

**TRAITEMENTS DES PAILLES ET UTILISATION  
EN ALIMENTATION ANIMALE : ESSAI DE MISE  
AU POINT D'UNE RATION D'EMBOUCHE**

THESE

présentée et soutenue publiquement le 8 juillet 1982  
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de l'Université de Dakar  
pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE  
(Diplôme d'Etat)

par

Rémi BESSIN

né le 6 septembre 1955 à Bobo-Dioulasso (HAUTE-VOLTA)

- Président du Jury : Monsieur HERVE de LAUTURE,  
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- Rapporteur : Monsieur Ahmadou Lamine NDIAYE,  
Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar
- Membres : Monsieur Alassane SERE,  
Maître de Conférences à l'E.I.S.M.V. de Dakar
- : Monsieur Claude HASSELMANN,  
Maître de Conférences à la Faculté de Médecine et de Pharmacie

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 SAWADO----- 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 VERCROYSSSE----- 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 ALOGNINOUA-----	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

Ndiaga 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

-o-o-o-o-o-o-o-o-

- A Monsieur HERVE de LAUTURE, Professeur à la faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Dakar.

Pour le grand honneur que vous avez bien voulu nous faire en acceptant spontanément de présider notre Jury de thèse.

Homages respectueux

- A Monsieur Ahmadou Lamine NDIAYE, Professeur à l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar.

qui est au début et à la fin de ce travail. Il nous a suggéré le sujet de cette thèse et a accepté de nous diriger dans son élaboration qu'il trouve ici l'expression de nos sincères remerciements et de notre profonde gratitude.

- A Monsieur Alassane SERE, Maître de conférences à l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar.

qui a accepté avec un manifeste plaisir et avec votre disponibilité constante, de siéger à notre Jury de thèse. Très sincère et profonde gratitude

- A Monsieur Claude HASSELMANN, Maître de conférences agrégé à la faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar.

Sincères remerciements pour avoir accepté de faire partie de notre Jury de thèse.

Je dédie ce travail

- A MES PARENTS

Vous qui n'avez ménagé aucun effort pour assurer à vos fils une éducation correcte et un avenir certain. Vos vertus resteront toujours gravé dans ma mémoire. Puisse ce travail être un humble témoignage de mon amour filial.

- A MES FRERES ET SOEURS

- A MES BEAUX FRERES ET BELLES SOEURS

- A MES NIECES ET NEVEUX

- A TOUS MES AMIS

- A TOUS LES ETUDIANTS VOLTAIQUES A DAKAR

- A TOUS LES CAMARADES DE LA IX<sup>e</sup> PROMOTION de l'E.I.S.M.V. dénommée "PROMOTION BESSIN" sincère Reconnaissance.

- AU DOCTEUR DAWA OUMAROU

Pour votre disponibilité constante et les conseils prodigués tout au long de ce travail. Vifs remerciements.

- AU DOCTEUR N'Diaga MBAYE

Pour la fructueuse collaboration dont nous avons bénéficié Vifs remerciements.

- A TOUS LES ETUDIANTS DE L'E.I.S.M.V.

- A TOUT LE PERSONNEL DE L'E.I.S.M.V.

- A TOUT LE PERSONNEL DU L.N.E.R.V.

- A TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUE A LA REALISATION DE 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

-o-o-o-o-o-o-

Le déficit en consommation de viande est très marqué en Afrique en général et plus particulièrement en Afrique occidentale, où la production animale reste largement insuffisante. Il devient de plus en plus urgent, d'accroître cette production afin d'assurer, à la population une autosuffisance en protéines animales.

Actuellement l'exploitation des animaux est liée aux fourrages naturels dans nos pays. Or, cette exploitation tend vers une intensification de la production ; d'où l'ampleur et la complexité des problèmes posés par la nutrition du bétail. L'élevage intensif d'ailleurs, tente de gagner le pas sur l'exploitation naturelle des animaux. Ceci se conçoit aisément si l'on sait que le nomadisme répandu en Afrique, est de plus en plus abandonné au bénéfice d'un élevage sédentaire ; en outre, la démographie galopante, la réduction des surfaces exploitables par les éleveurs commandée par une augmentation des productions agricoles, sont des facteurs privilégiés induisant ce nouveau type d'élevage.

Les problèmes d'alimentation deviennent primordiaux avec la multiplication des feed-lots qui sont tributaires du disponible en fourrage et des sous-produits agricoles et agro-industriels. Ceci est d'autant plus vrai que : si l'on fait abstraction des conditions sanitaires, les facteurs limitants de l'élevage dans les conditions naturelles, sont essentiellement les possibilités d'abreuvement du bétail et le type des pâturages (5). D'où le rôle primordial de l'alimentation ; or cette alimentation se révèle insuffisante en quantité et en qualité pendant plus de la moitié de l'année dans les zones arides et semi-arides. Par contre, pendant ce temps on dispose de nombreux résidus de l'activité agricole (fourrages...) qui sont susceptibles d'être utilisés.

Parmi les fourrages des pays tropicaux, les pailles de céréales retiennent l'attention par les innombrables quantités obtenues après récolte dans les zones à vocation agricole. Les particularités digestives des ruminants permettent une valorisation des pailles ; celle-ci sera d'autant plus efficace que l'on fera appel à certains procédés de traitement. L'utilisation de ces pailles traitées en alimentation animale, laisse entrevoir des perspectives d'association entre l'agriculture et l'élevage. Ceci est un fait souhaitable et souhaité pour l'obtention d'une spéculation agro-sylvo-pastorale.

Ce travail qui envisage un essai d'alimentation de bovins à base de paille de riz traitée à la soude, sera subdivisé en trois parties d'inégale importance.

- Différents types de pâturages et modes de culture .
- Rappel des différents procédés de traitement des pailles .
- Essai d'alimentation de bovins par la paille de riz traitée à la soude. Dans cette partie, nous étudierons quelques expériences d'embouche bovine en Afrique utilisant de la paille de riz.

CHAPITRE I  
-----  
-o-o-o-o-

DIFFERENTS TYPES DE PATURAGE  
ET MODES DE CULTURE

D'une façon générale on qualifie de paille, l'appareil végétatif d'une graminée séchée sur pied, ayant déjà fleuri, fructifié et grainé. En effet, les graminées tropicales une fois leur développement maximum atteint, se présentent comme des herbes grossières, à chaume dur, rhizomateuses et cespiteuses (22).

Les pailles peuvent être également des sous-produits de culture, c'est à dire l'appareil végétatif de la céréale restant disponible après la récolte. De ce fait, les pailles proviendraient soit des pâturages naturels soit des cultures.

### I. LES PATURAGES NATURELS

Les pâturages naturels jouent un rôle crucial dans l'alimentation du bétail tropical ; ils constituent l'essentiel, voire la quasi-totalité des ressources alimentaires des ruminants.

Dans les pays tempérés, les pâturages sont, dans leur presque totalité, une création humaine, voulue et entretenue par l'éleveur ; leur composition est d'un quart de légumineuses et de trois quarts de graminées.

En zone inter-tropicale, les sols, la végétation et le climat varient énormément de même que les pâturages qui en sont une projection. Cette variation est encore accentuée par l'activité humaine dans le milieu. En effet CORNEVIN en 1891 montre qu'il existe une solidarité entre le sol, le climat, les végétaux et le bétail ; ceci aboutit à la notion d'harmonie. THERET y ajoute le facteur humain et propose la représentation des différents facteurs sous la forme d'un tétraèdre. Il y a donc une interdépendance entre ces cinq facteurs (climat-sol, plante-Animal-homme). (35)

Nous distinguerons trois types de pâturages :

- pâturages sahéliens
- pâturages soudaniens
- pâturages guinéens.

./.

Chacun d'eux possède ses caractéristiques que nous allons maintenant étudier.

### 1.1. LES PÂTURAGES SAHÉLIENS

Les pâturages sahéliens correspondent à une région écologique dite à "vocation pastorale". Ils ne sont pas en tout point identiques. On a une originalité climatique associant un type de végétation largement dominée par les herbacées et les ligneux.

#### 1.11. Les caractéristiques du milieu

Le sahel est le rivage du sahara et sera caractérisé comme tout milieu par ses facteurs climatiques, ses facteurs édaphiques, conditionnant à leur tour le type de végétation et de faune.

Cette zone est caractérisée par un climat allant du type désertique au type tropical sec sahélo-soudanais, en passant par le type sub-désertique sahélo-saharien. Le climat très capricieux est caractérisé par une pluviométrie irrégulière variant entre 200 et 600 mm d'eau. Plus on se rapproche des tropiques, plus la saison sèche s'allonge et du même coup la saison pluvieuse se raccourcit pour presque disparaître en bordure du désert.

La nature du sol superficiel dépend en partie de la composition chimique et de la structure physique de la roche mère qui lui a donné naissance.

De ce fait, les sols tropicaux vont donc dépendre de leur situation topographique et du climat local ; ceci nous permettra de distinguer au sahel qui est généralement dominé par des recouvrements éoliens sablonneux :

- Des sols hydromorphes qui sont rencontrés dans les dépressions mal drainées et seront par conséquent engorgés d'eau, soit en permanence ou de façon saisonnière.

- Des sols squelettiques ou lithosols où la roche mère est à moins de 30 cm de profondeur.

./.

Les sols et le climat vont largement influencer la végétation dans cette zone.

### 1.1.2. Principales espèces végétales

La sécheresse sévissant dans le sahel oriente la flore agros-tologique vers l'adaptation au milieu c'est à dire au manque d'eau. On a également un raccourcissement du cycle végétatif, obligeant les éleveurs à se déplacer (nomadisme) ; les zébus, les petits ruminants et les dromadaires sont adaptés à cette zone. La végétation est très variée allant du type ligneux aux graminées (vicaces, annuelles) ; on a également les herbes diverses.

#### 1.1.2.1. Les ligneux

Ils constituent les pâturages arbustifs qui contribuent à valoriser la flore qui est presque exclusivement des graminées.

##### + Les Acacia

Ce sont des légumineuses zérophyllées, ordinairement épineuses et qui sont très utiles à l'alimentation animale, car leurs feuilles et leurs fruits sont comestibles on a :

- Acacia radiana
- A. sénégale
- A. seyal
- ect.

##### Les Combretum

Ils sont présents sur sols sablonneux et sols squelettiques. Leurs feuilles sont appréciées par les bovins, ovins et caprins.

Citons :

- Combretum micranthum
- C. nigricans

##### + Boscia et Balanites

Ils poussent sur les sols limoneux, les couloirs interdunaires et les dépressions. On trouve :

./.

- *Boscia senegalensis*
- *Balanites aegyptiaca*

#### 1.1.2.2. Les graminées

C'est le groupe de loin le plus important. Nous les subdiviserons en deux groupes :

##### . Les graminées vivaces

###### + Les Aristida

Ce genre très fréquent en Afrique se rencontre, dans des milieux édaphiques et climatiques très variés. Il est consommé par le bétail mais il possède des fleurons munis de cal très pointu pouvant blesser les animaux. Les plus connus sont :

- *Aristida paposa*
- *A. palida*

###### + Les Panicum

Très adaptés aux conditions du milieu tropical, le panicum constitue une excellente plante fourragère. On distingue :

- *Panicum maximum*
- *P. turgidum*
- etc...

###### + Les Andropogon

Ces herbes, annuelles ou vivaces, de grande taille sont pâturées à l'état jeune. Elles constituent l'essentiel des pâturages tropicaux. Certaines espèces sont même considérées comme bons fourrages.

- Exemple :
- *Andropogon gayanus*
  - *A. africanus*
  - etc...

##### . Les graminées annuelles



+ Les sorghum

Plusieurs espèces croissent en Afrique et sont fréquentes dans les régions tropicales. Quelques-unes sont cultivées comme céréales, on a :

- Sorghum aethiopicum
- S. vulgare.

+ Les Pennisetum

Ils se rencontrent en régions tropicales ou subtropicales. Ce sont d'excellentes plantes fourragères de fauche ou de pâture. Citons :

- Pennisetum pedicellatum
- P. mollissimum.
- etc.

Comme autres genres de graminées annuelles nous pouvons citer Cenchrus et Schoenefeldia.

1.1.2.3. Les herbes diverses

Elles sont très variées mais nous nous contenterons de citer :

- Tribulus terrestris
- Tephrosia purpurea
- Indigofera sessiliflora

En alimentation animale, c'est la valeur fourragère de ces espèces qui définit leur qualité or cette dernière est fonction du stade végétatif de la plante. La valeur la plus élevée se situe à la floraison puis décroît après fructification d'où le caractère grossier des pailles.

1.1.1.3. Productivité et exploitation des pâturages sahéliens.

La productivité varie d'une année à l'autre en fonction de

./.

la pluviométrie. Nous serons d'accord avec G. BOUDET pour dire que la productivité potentielle est d'environ 400 kg de M.S\*/ha ce qui correspond à 30 jours de pâture pour une UBT\* au sahel subdésertique alors qu'elle est de 1000 kg M.S/ha c'est à dire une pâture de 80 j pour une UBT au sahel typique et enfin de 3000 kg M.S/ha environ en zone sahélo-soudanienne. Par conséquent offre 240 j de pâture à une UBT (5).

L'exploitation des pâturages sahéliens utilise les techniques du nomadisme et de la transhumance. Le nomadisme est caractérisé par de nombreux déplacements anarchiques entrepris par des groupes pastoraux à l'intérieur d'une zone climatique particulièrement difficile tandis que la transhumance est un ensemble de mouvements saisonniers de rythme pendulaire, de caractère cyclique concernant toute la masse pastorale (éleveurs, animaux...)(35)

La zone sahélienne est dotée d'une végétation variée, liée au régime des pluies et à la nature des sols. C'est la zone pastorale par excellence ; et pour mieux s'y adapter, l'élevage traditionnel pratique le nomadisme et la transhumance. Ces techniques sont inutilisées (nomadisme) ou utilisées dans une faible mesure (transhumance) dans la zone soudanienne que nous envisagerons maintenant.

## 1.2. LES PÂTURAGES SOUDANIENS

Du point de vue écologique, les pâturages soudaniens sont la zone "tampon" entre les éleveurs transhumants du sahel et les agriculteurs sédentaires.

La végétation varie dans le même sens que la pluviométrie c'est à dire du nord au sud.

---

\* M.S : matière sèche

\* UBT : Unité de bovin tropical

### 1.2.1. Les caractéristiques du milieu

La population rurale est restreinte et ce fait est lié en partie à deux facteurs :

- manque de fertilité des sols imposant une agriculture de type itinérant.
- Présence de maladies ~~suda~~ miques : onchocercose, trypanosomose pour ne citer que celles-là.

Les sols de types ferrugineux, correspondent à un climat nettement tropical avec saison sèche et saison humide. On a également des sols squelettiques à cuirasse ou à gravillon.

La pluviométrie va croissante ; ceci influe sur la végétation qui a une longue période active . Du point de vue végétation, le domaine soudanien se subdivise en deux unités très distinctes qui sont :

- une végétation dérivant des savanes arbustives avec une période pluvieuse inférieure à cinq mois.
- une végétation dérivant des forêts claires avec une pluviométrie de 900 à 1550 mm .

### 1.2.2. Principales espèces végétales

En zone soudanienne, près de la moitié de la végétation a été transformée par des influences anthropiques (41) (cultures itinérantes, feux de brousse...) La végétation se caractérise dans cette zone par la rareté des graminées vivaces mais par contre, les graminées annuelles deviennent dominantes.

#### 1.2.2.1. Les ligneux

Ils sont très importants et occupent souvent plus de 30 p. 100 du sol .

##### + Les Piliogstima

On les trouve sur les sols squelettiques à gravillon et également sur les sols ferrugineux . A titre d'exemple on a :

./.

- Piliogstima reticulatum
- P. thonningii

+ Les Terminalia

Ce genre est localisé sur les sols ferrugineux

- Terminalia laxiflora
- T. avicennioides

+ Autres ligneux

- Kaya senegalensis (appelé café-cédrat)

Les feuilles sont consommées par le bétail. De ce fait les branches sont coupées et livrées aux animaux.

- Parkia biglobosa (appelé néré ou nété)

Cet arbre produit des fruits qui sont utilisés en alimentation humaine.

On rencontre aussi en zone soudanaise des ligneux présents en zone sahélienne on a :

- Combretum micranthum
- C. glutinosum
- etc..

1.2.2.2. Les graminées

. Les graminées vivaces

Elles sont assez rares dans cette zone. Nous citerons quelques genres :

+ Les Andropogon

Ce genre prolifère sur les sols profonds et humides. Les plus connus sont :

- Andropogon gayanus
- A. ascinodes
- A. tectorum
- etc...

./.

+ Les Hyparrhenia

Ces herbes sont vivaces ou plus rarement annuelles. Elles sont abondantes dans les régions tropicales où elles constituent d'excellents fourrages. Ces plantes s'adaptent à tous les sols, aussi bien secs que humides, mais préfèrent les terres argilo-sablonneuses, riches en éléments fertilisants. Dans de bonnes conditions certaines espèces peuvent vivre dix ans et résistent bien au piétinement. (22)

Exemple : - Hyparrhenia smithiana  
- H. subplumosa.

+ Loudetia et Ctenium

En zone soudanienne ce sont des genres peu répandus. Citons néanmoins :

- Loudetia simplex
- Ctenium newtonii

Certains échantillons sont présents aussi bien en zone sahélienne que soudanienne, c'est le cas de :

- Andropogon gayanus
- Hyparrhenia dissoluta
- Cymbopogon giganteus

. Les graminées annuelles

Ces graminées qui apparaissent déjà en bordure sahélo-soudanienne, deviennent prépondérantes en zone soudanienne.

+ Les Pennisetum

Ils se retrouvent en prairie de haute altitude et également accompagnent les forêts claires et les savanes. Ils poussent sur les sols limoneux à argileux

- : - Pennisetum pedicellatum  
- P. subangustum.

### + Les Eragrotis

Ces genres subsistent dans les parties de l'Afrique moyennement ou faiblement arrosées. Ce genre est peu consommé par le bétail.

-Eragrotis gangetica  
etc..

On note dans la zone soudanienne d'autres spécimens mais nous ne citerons volontairement que quelques-uns.

- Microchloa indica  
- Paspalum orbiculare.  
etc..

De nombreuses autres espèces de la zone soudanienne se retrouvent au sahel il s'agit de :

- Pennisetum pedicellatum  
- Andropogon pseudopricus

### . Les herbes diverses

Les principales espèces sont :

- Cassia mimosoides  
- Monechma ciliatum  
- Borreria stachydea.

La valeur des pâturages soudaniens dépend surtout de l'importance de l'activité agricole, suite aux défrichements, aux mises en cultures et à l'abandon des terrains pour la jachère.

### 1.2.3. Productivité et exploitation des pâturages soudaniens

La production potentielle des pâturages soudaniens est plus stable qu'au sahel néanmoins, on perçoit faiblement l'influence des variations de pluviométrie d'une année à l'autre

./.

Généralement dans le secteur soudanien la "pluie des mangues" survenant de février à mars entraîne une repousse de graminées vivaces.

Ceci réhausse la valeur des pâturages car les repousses sont riches en azote, mais présentent des risques de météorisation chez les ruminants.

