RECTEUR PRESIDENT DU CONSEIL PROVISOIRE DE L'UNIVERSITE  
DE DAKAR.

**SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR.**  
=====

"Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT, fondateur de l'enseignement vétérinaire dans le monde, je promets et je jure devant mes maîtres et mes aînés :

- D'avoir en tous moments en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire.
- D'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code déontologique de mon pays.
- De prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire.
- De ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.

QUE TOUTE CONFIANCE ME SOIT RETIREE S'IL ADVIENNE QUE  
JE ME PARJURE".

---