En zone soudanienne on enregistre des productions allant de 800 à 8000 kg de MS/ha ce qui donne des capacités de charges respectives de 64 à 240 jours de pâture d'une U.B.T. (5). Entre ces deux extrêmes on a des variations en fonction de la graminée considérée ainsi que du type de sol.

L'exploitation de ces pâturages est liée à l'importance des cultures. Ainsi en saison pluvieuse, une partie seulement du troupeau (vaches lactantes, jeunes...) reste aux abords des villages tandis que l'essentiel du troupeau part en petite transhumance afin de s'éloigner des cultures. En saison sèche par contre, tout le troupeau revient dans les zones de culture aux environs du village pour profiter des résidus de récoltes.

### 1.3. Les pâturages guinéens

Ces pâturages guinéens se retrouvent généralement sous climats équatoriaux et tropicaux humides ou d'altitude, et dérivent des forêts denses. La végétation a subi de façon plus accentuée les influences anthropiques que dans la zone soudanienne.

#### 1.3.1. Caractéristiques du milieu

Le climat est de type humide et chaud d'où la présence d'une végétation de forêt dense. En effet le degré hygrométrique c'est à dire la quantité d'humidité dans l'air descend rarement au dessous de 80 ; les températures sont peu variables (15 - 19°C minimum ; 30 à 35°C maximum) avec une moyenne de 25°C.). Les conditions de température et d'humidité réunies font de la zone

./.

guinéenne le domaine par excellence de la végétation. Celle-ci s'étage comme suit :

- forêt dense du niveau de la mer à 1000 m d'altitude
- forêt clairsemée plus arbustes, herbes et broussailles au dessus de 1000 m
- espaces herbeux entre 1500 à 2000 m c'est la zone d'élevage.

G. BOUDET (5) divise la zone guinéenne en deux :

- Un secteur guinéen préforestier qui est la zone de contact avec la région soudanienne. La pluviosité est étendue sur 7 à 10 mois voire toute l'année. Il en est de même pour la période, pâturable. L'essentiel de la végétation est constitué de "forêts galeries", de "forêts denses" néanmoins on a une savane boisée à arborée et un sous-bois arbustif à feuilles persistantes.

- Un secteur guinéen forestier qui est le domaine de la forêt dense équatoriale. La pluviosité mensuelle présente deux pointes séparées par des périodes de moindre pluviosité, "petite" et "grande" saison sèche. La moyenne des précipitations dépasse 1 500 mm par an.

Les pâturages sont presque toujours en altitude d'où un double intérêt pour l'élevage ; la disparition des insectes nuisibles au bétail (glossines) et l'abaissement de la température.

### 1.3.2. Principales espèces végétales

Les formations végétales pâturables sont localisées dans les savanes, or celles-ci sont limitées. Par conséquent la région guinéenne n'est pas une zone de pâturage par excellence. Les zones non pâturées sont couvertes de ligneux, d'arbustes. Les graminées sont généralement vivaces, en touffes souvent espacées.

Nous citerons quelques espèces à titre indicatif.



### 1.3.2.1. Les ligneux

- *Albizia zygia*
- *Annona senegalensis*
- *Hymenocardia acida*
- *Piliostigma thonningii*

### 1.3.2.2. Les graminées

#### . Graminées vivaces

- *Andropogon macrophyllus*
- *Hyparrhenia rufa*.
- *Panicum phragmitoides*
- *Imperata cylindrica*
- *Loudetia simplex*
- *Brachiara brachylopha*

Ces quelques graminées vivaces sont toutes consommables par le bétail. Cependant le développement exubérant du tapis herbacé peut gêner le déplacement des troupeaux.

### 1.3.3. Productivité et exploitation de ces pâturages

La productivité des pâturages en zone guinéenne varie de 2 500 à 13 000 kg de MS/ha soit respectivement une capacité de charge de 200 jours à 1040 jours de pâture d'une U.B.T. (5).

L'exploitation des pâturages se fait dans les zones de savane guinéenne où l'élevage est axé sur des bovins de format réduit trypanotolérants (Ndama, Baoulé) ainsi que les petits ruminants (chèvres, moutons Djallonké). Les pâturages de la zone guinéenne sont presque toujours en altitude. La flore édaphique caractéristique de chaque région est formée de quelques espèces nettement dominantes et adaptées aux conditions écologiques du milieu.

Les pâturages naturels disposent d'un éventail très large de graminées dont le disponible fourrager est immense. Pendant la saison sèche, ce sont d'énormes quantités de pailles qui restent sur pied dans nos régions. Celles-ci seront détruites par les feux de brousse en majorité. Il est possible, et même envisageable de traiter des pailles pour les rentabiliser en alimentation animale. Ceci est d'autant plus bénéfique que ces pailles "sauvages" poussent sans aucun investissement particulier de la part de l'homme ; de plus la main d'oeuvre est disponible et assez bon marché dans nos régions. Au bout du compte ce sera une contribution indirecte à la lutte contre les feux de brousse qui sont très néfastes.

## II. LES SOUS-PRODUITS AGRICOLES

En Afrique, dans la plupart de nos régions, la population rurale est très importante et représente environ 80p/100 de la population active. L'agriculture et l'élevage constituent les principales spéculations. D'où l'intérêt tout particulier qu'on doit accorder au développement rural. La grande partie de cette agriculture se pratique dans les conditions traditionnelles, ceci intéresse surtout l'agriculture vivrière.

Mais progressivement à côté de cette agriculture beaucoup plus moderne : l'agriculture industrielle. En dehors de la préoccupation première de ces deux types d'activité qui est de satisfaire les besoins de l'homme, les sous-produits agricoles peuvent être valorisés en alimentation animale.

### II.1. L'AGRICULTURE VIVRIERE

L'agriculture vivrière s'intéresse principalement à la culture de céréales (mil, sorgho, maïs...) et, dans une certaine mesure de légumineuses (arachide, niébé...)

#### II.1.1. Caractéristiques

Les outils utilisés dans le travail du sol sont essentiellement artisanaux (houe, daba...). A l'heure actuelle, certains

pratiquent la culture attelée ce qui améliore les rendements et diminue les efforts du cultivateur.

L'agriculture vivrière est une agriculture de subsistance car la presque totalité des récoltes est destinée aux besoins familiaux dans l'attente de la récolte prochaine. Les productions sont variables d'une année à l'autre car c'est la pluviosité qui commande les rendements en conditionnant l'efficacité de tout in-puts (engrais, techniques culturales ...)

Toutes les céréales cultivées répondent à la dénomination de graminées, la différence essentielle se situe au niveau de leurs exigences. Ainsi donc le petit mil pousse dans des conditions très ingrates (faiblesse du taux d'humidité...) par conséquent est plus résistant que le sorgho qui, lui même l'est plus que le maïs.

La pluviométrie nécessaire au sorgho est de 1000 mm ou plus par an et qui en dessous de 800 mm d'eau cette espèce tend à disparaître au profit des petits mils qui se développent dans les régions recevant 800 mm à 300 mm d'eau par an. Au total, les mils et sorgho sont par excellence des céréales de pays chauds et secs, des terres arides ou semi-arides. D'où leur fréquence dans les régions tropicales et subtropicales.

L'exigence du maïs en eau et terres riches et les nombreux soins qu'il nécessite n'ont pas permis une vulgarisation importante de sa culture.

L'agriculture vivrière, pratique également la culture du riz ; il s'agit surtout de riz pluvial entretenu dans les vallées et les bas-fonds.

#### 11.1.2. Disponible fourrager

Bien que les productions vivrières soient insuffisantes pour l'alimentation humaine, il n'en reste pas moins vrai que les sous-produits de récoltes sont appréciables ; car il existe des rapports entre la production de grains de céréales et la production de pailles. A titre indicatif voici des statistiques établies

./.

par la F.A.O.\*

	Rendement (quintaux / ha)		Productions (milliers de tonnes)	
	1948-1952	1958	1948-1942	1958
+ Europe				
- mil	8,1	81,1	110	90
- sorgho	9,7	12,3	40	40
+ Amérique du Nord et Centrale				
- sorgho	12,5	22,6	4130	15700
+ Asie (sans chine)				
- mil	3,9	4,4	7180	8860
- sorgho	3,9	5,2	6370	9250
+ Afrique				
- mil	-	-	550	500
- sorgho	-	-	1900	2400

Source : 29

Nous avons choisi volontairement ces vieilles statistiques pour marquer l'importance de certains sous-produits depuis déjà plus d'un quart de siècle. Il est clair à l'heure actuelle que l'importance quantitative de ces sous-produits va grandissante, aux regards de l'accroissement des terres cultivées et l'acquisition de nouvelles techniques.

#### II.1.2.1. Les pailles de céréales

Pour R.RIVIERE (42), les pailles sont constituées par les tiges et les feuilles de céréales restant après la récolte des grains et habituellement laissées sur le champ dans les pays tropicaux. Elles représentent cependant des tonnages très importants mais ce sont des produits de valeur alimentaire générale-

\*Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

ment faible. Elles proviennent en effet de plantes arrivées à maturité dont les grains ont accumulé tous les principes nutritifs. De plus, l'âge de la plante fait que les constituants membranaires ont pris une importance prépondérante.

. Les pailles de maïs (Zéa mays)

Elles sont inutilisées et se décomposent sur place ou sont brûlées. Cette seconde méthode est très mauvaise car les cendres obtenues, au lieu de contribuer à la fertilisation du sol, sont tout simplement transportées par le vent. La valeur fourragère est de 0,25 UF\* environ pour une paille de 90 p.100 de M.S. Ces pailles sont très pauvres en matières minérales mais très riches en cellulose (32 à 33 p.100).

La production de maïs est assez intéressante dans certains pays. Au Bénin en 1978 on a enregistré quelques 343400 tonnes de maïs (1) soit environ 85 850 000 UF.

. Les pailles de sorgho (Sorghum sp) et de petit mil (Pennisetum sp).

Après les récoltes, ces pailles sont utilisées pour la confection de sekos, de nattes et même utilisées comme litière. Leur valeur fourragère est de 0,30 UF/kg environ.

Les quantités de paille obtenues sont très importantes ; le rendement Paille/grain est de 6 à 7 et peut parfois atteindre 20 à 30.

En Haute-Volta, (1) on estime à 1000 000 de tonnes la production annuelle de sorgho et de mil soit 6 000 000 de tonnes de pailles en utilisant le rapport Paille/grain = 6 d'où quelques 1 800 000 UF par an. Ceci est susceptible d'entretenir 1 800 UBT par an.

. Les "pailles" de légumineuses

La culture des légumineuses laisse après récolte des gousses,

---

UF. Unité Fourragère

tout l'appareil végétatif qui constitue les fanes vulgaires appelées pailles de légumineuses. La production de fane peut atteindre suivant les espèces et les variétés, de 2 à 4 tonnes à l'hectare.

Lorsque ces fanes sont encore vertes, elles possèdent une valeur alimentaire très intéressante. Un hectare de culture peut fournir 1 000 à 3 000 UF, permettant l'entretien de 1 à 3 U.B.T. par an.

Les plus importantes sont l'arachide (*Arachis hypogea*), le niébé (*Vigna sinensis*), les genres *Phaseolus* et *Voandzeia*. Le rendement fanes/gousses sèches oscille entre 1 à 1,5 suivant la richesse du sol.

Au Sénégal, on estime à 1 350 000 tonnes de fanes, la production annuelle (15).

PAGOT, VALENZA, BOUDERGUES (43), à l'issue de quelques études de digestibilité de pailles cultivées ou naturelles effectuées au Sénégal, montrent que leur valeur fourragère n'a rien à envier à celle des pailles des pays tempérés ; elle est même à bien des égards supérieure. Les matières azotées sont par contre peu abondantes, voire totalement absentes. Il est donc nécessaire de compléter en azote une ration de base constituée par des pailles.

## II.2. AGRICULTURE INDUSTRIELLE

Nous avons précédemment présenté l'agriculture vivrière comme étant la plus grande activité du monde rural. En corollaire de ceci l'agriculture industrielle est la pratique des sociétés d'encadrement la plupart du temps à économie mixte ; elle est également l'apanage d'une minorité de nantis. Les cultures de rente sont développées c'est le cas de l'arachide, du coton, de la canne à sucre et même du riz.

./.

### II.2.1. Caractéristiques

Le souci majeur étant la rentabilisation maximale des investissements, ceci se traduira par un accroissement important des récoltes. Par conséquent, l'activité agricole est menée de façon rationnelle.

Au niveau du terrain, on effectuera des analyses agropédologiques dans le but de déterminer le type de sol qui guidera l'espèce végétale à exploiter. La connaissance de la structure et de la composition du sol permet l'utilisation d'engrais en fonction du type de plante à cultiver. En un mot il faut tenter de réaliser l'accord de la plante avec le sol. L'objectif de l'intensification ne sera atteint que par l'utilisation de techniques culturales modernes et appropriées le tout étant épaulé par une mécanisation plus ou moins poussée.

Le matériel végétal est rigoureusement sélectionné dans le but d'une adaptation au milieu/<sup>et</sup> selon type de spéculation choisi. Dans nos régions, l'intensification de l'agriculture porte surtout sur la culture des plantes ci-dessus cités ; mais nous ne parlerons volontairement que de l'exploitation du riz dont les pailles sont utilisées comme base de traitement par la soude pour notre essai alimentaire. Deuxième céréale du monde, le riz constitue la base alimentaire de vastes régions développées ou en voie de développement. L'amélioration et l'accroissement de sa production constituent un des éléments essentiels de la lutte contre la faim et la malnutrition (3).

Le riz est une plante qui vient bien dans les pays à conditions climatiques et pédologiques tropicales ou sub-tropicales, par conséquent des pays chauds. Bien que le riz soit nettement plus cher que d'autres céréales plus utilisées (sorgho...) la demande de ce produit ne cesse de croître de façon très appréciable. Cette tendance est due à l'élévation du niveau de vie, l'urbanisation très rapide de nos régions et également la création d'exploitations rizicoles qui ne cessent de croître.

./.

En perspectives d'avenir, les cultures irriguées en général et la culture du riz en particulier connaîtront un grand essor dans nos pays si l'on se réfère aux différents projets qui s'y réalisent ; les exemples sont nombreux à cet effet ; OMVS\* pour le : Sénégal, Mali, Mauritanie ; ONBI\* pour la Haute-Volta, pour ne citer que ceux là.

Au Sénégal les régions rizicoles sont : la région du fleuve qui est de loin la zone la plus importante du point de vue production ceci grâce à l'intervention de la S.A.E.D.\* et la SDRS, la Casamance, le Sine-saloum et le Sénégal oriental. En outre, le programme de l'OMVS\* prévoit l'irrigation de 377 000 hectares de terres arides. Grâce à la construction de barrages, ce programme aura des retombées nombreuses dans le domaine de l'agriculture, également de l'énergie, de l'industrie, des transports et aussi de l'élevage (1) ; mais jusqu'à l'heure actuelle les avis sont partagés.

- En Haute-Volta, la riziculture est d'actualité et également d'avenir si on en croit la multiplication des régions rizicoles, leur rendement et les recherches menées par le Centre d'Expérimentation du Riz (C.E.R.C.I.), l'Association Pour le Développement de la riziculture en Afrique Occidentale (A.D.R.A.O.). Les principales zones rizicoles sont : les exploitations de la vallée du Kou, de la plaine de Banzon, de Niéna Djonkélé, de Karfiguéla, de Mogtedo, de Bagré... Signalons que la seule vallée du Kou couvre une superficie de 99<sup>e</sup> hectares cultivés ; une extension de 200 hectares est prévue dans un délai de deux ans et 500 hectares en cinq ans. Nous pensons à une amélioration des productions dans l'avenir ; grâce à l'action menée par les ORD (Organisme Régional de Développement) qui est loin d'être parfaite mais aussi, aux efforts d'amélioration des techniques agricoles et

---

\* OMVS : Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal  
ONBI : Office National des barrages et de l'irrigation  
SAED : Société d'Aménagement et d'exploitation des terres du Delta  
CERCI : Centre d'Expérimentation du riz et des cultures irriguées.  
S.D.R.S. : Société de développement du riz au Sénégal



l'encadrement mené par les autorités de l'aménagement des vallées des voltas (A.V.V.) sur 20 400 km<sup>2</sup> de terres libérées de certaines maladies endémiques notamment l'onchocercose.

- Au Mali, on cultive beaucoup de riz notamment à Mopti, dans le delta intérieur du Niger, Kogoni et Ségou.

En Mauritanie, à Rosso 14 000 hectares de rizières seront aménagés ; de même, il existe à Guédé une culture de riz à l'essai.

### 11.2.2. Disponible faurrager

L'importance des zones rizicoles laisse entrevoir la production d'un sous-produit en quantité intéressante : la paille de riz. Le bétail en est friand, mais dans la plupart de nos pays, ce sous-produit agricole est mal utilisé ou même pas du tout, comme aliment du bétail.

De ce fait, il est ou brûlé sur place ou laissé décomposé sur place ; ceci étant une pratique fâcheuse pour l'élevage.

Sur le plan nutritionnel, la paille de riz est comparable aux pailles de blé et d'avoine et elle peut leur être supérieure dans certains cas. La valeur fourragère varie de 0,4 à 0,5 UF. La paille est riche en cellulose (bonne digestibilité) et en extractif non azoté moins pauvre en matières azotées digestibles. La valeur nutritive varie beaucoup selon le moment de la récolte. Elle a une plus grande teneur en protéine quand elle est récoltée encore verte et peut se comparer à un foin moyen. Les animaux l'absorbent en petites quantités quand elle constitue leur seule nourriture. Dans les régions tropicales et surtout pendant la saison sèche, la paille de riz pourrait être largement utilisée pour l'alimentation des animaux en renforçant sa valeur potentielle du fait de l'utilisation de certains traitements et de sous-produits agro-industriels.

./.

Du point de vue rendement, le rapport paille/grain est de l'ordre de 1 (culture fertilisée) et 1,2 à 1,66 (culture sans engrais). La paille de riz est un fourrage abondant dans la plupart des pays qui pratiquent sa culture. Ainsi donc au Sénégal, en 1971 on a obtenu 180 277 t (7) et selon les prévisions, ce taux devra doubler dans les dix années à venir. Au total si les prévisions sont confirmées, à l'heure actuelle au Sénégal on disposerait de 360 554 t de paille.

- Au niveau de la Haute-Volta, les informations nous provenant de la vallée du Kou notifiant une production de paddy de 4,534 tonnes par hectare et par saison. Si nous savons qu'au niveau de cette seule vallée les agriculteurs font deux récoltes - puisque disposant de deux saisons par an - , les calculs nous donnent 9048,864 t à 10 859,836 t. Il faut un bovin pour consommer la paille fournie en un an par un hectare de rizière, et deux s'il ya deux récoltes annuelles (28). Si l'on prend le cas précis de la vallée du Kou les 998 hectares alimenteront par an 1 996 bovins. Ceci mérite réflexion car cette vallée est située à 25 km de Bobo-Dioulasso qui est un grand centre.

- Au Mali, nous enregistrons les productions suivantes de riz et les équivalents correspondants en UF (38).

	1973.-74	77-78	1978-79
: Poids de la	:	:	:
:paille en t...	: 130 000	: 146.330	: 271.690
:U.F.	: 50 395	: 95 492	: 105 323

SOURCE : 38

En dépit de l'apport en matières minérales au sol par les pailles brûlées ou enfouies après les récoltes de céréales, on peut considérer qu'une partie de ces pailles pourrait être avantageusement utilisée dans l'alimentation des ruminants, puisque ces derniers sont capables de métaboliser les glucides membranaires (cellulose, hemicellulose) grâce à la présence des micro-organismes de leur rumen.

Cela est si vrai que l'on dispose à l'heure actuelle de méthodes de traitement de ces pailles dans le but de les valoriser d'avantage.

X

X

X

CHAPITRE II

RAPPEL DES DIFFERENTS PROCEDES  
DE TRAITEMENT DES PAILLES

À l'heure actuelle, la valeur alimentaire limitée de la paille brute est indéniable. Ceci restreint d'ailleurs son utilisation dans les rations pour ruminants. Or il est possible, et les nombreux travaux effectués à ce sujet le démontrent, de tirer un meilleur profit de l'énergie que renferment les pailles par différents types de traitement classés comme suit :

- Traitement purement physique (broyage, vapeur, pression, agglomération ect.)
- chimique (alcalis, acides, oxydants)
- Enzymatique ou biologique (fermentations bactériennes, moisissures....)

Ces différents traitements sont applicables seuls ou en association. Nous envisagerons d'abord les caractéristiques générales des pailles avant d'aborder leur traitement.

## I. CARACTERISTIQUES GENERALES DES PAILLES ET LES PARAMETRES DE TRAITEMENT (34) (28) (6) (13).

Comme précédemment définit, les pailles sont constituées par l'ensemble des appareils végétatifs aériens des graminées après déroulement complet de leur stade végétatif. Par conséquent ce sont des fourrages médiocres ou ligno-cellulosiques. Leur richesse est indéniable en matière sèche (MS) 85p.100 en extractif non azoté (ENA), en glucides membranaires -cellulose et hémicellulose) 50 à 60 p.100 de MS mais à l'opposé leur pauvreté est notoire en matière azotée digestible (MAD) 2 à 4p.100 et en minéraux 7 à 10 p.100.

La cellulose brute contient de la cellulose mélangée à la lignine 10 p.100 ; ceci empêche en partie la dégradation de la cellulose par les micro-organismes cellulolytiques du rumen (bactéries, protozoaires...), qui se comporte comme une vaste

./.

cuve à fermentation. D'un point de vue nutritionnel, les pailles sont constituées de trois fractions distinctes :

1°) Une partie normalement digérée dans le tube digestif du ruminant (cellulose surtout )

2°) Une autre fraction potentiellement digestible mais rendu indigeste par la présence de lignine.

3°) Une dernière fraction essentiellement indigeste, représentée presque exclusivement par la lignine.

La faible valeur alimentaire de la paille est attribuée à plusieurs facteurs. :

- La présence de lignine, véritable barrière physique entre la cellulose et les enzymes cellulolytiques. La présence de liaisons chimiques entre cellulose et lignine est un facteur limitant de l'activité des enzymes.

- la structure de la cellulose, moins accessible lorsqu'elle est sous forme cristalline.

- la présence de la silice, qui inhibe la digestion des hydrates de carbone.

La sensibilité de la cellulose aux enzymes sera conditionnée par un certain nombre de facteurs énumérés dont :

- l'humidité à 10 p.100, entrainant l'ouverture de certaines structures cellulosiques.

- la surface d'attaque par les enzymes qui est fonction de la dimension du réseau capillaire des tissus :

- la cristallinité de la cellulose.

- la présence de substances associées telles le tanin et surtout de la lignine.

Les traitements que l'on envisagera donc, auront comme objectif, d'accroître la partie normalement digestible mais dont la dégradation est limitée par la présence de lignine qui joue le rôle de barrière physique vis à vis des agents actifs dans le processus de digestion. A ce titre, le problème du traitement est double; il s'agira par conséquent :

- de détruire la structure cristalline de la cellulose associée à la lignine, dans le but d'élargir la réaction cellulose-enzyme .

- de dissocier les fibrilles cellulosiques et modifier son réseau capillaire, ce qui entrainera une augmentation des points de pénétration des agents chimiques et enzymatiques.

Les paramètres du traitement des pailles sont nombreux et très importants. Ceux-ci ont été dégagés par MELCION (34) qui les énumère comme suit :

-assurer un contact, le meilleur possible entre un solide grossier et un liquide. Ce contact est favorisé par le broyage du substrat et la pulvérisation et/ou le mélange du réactif liquide.

-achever de rompre, partiellement du moins, les structures cellulosiques par action de la pression, soit mécanique (agglomération), soit purement physique (injection de vapeur haute pression). La pression a un rôle de répartition complémentaire du réactif entre les particules solides.

-favoriser la réaction chimique, d'hydrolyse par le choix et la quantité de réactifs, leur concentration en milieux aqueux et l'apport de calories. Cet apport de calories est facultatif dans certains procédés mais le plus souvent est réalisable lors de l'action de la pression.

Pour atteindre les différents objectifs assignés, de nombreux traitements ont été envisagés et notamment les traitements

./.

physiques, chimiques et biologiques que nous examinerons.

## II. TRAITEMENTS PHYSIQUES DES PAILLES

Les traitements physiques consistent à réduire la dimension des particules de pailles ou à modifier leur structure, afin d'augmenter la surface de contact avec les enzymes et les micro-organismes de la digestion. Ceci entraîne un accroissement de la digestibilité et de l'ingestion des pailles. On dispose à cet effet des méthodes suivantes :

- Broyage -hachage, -agglomération
- Vapeur sous-pression.

### II.1. BROYAGE - HACHAGE -AGGLOMERATION.

(8) (13) (20) (27) (28) (34)

La réduction de la taille, des particules des fourrages pourra être faite à différents degrés. Un simple hachage donnera des brins d'environ 10 cm de longueur alors que le broyage donnera des particules plus fines de l'ordre de 0,8 cm de long. Au dessous de ces dimensions on risque de créer des troubles digestifs graves chez l'animal ; notamment chez la vache laitière, le broyage très fin des aliments de la ration entraîne une chute du taux butyreux du lait. Entre les deux valeurs (0,8 à 10 cm) toutes les finesses de broyage seront possibles.

L'effet du broyage est très important sur l'ingestibilité des pailles. Le broyage des fourrages entrainerait une augmentation de la consommation et du gain de poids. Cet effet est d'autant plus sensible que le fourrage est grossier et de faible digestibilité. Pour certains auteurs, le broyage n'influe pas sur la digestibilité mais faciliterait le transit et augmenterait la valeur énergétique nette de la paille et ceci est prononcée quand le fourrage est pauvre. Pour d'autres par contre, le broyage réduirait la digestibilité.



Selon les études de Greenhalg et WAINMAN, 1972, cité par JACKSON (27), le broyage n'entraîne pas d'augmentation supérieure à 30 p.100 de l'ingestion de matière organique. Le broyage aurait un effet encore moins sensible, voire nul, quand la paille constitue au plus 50 p.100 de la ration

Quand le CUD\* est supérieur à 65 p.100 l'ingestion de fourrage n'est pas liée au volume des aliments. Par contre lorsqu'il est inférieur à 65 p.100 le volume devient un facteur important mais qu'on peut contourner en broyant les aliments. Le broyage entraîne les phénomènes suivants :

- Réduction de la durée de passage des particules dans le rumen. JOURNET et DEMARQUILLY cités par GIPOULOU (20) ont établi que le temps de séjour du foin condensé dans le tube digestif n'est que de 58 p.100 du temps de séjour moyen du foin long. Or lorsque la vitesse de transit augmente, la digestibilité diminue (cf. Schéma I page. 33 ).

- Augmentation de la densité des aliments et par conséquent du taux de fermentation dans le rumen et la capacité effective de l'animal.

Autant le broyage réduit la durée du transit des aliments, autant il raccourcit l'exposition de ces derniers à la microflore du rumen et aux enzymes de la digestion et donc abaisse quelque peu le C.U.D. Mais fort heureusement, cette perte est plus que compensée par l'accroissement quotidien de la fraction d'énergie digestible.

L'agglomération des particules pourra être réalisée suivant trois modalités : Tableau 1 page.

- directement dans une presse à filières. On obtient alors des fourrages compactés ou "cobs".

---

\*C.U.D. Coefficient d'utilisation digestive.

- directement dans une presse à piston ce qui donne des fourrages comprimés ou "Wafers".

- Après broyage ou passage dans la presse à filières : fourrages condensés ou pellets.

: Nature de : usage ou non : Terminologie française : Terminologie anglo-saxonne : Forme du produit aggloméré :
: Presse à matrice couronne : oui : Produit condensé : Pellets : Bouchons ou granulés : Ø 3 mm :
: ou : : : : : :
: matrice : non : Produit compacté : Cobs : Ø 8 à 16 mm :
: plateau : : : : : :
: Presse à : non : Produit comprimé : : Galettes de : Ø 60 mm :
: Piston : : : : : :
: Presse à : : Briquettes : : Rectangles : de section : 30mm / 40mm :
: compression : non : (hachés) : Wafers : : : :
: variable : : : : : :
: : : : : :
: : : : : :

TABLEAU 1 CLASSIFICATION DES FOURRAGES AGGLOMÉRÉS

SOURCE : 13

Ces traitements aboutissent à des modifications affectant :

- La composition chimique du fourrage

Ceci est imputable à l'élévation de la température au cours des différentes opérations, laquelle est plus importante avec les fourrages pauvres selon MELCION (34).

../. .

La température atteinte lors du broyage est de l'ordre de 65°C tandis qu'elle s'élève à 140°C au cours de l'agglomération à sec.

- Les quantités ingérées

De nombreux travaux, ont montré que les traitements mécaniques augmentent les quantités ingérées de 1,73 fois dans le cas d'un foin de bonne qualité et de 4 fois dans le cas d'un mauvais foin par rapport au même foin.

Les traitements mécaniques peuvent être associés aux traitements chimiques dans le but de concilier les avantages de ces deux types d'opérations. D'ailleurs Holzer et al. 1972, cités par DIA (13) affirment que, indépendamment de tout traitement par les alcalis, un broyage plus ou moins poussé des pailles de blé incorporées jusqu'à 45 p.100 dans une ration, n'entraîne pas de modification significative des performances de bovins à l'engrais (cf. tableau 2 page.33.) or l'expérience de FERNANDEZ CARMONA et GREEN HALGH 1972 citée par JACKSON (27), révèle l'effet complémentaire des deux opérations (tableau 3 page 36 ). Dans l'association de ces deux méthodes il s'agira d'assurer un contact, le meilleur possible entre un solide grossier et un liquide.

Le broyage et l'agglomération ont une incidence sur la santé des animaux. En effet ces deux opérations déterminent chez les ruminants une grande variété de lésions du rumen décrites par de nombreux auteurs sous le nom de parakérose ou de ruménite; on a en outre d'autres processus pathologiques résultant de l'utilisation de ces aliments broyés et agglomérés à savoir, la météorisation, les indigestions lactiques et les calculs urinaires (cf. Schéma II page.35.)

Les circonstances et conditions d'apparition des lésions sont liées à plusieurs facteurs où l'on note entre autre : la finesse de broyage, la composition de la ration et la présence ou l'absence de litière. Les lésions apparaissent en quelques jours ou

Finesse du broyage	Grille de 6mm X 1,4 mm	Grille de 12mm X 1,6mm	Signification statistique
GMQ (Gain moyen quotidien)	1.029	1.012	NS
MG carcasse % (Matière grasse)	2,88	2,94	NS
Rapport acétique/propionique	2,41	2,46	NS

TABLEAU n°2 : FINE S S E DE BRO Y A G E D E S P A I L L E S E T P E R F O R M A N C E D E S B O V I N S A L ' E N G R A I S

S O U R C E : 27

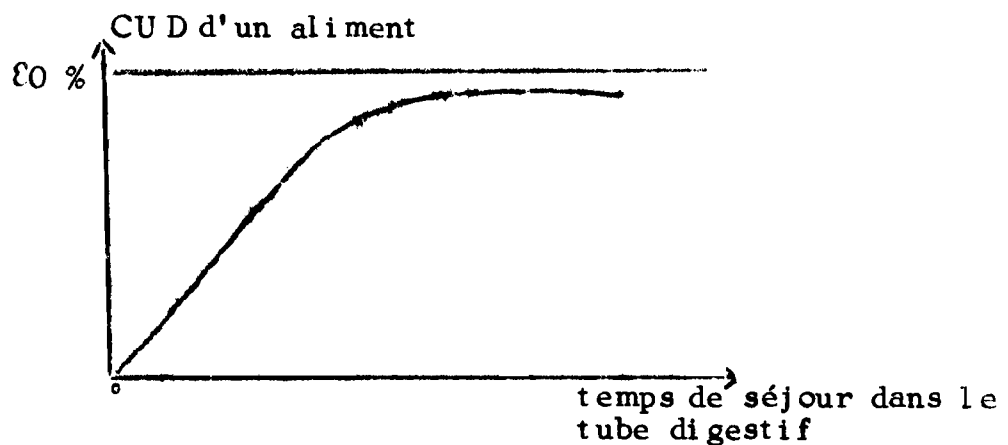


Schéma I: Relation entre CU D d'un aliment et sa vitesse de transit dans le tube digestif

(Source 20).

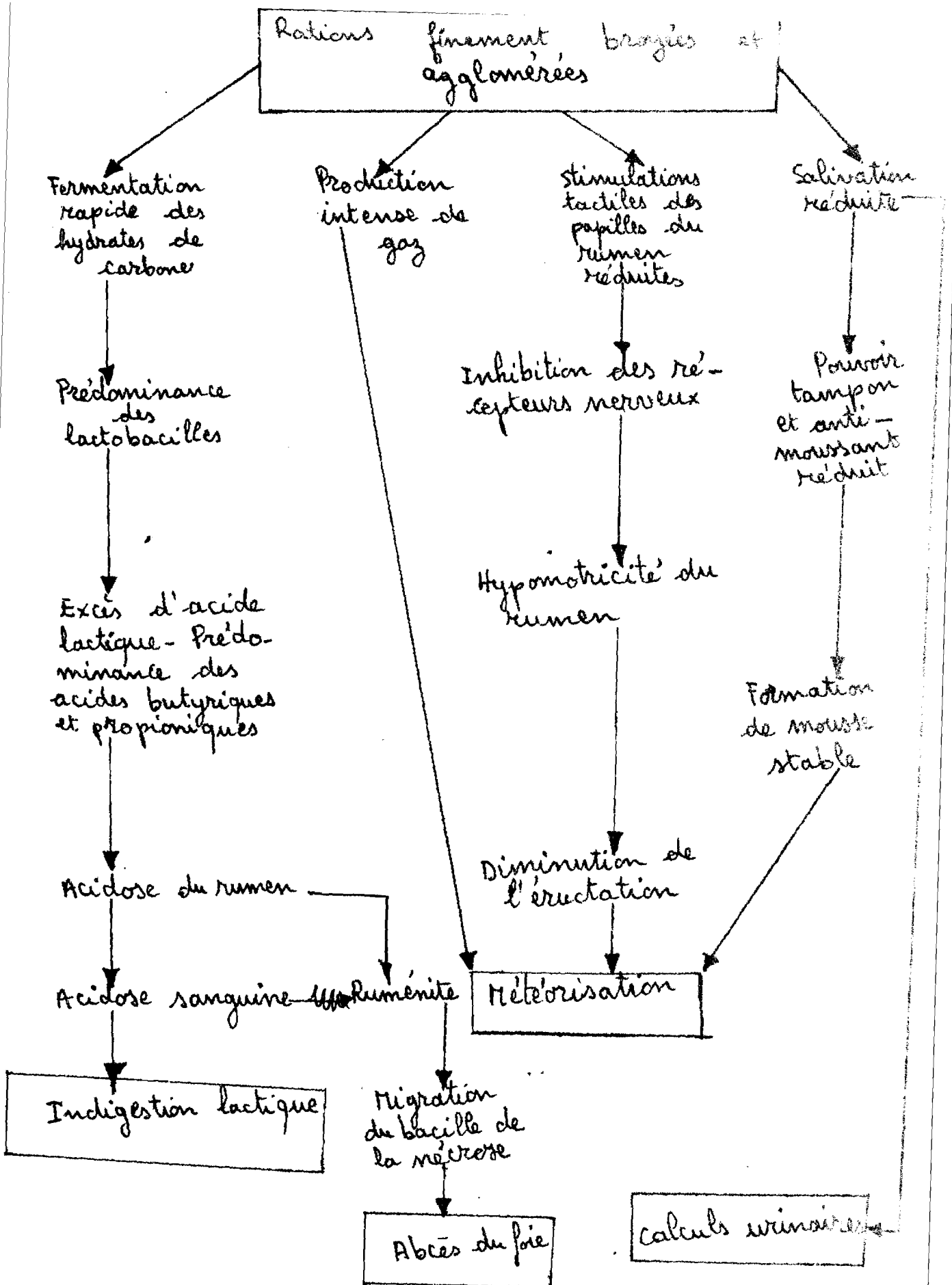
quelques semaines ; mais pour WIESER cité par GIPOULOU (20) tous les types de lésions apparaissent en 2<sup>e</sup> semaines. Signalons que ce facteur est négligeable si on se place dans le contexte d'une embouche intensive rapide, d'ailleurs, la fréquence, le nombre et la sévérité des lésions sont variables.

En conclusion il paraît indéniable que tout traitement industriel de sous-produits ligno-cellulosiques, doit comporter une réduction de taille des particules, de manière à faciliter les manipulations de produits volumineux, tels les fourrages et leur passage éventuel dans les appareils de mélange et d'agglomération. De plus, le broyage augmente la consommation volontaire de la paille et donc l'ingestion d'énergie digestible pouvant atteindre 30 p.100. Le traitement physique associé au traitement chimique ont un léger effet cumulatif mais à l'heure actuelle les connaissances sont assez sommaires à cet effet.

Enfin, le broyage et l'agglomération des aliments peuvent entraîner des lésions du rumen, des abcès hépatiques, des météorisations chroniques (gazeuses ou spumeuses) et des calculs urinaires. L'incidence économique de ces affections est faible et les mortalités sont rares. Toutefois, les mesures prophylactiques sont simples et facilement réalisables ; elles se résument en une distribution en faible quantité de paille entière (20)

<u>Paille Hachée</u>	<u>paille non traitée</u>	<u>paille traitée</u>
. CUD de la MO (%)	45	61
. Quantité de MS ingérée (g/kg p.0,75)	27	48
. Quantité d'énergie digestible ingérée (kcal/kg p.0,75)	46	114

./.



- (1) Météorisation gazeuse.
- (2) Météorisation spumeuse.

Schema II: Principaux processus pathologiques résultant du broyage et de l'agglomération des aliments.  
 source: 20

<u>Paille broyée</u>	<u>paille non traitée</u>	<u>paille traitée</u>
. CUD de la MO %	45	64
. Quantité de MS ingérée (g/kg p. 0,75)	36	54
. Quantité d'énergie digestible ingérée (kcal/kg p.0,75)	60	132

TABLEAU 3 : Effet du broyage et du traitement de la paille d'orge aux alcalis sur la digestibilité (CUD) et l'ingestion de la ration par des moutons.

Source : 27

## II.2. : UTILISATION VAPEUR-PRESSION

Dès 1930, MONGOLD signale l'influence bénéfique de la cuisson de la paille à l'autoclave sur la valeur alimentaire. L'action est physique et se résume en un gonflement des fibres ce qui favorise l'action des enzymes microbiens à l'intérieur. C'est une méthode difficile à mettre en oeuvre mais augmente le CUD, ce fait a été confirmé avec la bagasse traitée à la vapeur sous-pression. A priori il s'agira de rompre partiellement les structures cellulosiques par action de la pression, soit mécanique (agglomération), soit purement physique (injection de vapeur haute-pression).

DONEFER et PATHIRANA 1976 cités par M.G. JACKSON (27) ont traité des échantillons de bagasse à 4 p.100 de soude (NAOH) ou en autoclave (8 kg/cm<sup>2</sup> à 170°C et ont constaté une augmentation de la digestibilité in vitro de la cellulose de 15 et 17 points respectivement avec un CUD initial de 25 p.100. En outre ils ont observé qu'une température et une pression plus élevées ont entraîné une augmentation du CUD plus accentuée. Concernant la paille de graminée, un traitement sous pression (30 kg/cm<sup>2</sup>) a permis de constater une augmentation de 20 points

de la digestibilité in vitro.

La mise en oeuvre du traitement à la vapeur-pression est la suivante : la paille est tout d'abord broyée, après addition éventuelle d'une base concentrée lors du broyage, puis soumise à des pressions de vapeur très élevées (20 à 40 bars) correspondant à des températures élevées (250 à 400 bars) durant des temps très courts (10 à 20 secondes). Le produit est envoyé en décompression, dans le but d'éliminer la vapeur d'eau en excès, de même qu'une partie des produits volatils (5 à 15 p.100 de la MS traitée) (cf. Schéma II page. 35 ).

La vapeur à haute pression peut être appliquée au substrat cellulosique avec ou sans intervention de soude ou d'ammoniaque. L'efficacité du traitement est nettement supérieure en présence d'alcalis, en particulier la soude. L'association du traitement aux alcalis et, de la vapeur sous pression a donné des résultats très probants ; la preuve est que, l'apport de 3 g de soude pour 100 g de paille avant le traitement sous pression, a permis une augmentation de 40 points par rapport au CUD initial (27). Ceci s'explique par le fait que la pression joue un rôle de répartition complémentaire du réactif alcalin entre les particules solides, d'où l'efficacité de l'association sur le C.U.D.

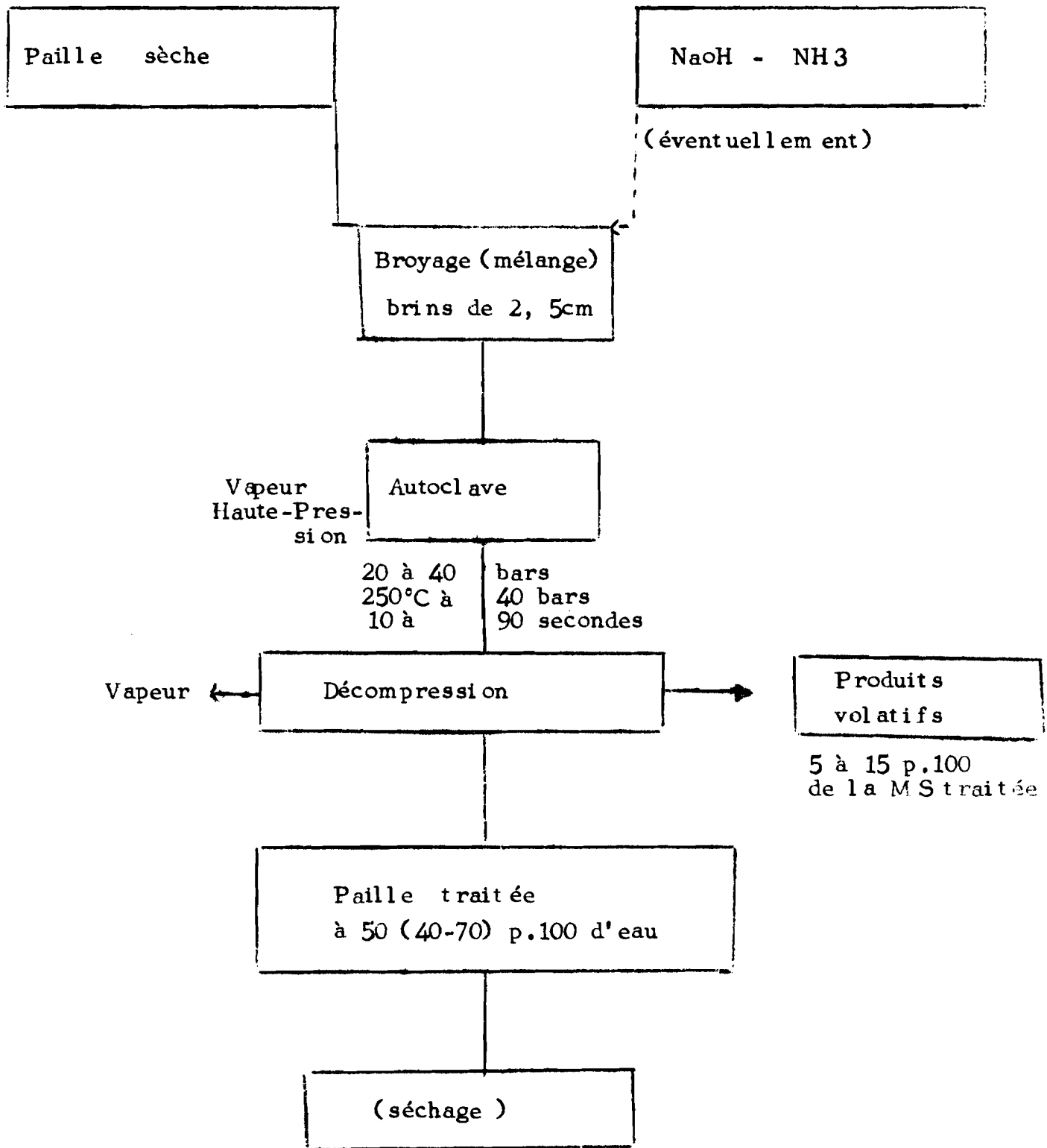
La perte de 5 à 15 p.100 de la matière sèche, de même que l'impossibilité de conservation prolongée du produit traité (humidité) constituent les inconvénients majeurs. Il faut enfin signaler le coût relativement élevé pour les petites et moyennes exploitations, compte tenu de l'usage de l'autoclave qui nécessite de l'énergie pour son fonctionnement, sans compter son prix d'achat.

### II.3. TRAITEMENT PAR LES RAYONNEMENTS IONISANTS

PRITCHARD, PIGDEN et MINSON, 1962, cités par JOUANY  
(30)

./.





Shéma III. : Mise en oeuvre du traitement de la paille par la vapeur Haute-Pression.

Source: 34.

ont montré qu'un bombardement de la paille par des électrons à très grande vitesse accroissait sa digestibilité "in vitro". Les valeurs les plus élevées sont obtenues à partir des doses de  $10^8$  à  $2,5 \times 10^8$  rads, ce qui correspond à des radiations élevées. L'utilisation du rayon gamma est également possible. L'effet des radiations est double :

- Solubilisent une partie de la matière sèche.
- Facilitent l'attaque des micro-organismes du rumen en modifiant les structures physiques des fibres.

L'effet du broyage est supérieur à l'effet des rayons quelque soit l'intensité du traitement sur des pailles de riz et de blé (30).

Le traitement par les rayonnements ionisants se révèle très onéreux et à ce titre pas du tout intéressant ; c'est donc une méthode non envisageable dans un avenir proche. Surtout que dans la plupart de nos pays la radiothérapie n'arrive pas à satisfaire les besoins humains.

### III. TRAITEMENTS CHIMIQUES

L'objectif essentiel de ces traitements est de procéder à une délignification des pailles car la délignification entraîne une meilleure digestion de la cellulose.

On aboutit ainsi à la valorisation de ces pailles car le CUD s'en trouve augmenté. On fait appel aux alcalis (NaOH soude,  $NH_3$  ammoniac,  $Ca(OH)_2$  chaux...), aux acides et à d'autres produits chimiques tel le chlore. L'utilisation des alcalis connaît deux grands procédés de traitement dont le plus ancien est le procédé humide et un deuxième qui est le procédé sec que nous envisagerons.

./.

### III.1. LE PROCÉDE HUMIDE

Il comporte deux variantes essentielles : la méthode humide discontinue et la méthode continue.

#### III.1.1. Méthodes de BECKMANN ou discontinue

Dès le début de ce siècle en Allemagne, KELLNER, HENNEBERG et LEHMAN cités par JOUANY (30) utilisaient déjà les alcalis pour le traitement des pailles. Ils signalent ainsi, que la digestibilité de la paille de seigle passe de 42 p.100 à 60p.100 lorsqu'elle est trempée pendant plusieurs heures dans un bain de soude à 2.p.100, puis lavée et séchée à l'air libre. De la même façon, le CUD de la même paille est de l'ordre de 90p.100 lorsqu'elle est traitée par une solution de soude concentrée et blanchie au chlore.

Ces travaux anciens ont été repris par BECKMANN durant la 2<sup>e</sup> guerre mondiale. Ils consistent en un trempage de la paille hachée ou en balles, dans une solution à 1,5 p.100 de NaOH à température ambiante durant 4 à 24 heures. Le liquide est ensuite drainé et la paille rincée pour éliminer l'excès d'alcalis (cf. Schéma IV page 41)

L'échelle d'exploitation et le degré de mécanisation du procédé BECKMANN sont très variables mais un fait commun est que toutes les exploitations utilisent deux cuves. Selon M.G. JACKSON (27) la paille à traiter est plongée dans une solution de soude à 1,5 p.100 pendant un délai variant de 18 à 20 heures. Un volume de 8 à 10 litres de solution est nécessaire par kilogramme de matière sèche. Après le transfert de la solution de soude dans la deuxième cuve on procède au lavage de la paille pendant 18 à 20 heures. Le produit obtenu est prêt à être distribuer aux animaux.

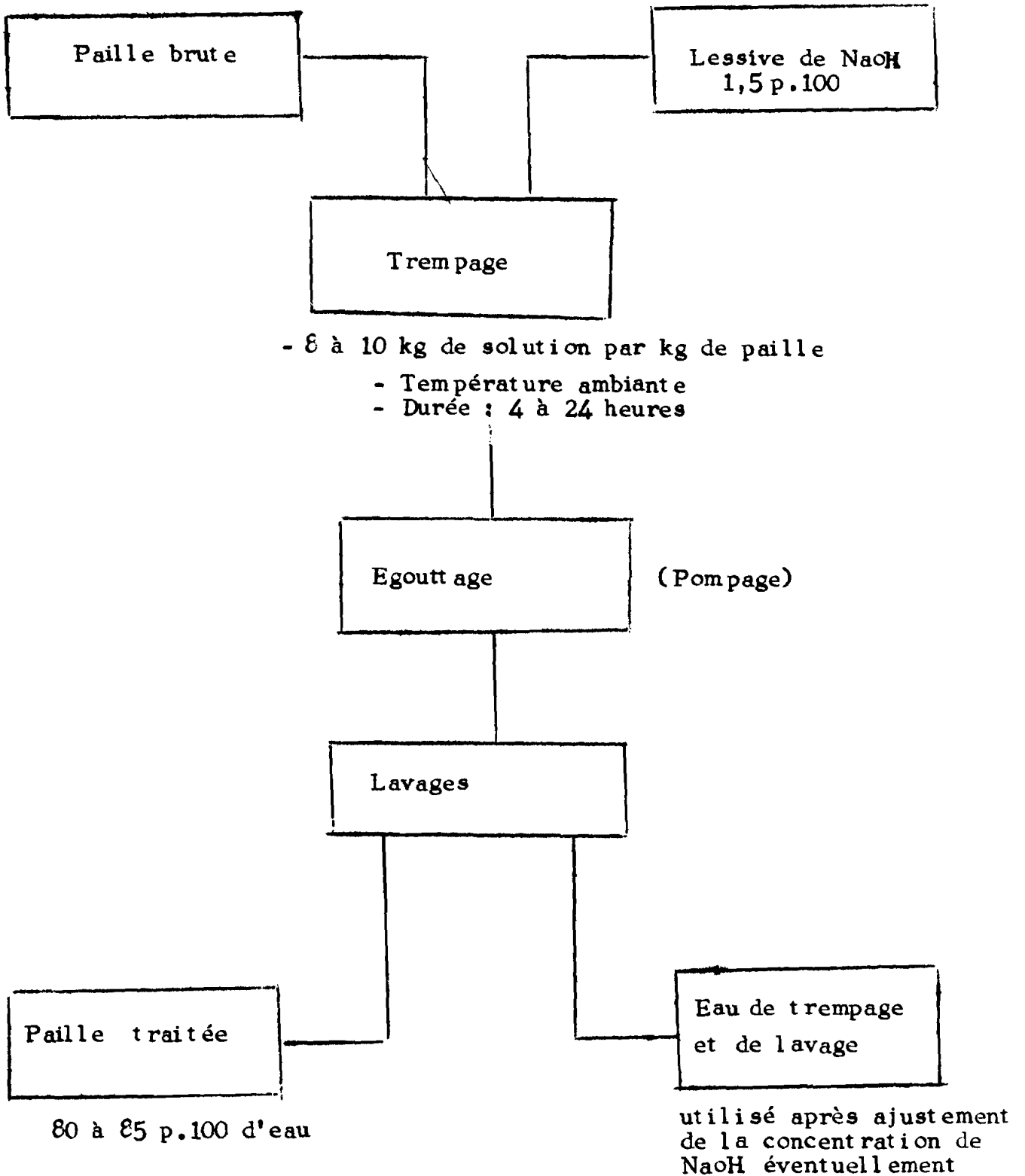


Schéma IV : Procédé humide (discontinu)

Source : 34

Dans le souci d'économiser l'alcali on procède à une récupération de la solution de soude utilisée. De ce fait, on reconstitue le volume de la lessive de soude en employant les premières eaux de lavage de la solution récupérée de la première cuve. En effet, la soude utilisée est récupérée en presque totalité sauf 6 kg par 100 kg de paille traitée à chaque traitement et cela indépendamment de la quantité d'alcali utilisée dans la solution de traitement.

Le hachage ou le broyage n'est pas nécessaire tant pour le traitement que la consommation, car les pailles longues sont plus faciles à manipuler que les pailles hachées ou broyées. Sur le plan technologique la méthode BECKMANN est très variable, allant de la méthode la plus rustique (manuelle) à la plus évoluée (mécanisée). Au terme du traitement, on obtient une paille molle (noeuds souples) contenant environ 20 p.100 de matière sèche, la teneur en sodium varie de 0,5 à 0,8 p.100 de la MS qui subit une perte de 20 à 25 kg par 100 kg de matière initiale à traiter.

L'efficacité du traitement dépend de plusieurs paramètres, la température, la durée du traitement, la pression et la quantité d'alcali. Du point de vue quantité d'alcali une proportion de 12 kg de soude pour 100 kg de paille semble être approximativement la dose maximale pour obtenir une digestibilité optimale de la paille (cf. tableau 4 ci-dessous).

:	:	CUD de la MO %
:. Paille non traitée	:	46
:. Paille traitée, 2kg de HaoH/100 kg	:	46
:. Paille traitée, 4kg de HaoH/100 kg	:	50
:. " " , 6kg de HaoH/100 kg	:	61
:. " " , 8 kg " "	:	66
:. " " , 10 kg " "	:	66
:. " " , 12 kg " "	:	71

TABLEAU n° 4 EFFET DE LA QUANTITE DE HaoH UTILISEE SUR LA DIGESTIBILITE DE LA PAILLE TRAITEE PAR LA METHODE BECKMANN (27)

Mais en Norvège des coopératives utilisent jusqu'à 20 kg et plus de NaOH par 100 kg de paille. En fait la quantité exacte d'alcali est fonction de la durée du trempage de la paille, de la température ambiante et de la nature du matériau de départ (cf. tableaux 5,6 ci-dessous)

:	:	CUD de la MO %
:. Paille non traitée	:	46
:. Paille traitée pendant 1,5 h	:	59
:. " " " 3 h	:	68
:. " " " 6 h	:	70
:. " " " 12 h	:	71
:. " " " 3 jours	:	73

TABLEAU 5 : EFFET DE LA DUREE DU TREMPAGE SUR LE CUD DE LA PAILLE TRAITEE PAR LA METHODE BECKMANN.

Température en (degrès)	Coefficient de digestibilité (%)	
	cellulose brute	Equivalent cellulose net
0	69	50
7	73	49
30-40	74	56

**TAB LEAU N° 6** EFFET DE LA TEMPERATURE AMBIANTE SUR LA DIGESTIBILITE DE LA PAILLE TRAITEE PAR LA METHODE BECKMANN

Sources: 27

Nous pensons que l'optimum de ces paramètres se situerait entre 4 et 8 kg de NaOH pour 100 kg de paille en ce qui concerne la concentration en alcali, 3 et 12 h pour ce qui est de la durée et de 7°C à 40°C s'agissant de la température.

La digestibilité peut augmenter d'avantage si la solution de trempage subit une ébullition, mais cette pratique se révèle onéreuse. Des comparaisons entre l'utilisation de NaOH et CaOH<sub>2</sub> ont été effectuées et ont montré l'efficacité du premier par rapport au second ; ceci tient certainement à la faible solubilité du calcium dans l'eau et ce fait est corroboré par le tableau 7 suivant :

	Tige de maïs		Tige de sorgho	
	Cellulose brute	E.C.N.*	Cellulose brute	E.C.N.
Sans traitement	52	59	50	51
Ca OH <sub>2</sub>	77	65	84	59
NaOH	92	61	94	59

**TAB LEAU n° 7** COMPARAISON ENTRE N<sub>aoH</sub> et Ca<sub>o</sub> H<sub>2</sub>

Source : 27

\*E.C.N. : Equivalent cellulose net.

Au terme du traitement il apparaît que la méthode BECKMANN donne un produit à haute digestibilité (14 à 17 points en plus) avec une augmentation de la consommation. Mais, il faut une forte quantité d'eau, on enregistre des pertes de matières sèches très élevées ; en outre, il faut un traitement quotidien de la paille. Le traitement engendre enfin des problèmes de pollution assez importants. C'est pour pallier tous ces inconvénients qu'on a mis au point une méthode de traitement discontinu que l'on envisagera.

### III.1.2. Méthode continue ou BECKMANN modifiée

En vue de limiter les pertes en NaOH, et la pollution engendrée par la méthode BECKMANN, on a développé un procédé humide continu ou méthode de BECKMANN modifiée en palliatif aux différents inconvénients de la méthode précédente.

La paille est tout d'abord hachée dans un broyeur, mise en contact d'une lessive de NaOH à 50 p.100. Le temps de contact est de 15 à 30 minutes et la température du bain varie entre 80 et 100°C. Après trempage la liqueur est séparée de la paille avant d'être recyclée (13 litres/minute) (cf. Schéma V page. 46). La paille humide (67 p.100 d'eau) est soit séchée soit distribuée directement aux animaux (34). Dans ces conditions les pertes de matières sèches sont pratiquement nulles.

On propose un circuit clos dans lequel le volume d'eau ajouté est égal aux quantités retenues par la paille traitée. Ce procédé peut être conduit avec ou sans mécanisation.

#### • Petite échelle sans mécanisation (27)

Cette méthode nécessite l'utilisation de trois cuves, chacune étant munie d'un égouttoir (cf. Schéma VI page 47).

- La cuve A contient 1 000 litres d'une solution de NaOH à 1,5 p.100 où trempent 100 kg de paille.

./.



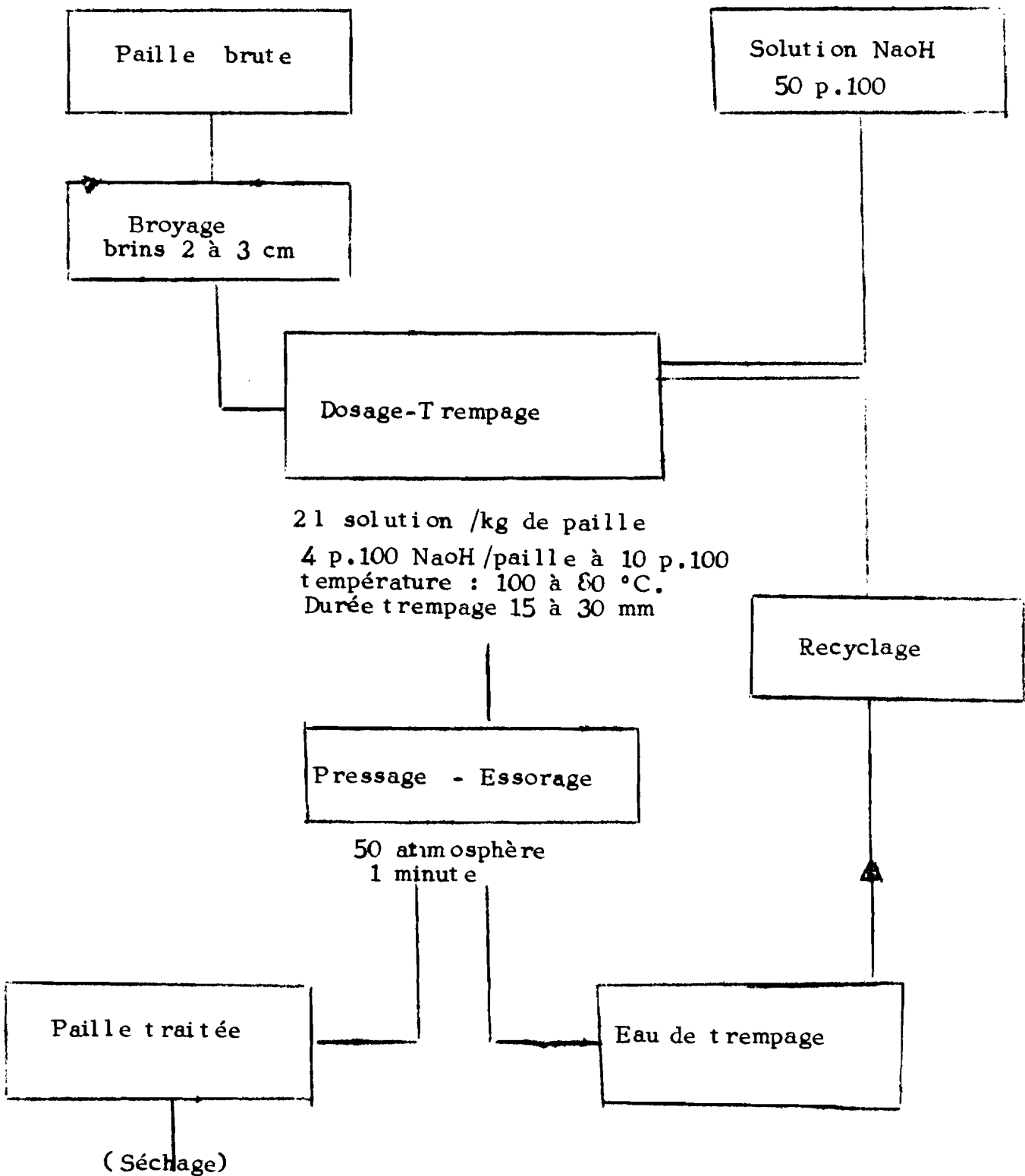
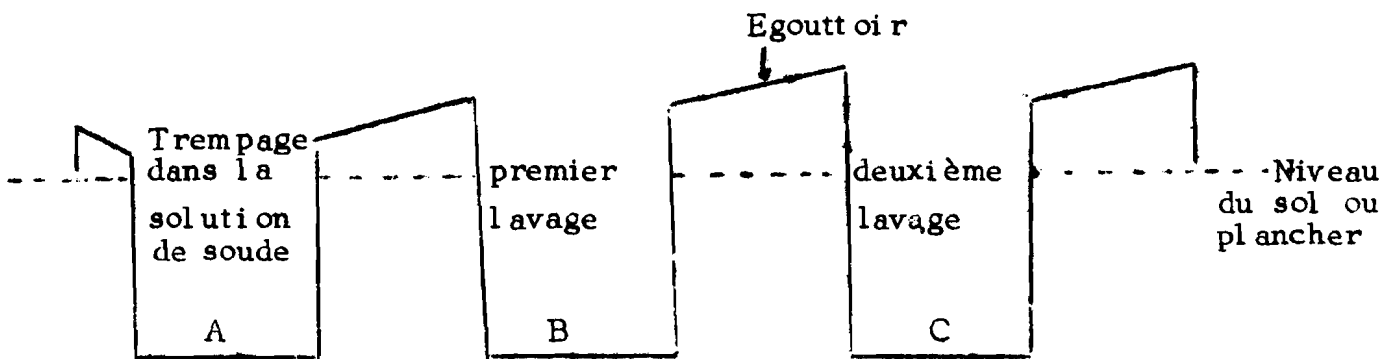
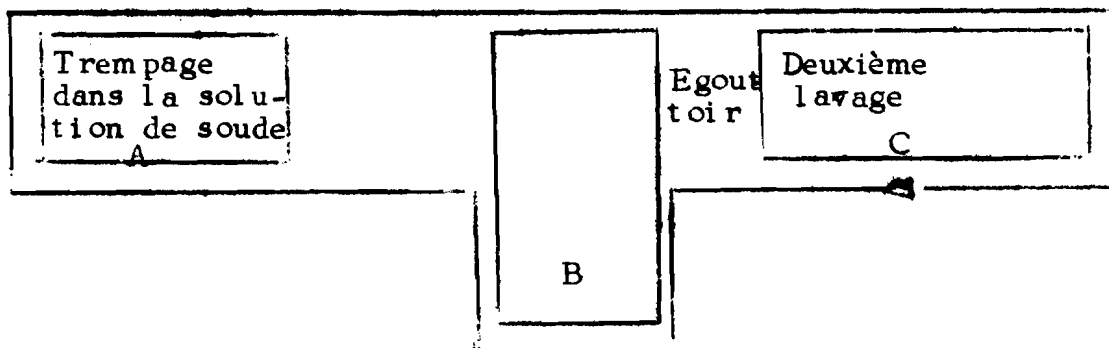


Schéma V : Procédé humide (continu)  
Source 34.



VUE LATÉRALE



PROJECTION

Schéma VI. Méthode non mécanisée de TORGRMSBY

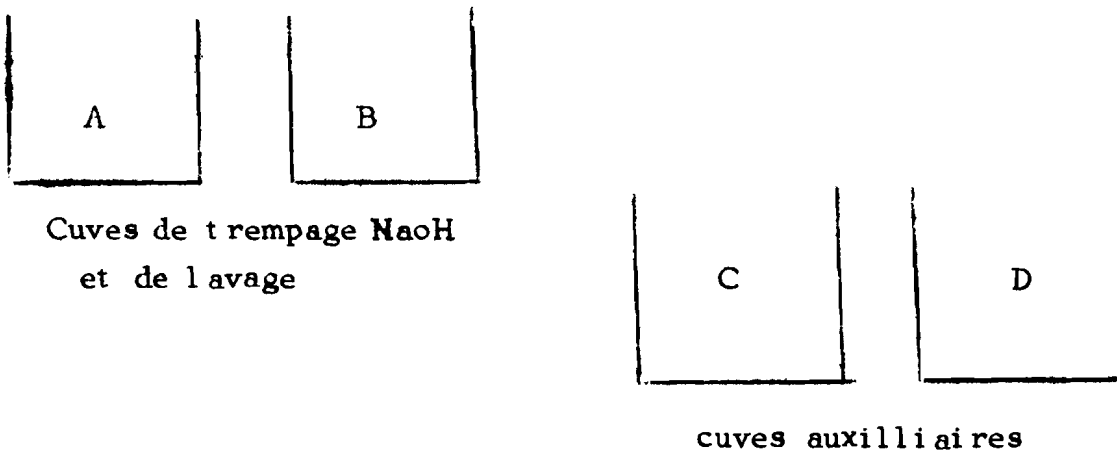


Schéma VII. Méthode TORGRMSBY mécanisée

Sources : 27

- La cuve B contient 2000 litres d'eau c'est la première cuve de lavage.

- La cuve C contient 1 000 litres d'eau c'est la deuxième cuve de lavage.

Le réservoir B est deux fois plus long que les cuves A et C ; chaque cuve comporte du même côté une planche d'égouttage inclinée. De nombreux schémas de traitement sont possibles mais nous retenons les caractéristiques essentielles suivantes :

- le trappage pendant 19 heures dans une solution contenant 15 kg de NaOH/100 kg paille
- l'alcali entraîné par le lavage de la paille traitée dans la cuve B réagit avec la paille et réalise un pré-traitement, on a en même temps une évacuation de l'excès de soude dans la paille traitée.
- On procède à un dernier lavage avec 300 litres d'eau

La perte totale du système se réduit à 300 litres d'eau et à environ 4 kg de NaOH pour 100 kg de paille par jour. On ajuste quotidiennement, les quantités d'eau et de NaOH perdues. Le fonctionnement de ce procédé est réalisé dans le cas d'une petite exploitation sans mécanisation. Néanmoins il peut être mécanisé c'est le cas de l'usine pilote de l'université de Norvège.

#### . Procédé mécanisé à l'usine (27)

Une des possibilités de cette méthode, consiste en l'utilisation de quatre cuves se répartissant comme suit :

- deux cuves de traitement
- deux cuves auxiliaires.

Le substrat séjourne dans les deux cuves de traitement pendant le temps nécessaire. L'eau de lavage et la solution de traitement peuvent communiquer d'un réservoir à l'autre soit par gravité ou pompage (1 000 litres de solution de soude à 1,5 p.100

par 100 kg de paille ; deux lots d'eau de lavage à raison de 10 litres pour 1 kg de paille).

Voici un exemple de succession des opérations de ce procédé (Schéma VII page...47...).

07 heures : La paille baigne dans une solution de traitement de la cuve A depuis la veille. L'eau de lavage I est dans la cuve B tandis que l'eau de lavage II est dans la cuve D. Quant à la cuve C (vide) elle recevra la solution de traitement A.

08 heures : De la nouvelle paille est placée dans B. L'eau de lavage issue de B est pompée dans A contenant la paille traitée puis enfin ramenée en B.

12 heures : Quatre heures après l'opération précédente, l'eau de lavage I est maintenant dans B tandis que l'eau de lavage II est pompée de D en A. L'eau de lavage I s'écoule de B en D. La solution de traitement est transférée de C en D par pompage et la concentration de soude est ajustée par addition de NaOH.

15 heures : 3 heures plus tard, l'eau de lavage II auparavant en A s'écoule en partie en D pour reconstituer le volume de l'eau de lavage I, le surplus passe en C. Une autre quantité d'eau suffisant à reconstituer le volume de lavage II est versée sur la paille traitée de A et passe dans C. On obtient enfin de la paille traitée et lavée dans A prêt à être livré aux animaux.

07 heures : (Lendemain) on se retrouve à la position de départ et la paille trempe dans la solution

./.

de traitement B. L'eau de lavage I est dans D et l'eau de lavage II est dans C. La cuve A est vide. Les opérations commencent par le transfert des eaux de lavage I de D en A et par passage de la solution de traitement de B en D. On place de la paille en A et les opérations de la veille continuent.

La méthode BECKMANN modifiée aboutit à une paille contenant une quantité de sodium équivalente à 2 p.100 de la MS alors que la teneur même en MS Du produit obtenu est de 20 p.100. Du point de vue digestibilité on a une augmentation de 38 à 70 points "in vitro". On a donc les mêmes avantages que la méthode BECKMANN mais l'inconvénient majeure réside dans le fait que l'évacuation de l'excès d'alcali n'est pas satisfaisante.

### III.1.3. Technique d'aspersion

La technique d'aspersion, est une variante du procédé humide réalisé dans des conditions bien précises et voit l'utilisation de l'ammoniaque et de la soude et même l'emploi de solution acide.

#### . Ammoniation (34) (11) (9)

Il s'agit d'ajouter à la paille une solution d'ammoniacale 15 N à raison de 4 à 7 p.100 de NH<sub>3</sub> par rapport à la paille. On réalise pour ce faire une aspersion sur la paille entassée dans une enceinte étanche (silo) ; l'ensemble est recouvert d'une enveloppe étanche. Le traitement prend fin au bout d'un mois. On défait l'emballage et l'ammoniac s'échappe c'est le surplus n'ayant pas participé à la réaction (cf. Schéma VIII page.52).°.

Ce procédé bien que simple présente un risque de surdosage surtout à la partie supérieure du silo, de plus on a une grande humidité de la paille traitée. Le traitement à l'ammoniac

./.

concentrée apporte en général les mêmes résultats que ceux observés avec la soude diluée. La lignine est en partie dégradée ainsi qu'une fraction des hémicelluloses et surtout des xylanes. Le taux de cellulose lui par contre est peu affecté. Des expériences d'alimentation d'animaux ont permis d'apprécier l'effet du traitement de la paille à l'ammoniacale qui est de loin supérieur à la paille non traitée.

. Aspersion à la soude Méthode de BOLIDEN (27)

Procédé conçu en Suède dont le matériel comprend : (cf. Schéma IX page 52).

- Une rampe d'aspersion
- une cuve de traitement
- une trémie
- une pompe.

Le traitement consiste, en une aspersion dans un premier temps, d'une solution alcaline puis d'une solution acide ( $\text{HCl}$  et  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) ceci dans le but de neutraliser l'alcali.

Une solution de  $\text{NaOH}$  (4,5 kg par 100 kg de paille) ou 22,5kg de  $\text{CaOH}_2$  en suspension dans l'eau est aspergée par pompe dans une trémie située sous la cuve de traitement. L'eau est ensuite envoyée puis pompée et déversée sur la paille par la rampe d'aspersion. Le débit de l'eau est contrôlé grâce à une jauge associée à la trémie. Au bout d'une heure et demie, la paille est saturée, l'excès de solution passe dans la trémie pour être recyclé.

L'université agricole de Norvège est dotée d'une unité permettant de traiter 500 kg de paille par jour. La paille obtenue ressemble à la paille traitée par trempage car elle est saturée de solution. Sur le plan chimique elle est comparable à la paille traitée par voie sèche et neutralisée aux acides minéraux.

Le traitement par aspersion est très onéreux ; ceci est un frein à sa réalisation pratique, et à sa vulgarisation.

... mais une réalisation plus rustique serait peut être possible. L'utilisation de l'ammoniacale entraîne la formation

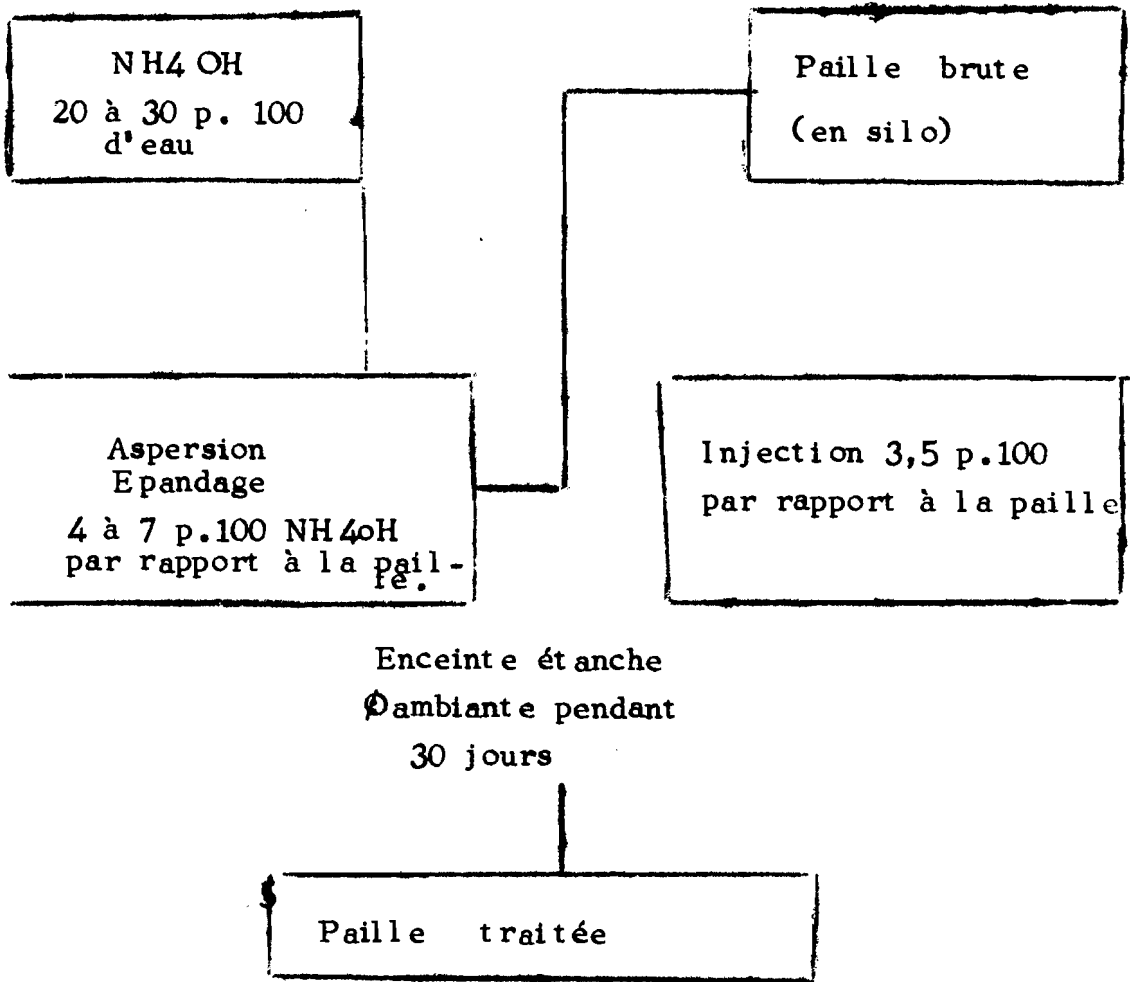


Schéma VIII : AMMONIATION EN PLACE.

Source : 34

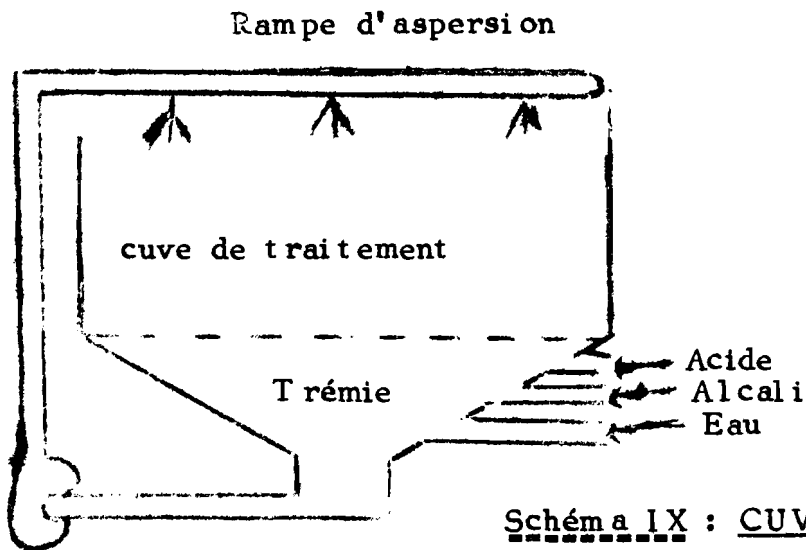


Schéma IX : CUVE DE TRAITEMENT DE LA PAILLE PAR LA METHODE

BOLIDEN Source : 27.

d'ammonium et d'amides qui peuvent être utilisés par le ruminant comme source d'azote non protéique. Cela est très important puisque la paille a une teneur en matières azotées très faible voire nulle (23).

### III.2. LE PROCÉDE "SEC" : PULVERISATION

#### . Traitement par la soude

Conçu par les canadiens WILSON et PIGDEN 1964 et développé surtout au Danemark ce procédé est typiquement industriel. On utilise une petite quantité d'une lessive de soude (30 ml de solution pour 100 g de substrat) qui est pulvérisée sur la paille hachée. Cette méthode évite et exclut le lavage nécessaire en fin de traitement. La paille est laissée à l'air libre pendant quelques jours puis distribuée soit directement soit après neutralisation par des acides minéraux (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>...) ou par des acides organiques (acide lactique...)

Le mélassage est facultatif. On procède à une agglomération et on additionne éventuellement un composé azoté et minéral.

On enregistre une augmentation de la digestibilité de 20 à 30 p.100 "in vitro" et de 15 à 20 p.100 "in vivo". Ce procédé évite l'emploi de grandes quantités d'eau et limite les pertes de composés solubles. Enfin, le procédé "sec" utilisant la soude caustique (NaOH), augmente le C.U.D. de la MS de la paille et même du bois.

#### . Traitement par l'ammoniac (27)(10)(9)

Dans cette méthode on procède au traitement de la paille mise en tas sur une feuille de polyéthylène (0,2 m d'épaisseur et 6m X 6m) au sol sur terrain ouvert. On utilise une bâche de 12m X 12m pour couvrir la meule. On veille à ce que l'étanchéité de l'installation soit absolue.



Pour le traitement, on utilise 5 p.100 d'ammoniac par rapport à la MS. L'ammoniac sous pression est injecté à l'aide d'un tuyau métallique perforé, enfoncé dans la meule de paille, de façon à ce que le gaz diffuse dans toute la meule. La durée d'incubation du tas est de 8 semaines à la température moyenne de 8° C pendant la réaction.

On constate un accroissement très net de la teneur en azote qui est multipliée par trois. Exprimée en équivalent protéique, la teneur s'élève à 30 g/kg de MS pour la paille brute et à 95 g/kg de MS pour la paille traitée (cf. tableau 8 ci-dessous) (9)

	:MS%:	% de Matière sèche	:solubilité	Energie
	:	:	1°N(%) de	brute
	:	:	1°N total	Mcal/kg
	:	:	:	MS
	:	MM: MO	:Azote:	brute:
: paille non	:	:	:	:
: traitée	: 92	: 7,16:92,8	: 0,48: 42	: 22 : 4 399
: paille trai-	:	:	:	:
: tée	: 93	: 7 :93	: 1,52: 43	: 39 : 4 392
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:

TABLEAU N° 8 : COMPARAISON ENTRE PAILLE TRAITEE ET NON A L'AMMONIAC

Source : 13

La consommation de paille augmente de 36 p.100 et de plus on a une augmentation du C.U.D. de 19 points.

L'utilisation de l'ammoniac dans le traitement des pailles, ne présente aucune toxicité dans le cas d'un emploi judicieux des doses. Car, dans les conditions normales, l'ammoniac traverse

./.

la paroi du rumen, passe dans le sang, puis est transformé en urée au niveau du foie pour être éliminé. Mais si les quantités d'ammoniac dans le rumen dépassent 50 mg pour 100 ml du contenu de celui-ci, les capacités de détoxification du foie sont submergées. De ce fait, il y a passage de l'ammoniac dans le sang périphérique et pour un taux sanguin de 0,8 mg pour 100 ml de sang on observe une modification des constantes biochimiques du sang, avec perturbation de l'équilibre acido-basique, de la réserve alcaline et apparition d'une alcalose sanguine, responsable de l'apparition des signes cliniques de l'intoxication ammoniacale.

L'emploi d'autres produits chimiques autres que les alcalis est également possible : c'est le cas des oxydants.

### III.3. AUTRES TRAITEMENTS CHIMIQUES

#### POSSIBLES : USAGE DE S OXYDANTS (30)

Les oxydants détruisent la lignine, ce procédé est d'ailleurs utilisé en vue d'un blanchiment de la pâte à papier. Ce fait a fait ~~germer~~ dans l'esprit de certains chercheurs l'idée d'un traitement des pailles à partir d'oxydants forts, tels : le chlorite de sodium ( $\text{NaClO}_2$ ), le peroxyde de sodium  $\text{Na}_2\text{O}_2$ , l'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), le thiosulfate de sodium  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ect.

Ces agents chimiques dissolvent une partie de la lignine dans les membranes végétales, ce qui contribue à la valorisation des fourrages grossiers.

Ces procédés présentent un triple inconvénient :

- Produits très coûteux
- produits très dangereux
- risque de pollution.

Face à ces inconvénients il est peu probable que ces procédés soient utilisés ; aussi certains chercheurs ont préconisé une méthode de traitement dit biologique ou enzymatique que nous

envisagerons maintenant .

#### IV. TRAITEMENTS BIOLOGIQUES

(27)(40) (12)

Les produits chimiques se révèlent assez coûteux et de plus, posent un problème de pollution. Pour contourner ce double inconvénient on a fait appel au traitement biologique.

Un traitement biologique adéquat nécessite, l'utilisation d'un organisme capable de dégrader la lignine. Le système consistera donc, à cultiver sur la paille des organismes qui détruisent la ligno-cellulose des fourrages grossiers. Il faut cependant avoir présent à l'esprit, que ces organismes devront tirer leur énergie de la paille elle-même, par conséquent, vont priver les animaux de quelques nutriments qu'eux même utiliseront .

Il existe cependant, des moisissures blanches qui dégradent plus de lignine que de cellulose ; le résultat sera donc une paille beaucoup moins riche en lignine qu'au départ. Les processus de délignification par la méthode biologique font intervenir des enzymes actifs, provenant d'extrait de champignons(basidiomycètes).

Certaines moisissures dites "pourritures blanches", possèdent des "lignasses" ou "lacasses" et "peroxydases" qui dégradent la lignine du bois et des pailles. Les "lacasses" ne sont pas toxiques et semblent plus efficaces que les délignifiants chimiques.

KIRK et MOORE 1972 cités par JACKSON (27) découvrent deux souches capables d'augmenter le C.U.D. de la sciure de bois (46 à 74 p. 100) en deux ou trois mois. La sciure a perdu 20 p.100 du poids initial , 50 p.100 du contenu de lignine et 20 p.100 des hydrates de carbone.

./.

Des travaux ont été menés à l'ISRA dans le cadre du traitement biologique. Deux souches de micromycètes commandées au laboratoire de cryptogamie de Lyon ont été utilisées ; il s'agit de :

- *Fusarium oxysporum*
- *F. moniliforme*.

Ces souches sont cultivées sur milieu P.D.A. (Patato-dest rose-agar), mis à l'étuve à 37°C pendant 48 heures, puis conservées à l'air libre pendant 4 jours. Pour le réensemencement, le milieu de culture est celui de WAN-ITERTSON correspondant à la formule suivante :

- NH<sub>3</sub>NO<sub>3</sub>      0,5 g
- K<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub>      0,5 g
- H<sub>2</sub>O            100 ml.

La culture sur milieu liquide se développe à la température ambiante pendant 6 jours, elle servira à imprégner le fourrage grossier à traiter à raison de 2 litres /kg de substrat. La culture et le fourrage sont laissés en contact dans un fût pendant 7 jours. L'aliment ainsi obtenu est prêt à la consommation.

Il est possible de recycler les sous-produits agricoles, notamment les déchets lignocellulosiques (pailles, résidus de récolte...) dans le but de produire des protéines monocellulaires (PMC) ou microbiens. L'emploi des micro-organismes comme sources de protéines pour l'alimentation humaine et animale n'est pas récent et semble rentable.

D'après W. DEXTER BELLAMY (12) "les micro-organismes qui croissent bien plus vite que les végétaux supérieurs sont extrêmement utiles, quand il s'agit d'obtenir des protéines ; alors qu'on ne peut faire qu'une ou deux récoltes par an, on peut récolter des levures ou des moisissures chaque semaine et des bactéries tous les jours.

L'obtention des P.M.C. à partir de la paille, est possible selon deux méthodes :

-une méthode directe qui consiste à cultiver sur la paille des micro-organismes cellulolytiques. Une bactérie aérobie gram-négatif, (*Cellulomonas* sp.) qui se développe sur la cellulose entre 25 à 30°C ne peut pas utiliser la lignine ou la ligno-cellulose.

De ce fait, une délignification préalable est indispensable.

- une deuxième méthode qui est indirecte, consiste à hydrolyser les polysaccharides par un procédé soit chimique, soit enzymatique. On cultive ensuite des levures sur cette paille hydrolysée. L'ensemble obtenu est séché puis distribué aux animaux.

Concrètement au Massachussettes des chercheurs ont produit des P.M.C en deux temps :

Dans un premier temps ils obtiennent des sucres solubles, en faisant agir des enzymes produites par la moisissure (*Trichoderma viride*) sur de la cellulose ; dans un second temps ces sucres sont fermentés sous l'action de levures et bactéries pour donner les PMC. Les actinomycètes thermophiles se développent sur la cellulose et la ligno-cellulose, mais sont assez exigeants (nécessitent des conditions de milieu de 55°C à p<sup>H</sup> 7,5 - 7,8).

Il faut disposer de micro-organismes capables d'assimiler la ligno-cellulose. Mais à l'heure actuelle, aucun micro-organisme ne digère vite la ligno-cellulose (2 à 3 mois). En outre la production de PMC à partir de déchets ligno-cellulosiques (pailles) n'a probablement pas de chance de s'épanouir, compte-tenu des investissements et de la technologie complexe qu'elle nécessite.

## V. LES DIFFERENTES ECHELLES DE TRAITEMENT

Dans ce cadre précis le traitement des pailles est entrepris dans le but d'alimenter des animaux. Le nombre d'animaux à alimenter induit l'ampleur du traitement ; ce premier facteur

./.

associé aux différentes méthodes de traitement vont conditionner l'échelle à adopter que nous scinderons en procédé industriel, et en procédé à la ferme.

#### V. 1. PROCEDE INDUSTRIEL (39) (27) (34)

Dans le souci d'augmenter la capacité de traitement des pailles on a mis au point des usines fonctionnant à l'échelle industrielle.

Une réalisation industrielle est née et fonctionne depuis le début de 1978 à Ménétréols - Sous-Vatam, dans l'Indre (39) Cette unité traite des pailles à la soude pour l'industrie de l'alimentation animale. Le procédé dit à "sec" est utilisé avec la soude comme alcali. La paille (15 p.100 d'humidité est dilacérée dans un broyeur. Le mélange est granulé et refroidi après un temps de réaction bien contrôlé. Le produit obtenu est connu sous le nom déposé "NJS" dont l'utilisation semble intéressante pour les espèces capables de valoriser la cellulose. Les taux conseillés sont les suivants :

- Lapin 5 à 10 p.100
- Ruminants 5 à 30 p.100
- chevaux 5 à 10 p.100
- ( Truies gestantes 3 à 6 p.100.

JACKSON dans son rapport 1979 (27) nous présente également une version combinée des plans de plusieurs usines commerciales ayant une capacité de traitement de quatre à cinq tonnes de pailles à l'heure.

Les balles de pailles sont passées dans une cuve intermédiaire de là arrivent dans un broyeur ou hacheur pour être acheminées dans le réservoir de traitement aux alcalis. Avant le réservoir, une bascule à bande régularise le débit d'arrivée de la solution d'alcali. Après cette étape, le produit obtenu est mélassé dans un mélangeur en même temps que certains ingréd-

dients de complément (éventuellement) dont la quantité est contrôlée grâce à une deuxième bascule à bande. On passe ensuite au pressage pour obtenir des agglomérés très denses. En raison des frottements on a un réchauffement de près de 90 degrés ce qui nécessite une dernière opération qui est le refroidissement avant l'obtention du produit final. L'emploi de 7 kg de NaOH entraînerait une augmentation de 30 points du C.U.D.

En République démocratique Allemande une variante du procédé industriel à la soude, utilise de l'urée qui est mélangée à la paille à raison de 2 p.100 avant l'agglomération. Pendant le pressage, si la température est portée jusqu'à 150°C, l'urée est décomposée et l'ammoniac qui en résulte réagit avec la paille d'où une augmentation du taux d'azote et du C.U.D..

Beaucoup d'investigations laissent envisager un avenir probable, éventuellement brillant mais, à long terme de ces procédés industriels ; de nos jours la rentabilité immédiate est difficile à démontrer. Dans tous les cas l'implantation de ces types d'usines doit obéir à un certain nombre de critères :

- Nécessité de présence localement, d'une forte production de céréales à paille ou de pâturages riches en graminées fourragères.
- Les productions culturales obligent les producteurs à brûler la majorité des pailles produites.
- Une situation favorable (zone d'élevage capable de consommer les productions de l'usine.)

## V.2. PROCEDE A LA FERME

A l'échelle de la ferme, certaines méthodes de traitement sont réalisables. Les procédés sont simples et les investissements d'équipement sont modérés mais tout de même variables. Ils peuvent aller de l'achat d'instruments manuellement utilisables (arro-

soirs, fourches à foin, fûts etc..) à celui d'une machine (danoise...) dont le coût est nettement plus élevé.

Les méthodes par pulvérisation, aspersion et même trempage sont utilisables. Les différentes technologies sont adaptées par l'exploitant selon ses objectifs et l'importance de sa ferme. De façon générale à la ferme, le traitement est envisagé pour un nombre limité d'animaux et la préparation peut se faire à la main à l'aide d'un arrosoir et d'une fourche qui sert à retourner la paille pendant l'application de la solution alcaline dans le but d'obtenir un produit aussi homogène que possible ; l'utilisation d'autres dispositifs est également possible (pulvérisateur à pression, pompe plus embout de pulvérisateur...).

#### V.2.1. Traitement en vrac suivi d'empilage

On utilise dans ce cas des quantités limitées d'alcali à raison de 5 kg de soude/100 kg de paille. Dans le but d'accroître l'efficacité du traitement on élève la température de la paille de 80 ou 90° C. Pour ce faire, la paille préalablement hachée ou broyée, est introduite dans une machine (danoise) où des quantités de solution alcaline de 10 à 20 l/100 kg de paille y sont appliquées. On obtient de la paille humide qui sera empilée. A la faveur des réactions chimiques exothermiques (la paille qui doit atteindre 3 à 4 tonnes), la température s'élève et se maintient durant trois jours puis redescend à la température ambiante en quinze jours.

Si la paille a une humidité inférieure ou égale à 17 p.100, l'humidité s'évapore et la paille est apte à être entreposée ; dans le cas contraire, la température s'élève moins, et la paille sèche difficilement ce qui entraîne une putréfaction et une fermentation bactérienne. Pour cela le tas doit être placé dans un endroit ouvert sur au moins un côté et vers le haut pour obtenir un séchage suffisant. Le produit ainsi obtenu est sec, de couleur doré et possède une légère odeur de soude.



Le C.U.D. augmente d'environ 15 points mais, il faut signaler que cette augmentation est fonction de la température qui n'est pas uniforme dans tout le tas (plus élevée au centre qu'à la périphérie.). Le choix de cette méthode à la ferme évite les opérations quotidiennes, et permet d'obtenir une quantité suffisante de paille pour une période non négligeable. En outre l'efficacité de l'alcali augmente du fait de la durée de réaction et de l'élévation de température.

#### V.2.2. Traitement en vrac suivi d'ensilage.

On procède à une pulvérisation avec 60 à 120 l de solution de soude suivi d'un ensilage, ce qui donne des possibilités de conservation du produit traité pendant un an. Le pH élevé, empêche toute fermentation microbienne ; tandis que la grande humidité de la paille, s'oppose à un échauffement appréciable.

L'utilisation de la chaux  $\text{Ca(OH)}_2$  en pulvérisation, n'améliore pas le CUD de la paille si celle-ci est distribuée le jour même ou le lendemain du traitement. Par contre, l'ensilage pendant une longue période (5 mois) de la paille traitée à la chaux donne un produit meilleur. La paille traitée et ensilée a donné d'excellents résultats dans plusieurs expériences de production (cf. tableau 9 ci-dessous).

: Ration	: quantité de MS : ingérée (g)	: gain de poids : vif (g)	: Indice de con- : sommation
: tiges non traitées	: 950	: 18	: 25,3
: Tiges traitées**	: 1380	: 89	: 7,4

TABL. EAU n° 9 : PERFORMANCES D'AGNE AUX NOURRIS AVEC  
DES TIGES\* DE MAIS.

Source : 27

\* Ration contenant 25 % d'un complément de graine de brasserie deshydratées et d'urée.

\*\* Paille ensilée après traitement par aspersion de 3 kg NaOH et 1 kg de chaux éteinte /100 kg.

La méthode de l'ensilage, a l'avantage de permettre le traitement de la paille mouillée (paille verte au moment de la moisson : riz surtout et la paille battue par la pluie après la moisson ce qui est très fréquent dans de nombreux pays). En outre l'ensilage présente en perspective, l'utilisation possible de la chaux éteinte qui voit son efficacité améliorée alors que son prix est très peu élevé par rapport à celui de la soude. Mais le grand handicap est la complexité des opérations (traitement aux alcalis puis ensilage) qui allonge la durée et réduit la disponibilité des pailles traitées.

X

X

X

---

CHAPITRE III

-o-o-o-o-o-o-

ESSAI D'ALIMENTATION DE BOVINS PAR LA PAILLE  
DE RIZ TRAITEE A LA SOUDE : MISE AU POINT D'UNE  
RATION D'EMBOUCHE

# I. QUELQUES EXPERIENCES D'EMBOUCHE BOVINE AGRO-INDUSTRIELLE EN AFRIQUE UTILISANT DE LA PAILLE DE RIZ

L'embouche bovine, consiste à appliquer une technique d'alimentation appropriée et rationnelle à des bovins maigres, dans le but d'accroître la production de viande, tout en améliorant sa qualité. Pour ce faire, l'alimentation devient la plaque tournante dans ce type d'entreprise, ce qui a fait dire à certains auteurs que l'alimentation est la zootechnie toute entière.

L'élevage est une activité économique. Par conséquent, il faudra produire au moindre coût, pour dégager le maximum de profit possible. Ceci justifie l'utilisation des sous-produits agro-industriels et des résidus de cultures que les ruminants sont capables de valoriser et de convertir en protéines animales.

Ces sous-produits et résidus sont variés et existent en très grande quantité dans nos régions. Ce sont des aliments grossiers, mais certains sont capables d'assurer l'entretien des animaux. Correctement complétés ils permettent d'assurer une très bonne croissance à ceux ci.

De nombreux travaux ont été effectués dans ce domaine en Afrique. Nous rappellerons quelques essais d'embouche utilisant comme fourrage grossier, la paille de riz, sous-produits de l'activité agricole, très répandu dans nos régions. Auparavant, nous aborderons sa valeur bromatologique et sa digestibilité.

## 1.1. VALEUR BROMATOLOGIQUE DE LA PAILLE DE RIZ (6) (7) (28)

La valeur bromatologique de la paille de riz (ceci est valable pour toute espèce végétale), est très variable. Ce fait est imputable à plusieurs facteurs dont, le stade végétatif, les conditions climatiques et édaphiques, les traitements antérieurs.

Pour obtenir des résultats fiables, il faudra faire un grand nombre d'analyses, en vue de déterminer une moyenne qui se rapprochera le plus possible de la réalité.

H.CALVET et coll. (6) ont effectué des analyses bromatologiques sur ce fourrage, ce qui a permis d'établir une comparaison avec la paille de blé européenne. Ainsi donc, la paille de riz contient moins de cellulose avec un ENA plus élevé. Le taux de calcium et de phosphore est comparable dans ces deux sous-produits. Comme toute paille, le manque quasi-total en matière azotée est notable.

Par contre, on note une richesse spectaculaire en matières minérales totales. C'est là la différence fondamentale entre ces deux fourrages. En effet, aux 47 p.1000 de la paille de blé, correspondent les 170 g de la paille de riz. Ce pourcentage très élevé, réduit remarquablement la valeur de cette dernière.

Parmi les composants minéraux que renferme la paille de riz, la silice et les silicates occupent la première place. Ce fait est corroboré par les huit analyses effectuées en 1971 par le LNERV<sup>\*</sup> selon lesquelles, pour un taux moyen de 160,6 g de MM, l'insoluble chlorhydrique s'élève à 126,8 g.

En outre, on note la présence d'un taux important d'oxalates. D'après les auteurs indiens, ces oxalates se combinent au calcium ou au potassium pour donner des oxalates de calcium ou de potassium insolubles. Ces deux types de composés sont susceptibles d'interférer au niveau du métabolisme phospho-calciq ue et de l'équilibre acido-basique avec les risques d'ostéomalacie ou d'alcalose.

---

LNERV : Laboratoire nationale de l'élevage et de recherche vétérinaire.

La présence de ce fort taux de matières minérales, risque de limiter de façon appréciable, l'utilisation digestive de cette paille de riz.

## 1.2. DIGESTIBILITE DE LA PAILLE DE RIZ (6)(21)

La digestibilité indique le degré d'utilisation d'un aliment, c'est à dire la part qui est réellement absorbée après la digestion. C'est une notion quantitative se traduisant par un coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.) qui est obtenu en faisant le rapport  $\frac{I - E}{I} \times 100$ . I = Ingestat  
E = excréta

La détermination de ce CUD utilise trois méthodes :

- La méthode "in vivo", où la détermination se fait sur l'animal vivant maintenu dans une cage à métabolisme.
- La méthode "in vitro" qui est une méthode chimique de mesure. On essaie de reproduire artificiellement les phénomènes physiologiques de la digestion rencontrés chez l'animal.
- la méthode "in vivo-vitro" qui est une combinaison des deux méthodes précédentes.

Des essais de digestibilité "in vivo" de la paille de riz, ont été effectués sur des zébus ou des taurins tropicaux (Gobra et N'dama) au LNER, afin de déterminer la valeur alimentaire de ce fourrage (6).

Au terme de deux digestibilités unitaires (utilisation de la paille de riz seule) sur des taurins, N'dama, les valeurs de CUD moyens ont été obtenu :

MS : 54,4	MG = 66,8	MC = 70,0
MO = 62,6	MA = (-30,6)	ENA = 59,3

./.

Ces C.U.D. moyens et la composition moyenne de la paille ont permis de calculer les valeurs fourragères (UF) qui s'échelonnent de 0,46 à 0,49. Par conséquent, c'est un très bon fourrage énergétique pour les taurins N'dama. Cependant, il est très indigent en M.A.D., puisque le CUD des MA est même négatif (-30,6).

Des digestibilités différentielles également, ont été réalisées sur des N'dama, avec en plus de la paille de riz, un apport de matière azotée (tourteau d'arachide) à différents taux de même qu'une complémentation minérale avec du phosphate disodique dans l'eau de boisson.

Les résultats récapitulés dans le tableau 11 suivant ont sanctionné l'essai.

Tableau 11 : CUD unitaire et associé de la paille de riz

	: Paille : seule	: Paille + : 500 g T.A.	: Paille + : 500 g T.A. + P O <sub>4</sub> H Na <sub>2</sub> (0,3g/l)	: Paille + : 1 kg T.A.	: Paille + : 1 kg TA + 1kg P O <sub>4</sub> H Na <sub>2</sub>
: Nombre	:	:	:	:	:
: d' animaux	: 12	: 8	: 4	: 3	: 3
: MO	: 62,6 ± 2,1	: 63,7 ± 2,1	: 67,1 ± 4,7	: 60,1 ± 1,3	: 63,9 ± 7,7
: MC	: 70,4 ± 3,2	: 70,1 ± 1,7	: 75,1 ± 4,9	: 67,4 ± 2,2	: 72,4 ± 6,5
: ENA	: 59,2 ± 2	: 60,6 ± 3,3	: 66,4 ± 8,9	: 54,4 ± 4,1	: 62,2 ± 9

Source : 6

★ TA - tourteau d'arachide

Les conclusions suivantes ont été tirées de ces cinq essais :

- il n'existe pas de différence significative entre les résultats obtenus par CUD unitaires et les CUD différentiels aussi bien pour la MO, la cellulose, l'EN A.

- un excès de tourteau (lorsque la ration passe de 500 g à 1kg) entraîne une baisse significative du C.U.D. tant pour la MO que la cellulose et l'EN A.

- l'adjonction de phosphate monosodique à la ration est sans effet sur le CUD de la MO alors que ce fait entraîne une augmentation hautement significative du CUD de la cellulose et de l'EN A.

Des divers essais, il suit que les digestibilités aussi bien unitaires que différentielles ont conduit à des résultats comparables. Ainsi, pour le C.U.D. de la paille seule la valeur UF =  $0,45 \pm 0,04$  ; le C.U.D. de la paille  $\pm$  500 g TA donne UF =  $0,46 \pm 0,025$ . Ceci n'exclut pas l'utilisation d'une complémentarion azotée convenable avec la paille de riz. Bien au contraire.

Enfin, ces essais ont montré un bénéfice immédiat de la supplémentation minérale de la paille de riz. Ce fourrage a été largement discrédité par les éleveurs qui l'utilisaient comme seul élément de la ration. Dans ces conditions, ce fourrage est dangereux car, l'animal ne peut en tirer profit qu'au prix d'une supplémentation obligatoire :

- un taux convenable d'azote
- un excédent important d'éléments minéraux.

Qu'en est-il de l'utilisation de ce fourrage en embouche dans nos pays ?

### I.3. ESSAIS D'EMBOUCHE REALISES DANS DIFFERENTS PAYS, UTILISANT LA PAILLE DE RIZ

Les pays de l'Afrique de l'Ouest, affectés par la crise

./.



énergétique, touchés de surcroît par la dramatique sécheresse des années 1968 à 73 et les problèmes de désertification, sont une région où l'utilisation optimale des ressources végétales est une nécessité particulièrement importante. De ce point de vue, les sous-produits agricoles qui sont innombrables doivent être utilisés au maximum dans l'alimentation animale en vue de la production de protéines nobles. Ainsi, ces sous-produits ont été utilisés dans divers types d'embouche. :

### 1.3.1. Utilisation de la paille de riz en embouche paysanne (4).

L'embouche paysanne se conforme à la règle générale de l'embouche. L'élément essentiel et fondamental, est que cette activité est caractérisée par le nombre d'animaux à emboucher. Ce nombre est généralement très limité et la durée de l'opération variable.

Ce type d'activité est rencontré dans de nombreux pays africains : Niger, Nigéria, Haute-Volta, Sénégal, et également à Madagascar. C'est une spéculation qui est menée en dehors des saisons de culture, puisque réalisée en majorité par les cultivateurs qui ne sont pas en général des éleveurs.

De ce fait, les nombreux sous-produits de leur activité sont en partie valorisés, puisque l'élevage est partiellement privé d'une grande proportion. Ainsi, la paille de riz intervient parfois comme aliment de base tandis que la ration complémentaire se compose de sous-produits tels (son de céréales, tourteau artisanal...).

Les G.M.Q.\* ont de 500 g à 1 kg et avec des carcasses de meilleurs qualités que celles provenant de l'élevage extensif traditionnel.

\* G.M.Q. : Gain Moyen Quotidien

### 1.3.2. Utilisation de la paille de riz en embouche intensive (4) (7) (21)

En embouche intensive, on applique dès le début une alimentation intensive sur un grand nombre d'animaux. De ce fait la durée de l'opération est brève, et les gains de poids sont élevés.

Pour la rentabilité de ce type d'activité, l'alimentation étant le poste clé, il faut d'un point de vue économique, minimiser au maximum le coût de la ration qui doit être satisfaisante au regard des besoins de l'animal. De nombreux aliments ont été sollicités dans nos différents pays. Nous nous intéresserons au cas précis de la paille de riz qui est un aliment de lest.

#### AU MALI

Le riz est beaucoup cultivé dans ce pays. Ainsi, les sous-produits de cette activité sont largement utilisés dans la ration de base des boeufs en embouche.

L'unité d'embouche de Molodo a entretenu cinq lots d'animaux âgés de 7 à 10 ans d'un total de 525 bovins. La paille de riz était distribuée à raison de 6 kg par animal et par jour. Un concentré composé de son et farine basse de riz, de mélasse et de graines de coton complétait la ration.

En fin d'opération, un gain total de 49 à 59 kg a été obtenu pour un GMQ de 544 à 644 et un indice de consommation allant de 10,7 à 12,9 (4).

#### EN COTE D'IVOIRE

Des travaux ont montré qu'il est possible de rationner un animal effectuant un travail léger en région sèche avec la ration suivante :

- Foin ou paille de riz      5 kg.
- Fane d'arachide            8 kg
- Sorgho                        1 kg
- Tourteau d'arachide        0,5 kg.

./.

- Farine basse de riz 0,5 kg.

Cette ration peut être avantageusement utilisée en embouche.

### EN HAUTE-VOLTA

Ce pays est doté de zones rizicoles assez importantes. Certaines font deux récoltes par an, de sorte que d'innombrables résidus de récolte sont disponibles et susceptibles d'être utilisés en alimentation animale comme aliment de lest.

- Le projet de Banfora (21) près du périmètre rizicole de Karfiguèla réalise une embouche de cinq mois. Une ration fixe à base de paille de riz à raison de 7,5 kg par animal et par jour et une ration complémentaire à base de son de blé, de graines de coton et de la mélasse sont utilisés.

L'effectif total annuel embouché est de 5 000 têtes; par conséquent, la quantité de sous-produit consommée est de 5625 tonnes. (paille de riz).

- En saison sèche 1979 un essai d'embouche de boeufs de labour en fin de carrière à été mené à la Vallée du Kou qui est également un grand périmètre rizicole. Les animaux, provenant des paysans de cette vallée, recevaient de la paille de riz hachée, et un concentré constitué de graine de coton, de son de riz et de mélasse.

Des consommations de 1,8 kg de MS par animal et par jour et un GMQ de 483,9 g ont été enregistrés. Ce gain de poids est faible dans le cadre d'une embouche intensive. Ceci serait peut-être lié à la nature des animaux.

### AU SENEGAL

Les aliments de base les plus utilisés sont la coque d'arachide et la paille de riz. De nombreux essais ont été menés.

./.

Un essai a été entrepris sur deux lots de zébus Gobra (3- 5 ans) embouchés en 126 jours, à l'aide d'une ration comportant de la paille de riz à volonté et un concentré à base de farine de riz, son de maïs, mélasse et urée.

Les animaux ont accusé un GMQ de 666 g pour les taureaux et 547 g pour les boeufs avec un indice de consommation respectif de 9,5 et 11,4. Cet échec relatif, est lié au fait que ce type d'alimentation présente deux inconvénients :

- diminution de la consommation de paille lorsque l'animal a à sa disposition un concentré capable de couvrir une grande partie de ses besoins.

: - l'utilisation préférentielle des glucides du concentré par les bactéries du rumen qui délaissent la cellulose de la paille.

Au L.N.E.R.V. (4) six lots de zébus Gobra de 3 à 5 ans ont été entretenus à l'aide d'une ration fixe, en l'occurrence, la paille de riz et une ration complémentaire énergétique et azotée. Cette dernière avait une composition et une distribution variable en fonction des lots.

- Le lot 1 est constitué d'animaux entiers et reçoit un concentré composé de mélasse, farine basse de riz, son de maïs, perlurée, tourteau d'arachide, C.M.V. titrant 0,9 UF et 125 g de M.A.D.

- le lot 2 est constitué d'animaux castrés. Il recevait en complément la mélasse, la farine de sorgho, le gros son de blé, le remoulage de blé, le tourteau d'arachide, l'urée et un CMV titrant 0,8 UF et 115 g de M.A.D.

- le lot 3 est soumis au même régime que le lot 2.

- le lot 4 est complété avec le même concentré que le lot 2 mais à la différence qu'il est rationné.

- le lot 5 est supplémenté par du tourteau

- le lot 6 est supplémenté avec, moitié tourteau et moitié urée.

Les performances suivantes ont été obtenues (cf. tableau 12 ci-dessous).

	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	Lot 6
GMQ (g)	698	590	739	672	400	423
IC	8,59	9,40	7,84	9,07	9,75	8,27
Prix du kg de gain	90,9	178	144,1	92,4	125,1	92,8
Bénéfice	+11700	+ 7800	+ 7500	+ 11 700	+ 8200	+ 10 200

TABLEAU n° 12

Au plan zootechnique, les performances sont sensiblement inférieures à ceux qu'on peut espérer pour une embouche intensive.

L'association urée-tourteau a donné de meilleurs résultats que le tourteau seul. L'azote non protéique semblerait mieux convenir dans la complémentation azotée de la paille de riz.

Au plan économique le bilan est satisfaisant vu les bénéfices réalisés.

Au total, l'utilisation des sous-produits du riz est donc largement répandue dans nos régions. Ceci est une initiative heureuse car, localement, nous disposons d'énormes potentialités en matières de sous-produits agro-industriels non exploités sur place. Ils sont soit détruits, soit exportés au profit de pays étrangers.

Comme l'a si bien dit Ah. Lamine NDIAYE (2) l'utilisation de ces sous-produits et leur disponibilité relève surtout de la volonté politique de nos différents pays ; car c'est un problème plutôt politique que technique ou économique.

Il faudra explorer toutes les possibilités qui nous permettront de valoriser de façon rentable, les sous-produits dont nous disposons. C'est dans cette optique, que nous avons entrepris, grâce à l'aide financière de la F.A.O., de mener un essai d'alimentation de bovins par la paille de riz traitée à la soude et la paille simple dans le but de mettre au point une ration d'embouche.

## II. ETUDE EXPERIMENTALE : Essai alimentaire.

L'expérimentation est menée à l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar (E.I.S.M.V.).

### II.1. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

#### II.1.1. Objectif

L'essai d'alimentation de bovins par la paille de riz est entrepris dans le but de mettre au point une ration d'embouche, en testant 3 types différents tout en essayant d'améliorer l'ingestion et l'utilisation digestive de ce fourrage par un traitement à la soude.

Nous évaluerons de ce fait, l'effet obtenu sur le comportement alimentaire des animaux, de même que leur évolution pondérale tout au long de l'essai.

./.

## II.1.2. Matériel et méthodes

### II.1.2.1. Les installations

Les animaux sont des bovins présentant les caractéristiques décrites ci-dessous. Ils sont entretenus dans un enclos comportant des parcs de stabulation libre, équipés de mangeoires et d'abreuvoirs à l'abri du soleil, grâce à un toit en fibro-ciment.

### II.1.2.2. Les animaux

Douze taurillons Gobra âgés de 2 à 3 ans, d'un poids variant de 225 à 250 kg, provenant de la Société de Développement de l'Elevage dans la zone Sylvo-pastorale (S.O.D.E.S.P.) (zone de réélevage de Doli) sont répartis en deux lots (lot 1 - témoin ; lot 2 = expérimental) de façon à avoir un poids moyen identique.

Les poids au destockage de Doli et en début d'essai sont les suivants : (Tableau 13 ci-dessous).

: Lot n°1 (Témoin)			: Lot n° 2 (expérimental)		
n° de l'animal	poids au destockage	Poids début essai	n° de l'animal	poids au destockage	poids début essai
: 1	: 250	: 238	: 7	: 248	: 236
: 2	: 246	: 223	: 8	: 250	: 230
: 3	: 245	: 228,5	: 9	: 240	: 224,5
: 4	: 225	: 210	: 10	: 238	: 218
: 5	: 226	: 202	: 11	: 225	: 207
: 6	: 225	: 190	: 12	: 225	: 195
: n	: 6		: n	: 6	
: $\bar{x}$	: 236,16	: 215,25	: $\bar{x}$	: 237,66	: 218,41
: $\pm$	: 12,59	: 17,85	: $\pm$	: 11,38	: 15,23
: :	: :	: :	: :	: :	: :

TABLEAU 13 : POIDS DES ANIMAUX D'EXPERIENCES

n = nombre d'animaux  
 $\bar{x}$  = moyenne des poids

### 1.1.2.3. Les aliments

La ration de base des animaux est constituée de paille de riz récoltée en cours d'année et provenant des périmètres rizi-  
coles de la S.A.E.D.\* (Saint-Louis du Sénégal).

Cette paille est mise en bottes ficelées de ce fait elle subit un grossier hachage. Le lot 1 reçoit cette paille en natu-  
re tandis que pour le lot 2, elle est soumise à un traitement alcalin utilisant la soude à 4 p.100.

Cette ration de base sera complétée avec du tourteau d'arachide, du maïs grain et un condiment minéral.

Selon les trois phases de l'expérimentation, les rations se présentent comme suit :

- Lot 1 : il reçoit pendant toute la durée de l'essai, de la paille de riz hachée. La complémentation est assurée dans un premier temps avec 0,5 kg de tourteau d'arachide par animal et par jour (Al/j) puis dans un deuxième temps avec 1 kg de tourteau et enfin dans une troisième phase avec 1 kg de tourteau plus 2 kg de maïs grain broyé. Ce sont respectivement les rations RI, RII, RIII.

- Lot 2 : il reçoit également de la paille de riz hachée et traitée à la soude caustique perlée. Ce lot recevra aussi la même ration de complémentation que précédemment.

Les deux lots recevront le complément minéral à raison de 50 g par animal et par jour. La formule est la suivante (L.N.E.R.V.).

- Phosphate bicalcique	30
- Carbonate de chaux	45
- Chlorure de sodium	24
- Magnésie	1,0
- Sulfate de cuivre	0,300

\* S.A.E.D. - Société d'Aménagement et d'exploitation des terres du Delta.



- Sulfate de zinc 1,600
- " de cobalt 0,003
- Iodure de potassium 0,001
- Sulfate de manganèse 0,600.

Dans les deux lots, la paille est distribuée ad-libitum et les animaux sont servis le matin et en début d'après midi.

#### 11.1.2.4. Le traitement à la soude.

Le traitement des pailles pour l'alimentation de nos bovins a été entrepris, dans le but de tester l'efficacité et la rentabilité technique de l'opération, et de mettre au point une ration d'embouche.

Nous sommes donc restés le plus possible dans le contexte de nos pays africains en voie de développement. Ainsi, nous avons utilisé du matériel facilement disponible sur place pour une petite exploitation (nombre de têtes limité).

La méthode de traitement à la soude par trempage a été adoptée. De ce point de vue, nous sommes restés conformes aux normes indiquées par l'Interafricain Bureau for Animal Resources" (I.B.A.R.) (24). La paille a subi un traitement à la soude dans les proportions suivantes :

- 250 g de soude dans 12,5 litres d'eau ;
- 6,25 kg de paille.

soit au total 4 p.100 (4 grammes de soude pour 100 g de paille.)

Le trempage a lieu dans des fûts métalliques de 200 litres pendant environ 15 heures. Le séchage se fait immédiatement après et durant 24 heures minimum.

Au cours du séchage la paille est retournée fréquemment. Au terme de toutes ces opérations, le produit est prêt à être servi aux animaux du lot 2.

## II.2. ANALYSE BROMATOLOGIQUE

Des échantillons de paille ont été prélevés et analysés au laboratoire de zootechnie-alimentation de l'E.I.S.M.V. Voici les compositions bromatologiques obtenues en P.cent. du produit frais.

	<u>Paille non traitée</u>	<u>Paille traitée</u>
Humidité :	5,7	15,95
M.S.	94,03	84,03
M.P.B.(N 6,25)	3,93	5,24
MG(extrait éthéré)	5,95	4,51
C.B.(cellulose brute)	31,24	27,26
M.M.	16,87	18,10
Ca	0,22	0,34
P.	0,07	0,11
Cendres	16,87	18,10

Le traitement à la soude a entraîné une élévation du taux de M.P.B., de MM, du Ca et du P. alors qu'on a une baisse de la cellulose des MG. Le taux de MS dans la paille traitée est dû à la forte humidité de l'échantillon prélevé.

## II.3. LES RESULTATS

### II.3.1. Le comportement alimentaire : consommation et indice de consommation (IC)

Les consommations et les indices de consommation pendant les différentes périodes de l'essai sont dans les tableaux des pages suivantes (79, 85, 86, 87, ).

A défaut d'aliments complémentaires disponibles, les animaux ont été alimentés par la paille de riz seule pendant deux semaines (26/02 au 12/03. C'est la phase pré-expérimentale. Nous avons alors enregistré la consommation suivante 5 kg de

./.

paille par 100 kg de poids vif (kg/100 kg de PV) soit 4,75 en matière sèche/100 kg PV.

Pendant la phase expérimentale (12/03 au 28/05) les animaux sont soumis à différentes rations à des périodes bien déterminées et nous avons aussi constaté les consommations suivantes selon les rations (RI, RII, RIII) pour les deux lots (voir le tableau 14 ci-dessous).

	LOT I		LOT II	
	Consommation en kg/100 kg de P.V.		Consommation en kg/100 kg de P.V.	
	Produit brut	Matière sèche	produit brut	Matière sèche
:RI :	4,5	4,2	4,6	4,3
:RII :	3,7	3,5	6	5,1
:RIII :	3,82	3,59	5,3	5

TABLEAU n° 14 : CONSOMMATIONS MOYENNES DE PAILLE DANS LES LOTS I ET II.

Au niveau de la consommation d'eau, elle a été plus grande chez le lot 2 mais nous n'avons pas pu chiffrer à causes des difficultés techniques.

### II.3.2. L'évolution pondérale

Les animaux sont pesés tous les vendredi avant le repas du matin. On a évité de les faire boire pour réduire les risques

./.

d'erreurs liés à l'état de plus ou moins grande réplétion du tube digestif. Les poids moyens permettent de suivre l'évolution des sujets à l'intérieur de chaque lot. L'évolution pondérale des lots est récapitulé dans les tableaux 15 et 16 et les graphiques (pages 83, 84).

Pendant la phase pré-expérimentale, les animaux accusent dans les deux lots une perte de poids très accentuée. Les pourcentages de perte ont été en moyenne de 8,25 pour le lot 1 et de 8,09 pour le lot 2 avec des extrêmes allant de 4,8 à 15,55 dans le lot 1 et de 4,83 à 13,33 dans le lot 2 (cf. courbe d'évolution pondérale page.: 83).

Pendant la période expérimentale les GMQ suivants sont obtenus : Tableau n° 20 page (88).

Tableau : 15

## Evolution pondérale du Lot I (Témoïn)

	R I : Paille + Tourteau(0,5 Kg) : R I				Paille + Tourteau(1 Kg) : R II				Paille + Tourteau(2 Kg) + Maïs (2 kg) R III			
Date	12/03/82	26	2/04	9	16	23	30	7/05	14	21	28/5/82	
N°												
1	238	252	260,5	265	271,5	267	272	269,5	273	272	277	
2	223	235,5	238	241,5	245,5	237,5	249,5	245,5	251	256	258	
3	228,5	245	255	248	255	249,5	254	249	247,5	257	254	
4	210	224	225	226	232,5	229	240	241,5	240	247	251,5	
5	202	212	219	221,5	223,5	225	233	228,5	233	242	243,5	
6	190	201,5	204,5	208	211,5	205	214,5	214	213	221,5	223,5	
SX	1291,50	1370	1402	1410	1439	1413	1463	1448	1457,50	1495,50	1512,5	
Maxi	238	252	260,5	265	271,5	267	272	269,5	273	272	277	
Mini	190	201,50	204,50	208	211,5	205	214,5	214	213	221,5	223,5	
$\bar{X}$	215,25	228,33	233,67	235,08	239,92	235,50	243,33	241,33	242,92	249,25	252,08	
$\pm$	17,85	19,45	21,61	20,58	21,86	21,33	19,60	18,88	19,97	17,03	17,26	
SX <sup>2</sup>	318,77	378,97	466,97	423,34	477,64	455	384,27	356,27	398	290,17	297,94	

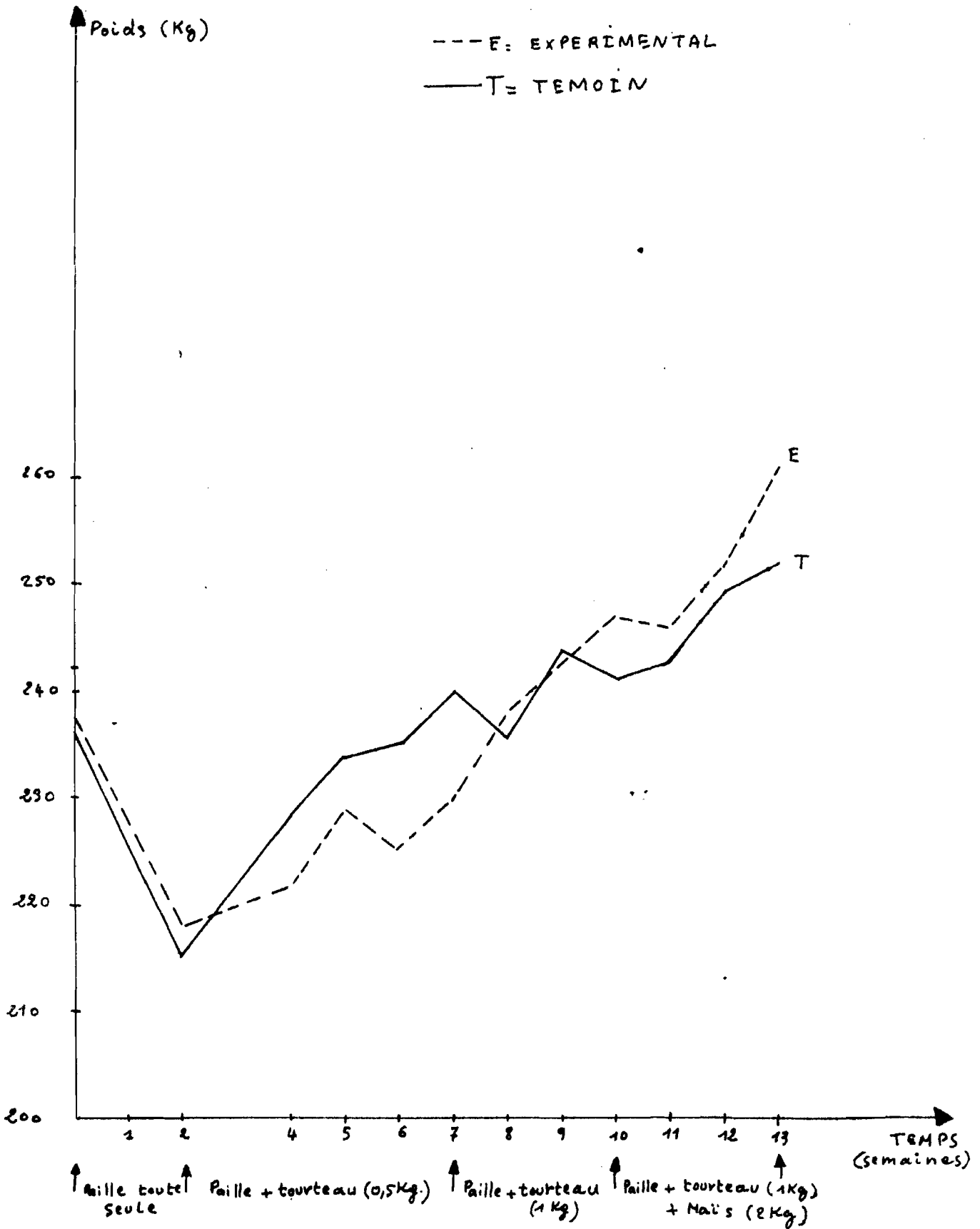
N<sub>0</sub> B<sub>0</sub> : Les poids des animaux au destockage de Doli figure au tableau 13 pour les lots I et II.

Tableau : 16

## Evolution pondérale du Lot II (Expérimental)

	Paille de riz + 0,5 Kg de tourteau R I					Paille + tourteau kg R II			Paille + tourteau (1 kg + maïs (2 Kg) R III		
Date	12/03/82	26	2/04	9	16	23	30	7/05	17	21	28/5/82
N°											
7	236	245	258	246	256,5	258,5	270,5	275,5	278,5	292	297,5
8	230	241,5	239	236,5	237,5	243,5	244	246	246,5	251	256,5
9	224,5	227,5	232	234	243,5	257,5	259	266,5	267,5	277,5	288
10	218	219	226	222	226	235,5	236	243,5	240	243	259
11	207	208	225	223,5	222	234,5	243,5	248	247,5	254,5	259
12	195	190,5	193,5	191	193	199,50	202	202,5	195,5	192,5	206,5
5 X	1310,50	1331,50	1373,50	1353	1378	1429	1455	1482	1475	1510	1566
Maxi	236	245	258	246	256,5	258,5	270,50	275,50	278,50	292,50	297,50
Mini	195	190,50	193,50	191	193	199,50	202,	202,50	195,50	192,50	206,50
$\bar{X}$	218,42	221,92	228,92	225,50	229,75	238,17	242,50	247,	245,92	251,75	261,08
$\pm$	15,23	20,67	21,14	19,08	21,86	21,59	23,42	25,25	28,66	34,29	31,81
$5X^2$	231,84	427,34	447,04	364,00	477,87	466,27	548,40	637,40	821,44	1175,68	1011,94

# COURBE D'ÉVOLUTION PONDÉRALE



# DROITES DE REGRESSION EN FONCTION DU TEMPS.

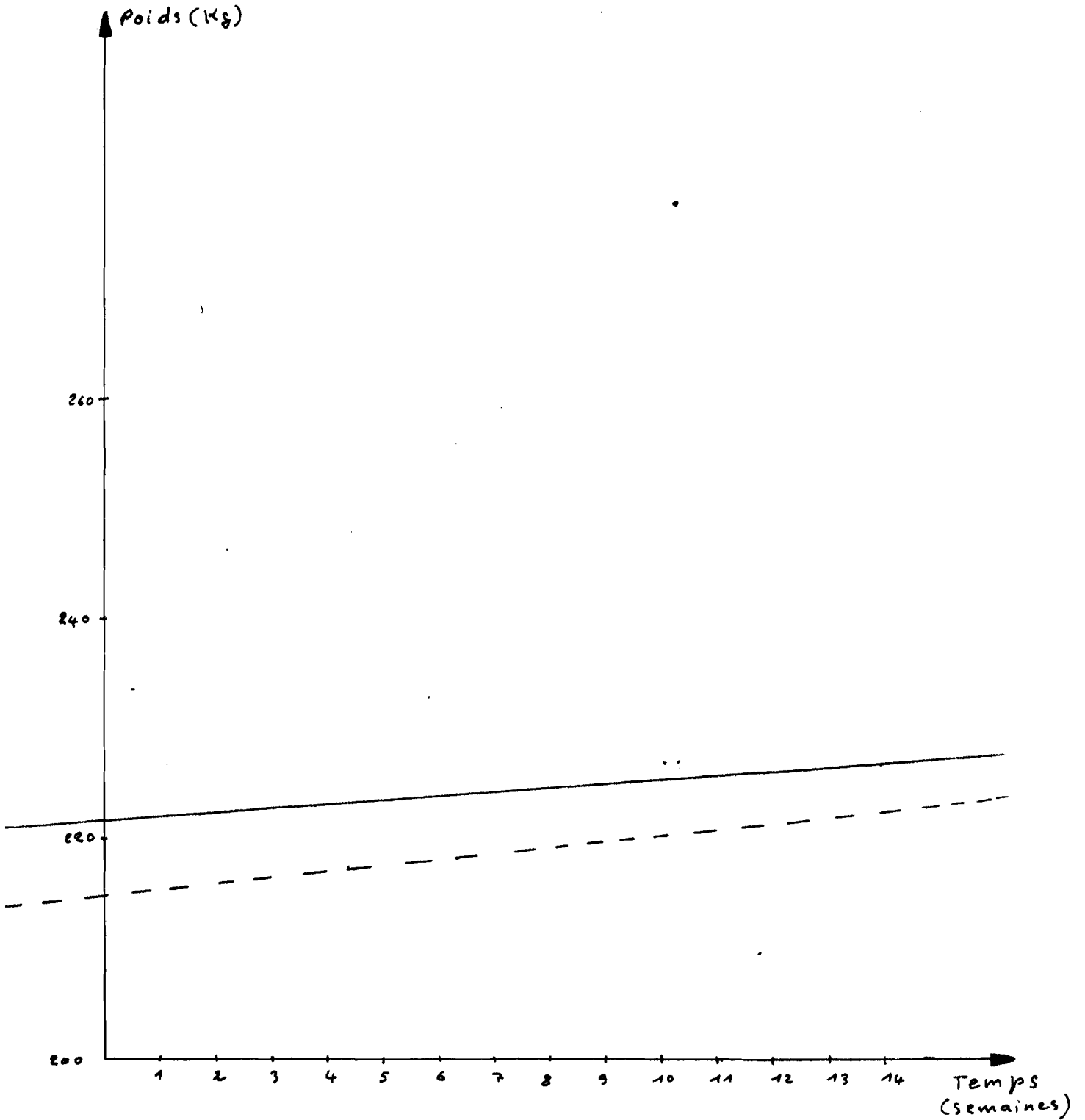




Tableau : 17

Consommation et indice de consommation (R I)  
(Période du 12/03 au 16/04)

- 85 -

	Lot N° 1			Lot N° 2		
	Aliments		Total	Aliments		Total
	Paille de riz	Tourteau d'arachide		Paille de riz	Tourteau d'arachide	
- M. F. ingéréé (kg/An/Jrs)	10,5	0,50	11	10,5	0,50	11
- M. S. Ingérée (kg/An/Jrs)	9,71	0,45	10,16	8,82	0,45	9,27
- U F (kg/An/Jrs)	3,04	0,47	3,51	2,76	0,47	3,23
- M.A.D. (gr/An/J)	36,75	209	245,75	33,38	209	242,38
- $\frac{M \Delta D}{U F}$			70,01			75,04
- $I C = \frac{U F}{kg/gain}$			4,98			9,96
- $C E = \frac{M S}{U F}$			2,89			2,36
- Gain/gr/An/J			704,57			324

Tableau : 10

Consommation et indice de consommation (R II)

(Période du 16/04 au 7/05)

	Lot N° 1			Lot N° 2		
	Aliments		Total	Aliments		Total
	Paille de riz	Tourteau d'arachide		Paille de riz	Tourteau d'arachide	
- M. F. ingérée (kg/An/Jrs)	9	1	10	15	1	16
- M. S. ingérée (kg/An/Jrs)	3,46	0,918	9,37	12,6	0,918	13,51
- U F (kg/An/Jrs)	2,61	0,95	3,56	3,38	0,95	4,33
- M.A.D. (gr/An/jrs)	31,5	418	449,5	46,91	418	464,91
- $\frac{M A D}{U F}$			126,26			96,25
- $I C = \frac{U F}{kg/gain}$			52,66			5,83
- $C E = \frac{M S}{U F}$			2,63			2,79
- gain (gr/An/J)			67,61			321,42

Tableau : 19

Consommation et indice de consommation (R III)

(Période du 7/05 au 28/05)

	Lot N° 1				Lot N° 2			
	Aliments			Total	Aliments			Total
	Paille de riz	Tourteau d'arachide	Maïs grain		Paille de riz	Tourteau d'arachide	Maïs grain	
- M. F. ingérée (kg/An/Jrs)	9,5	1	2	12,5	13,5	1	2	16,5
- M. S. ingérée (kg/an/jrs)	8,93	0,91	1,85	11,69	11,34	0,91	1,84	14,09
- U. F. (kg/An/Jrs)	2,75	0,95	1,08	4,78	3,49	0,95	1,08	5,52
- MAD (gr/An/Jrs)	33,25	418	154,6	605,85	42,21	418	77,30	537,51
- $\frac{MAD}{U F}$				126,74				97,37
- $I C = \frac{U F}{kg/gain}$				9,35				3,23
- $C E = \frac{M S}{U F}$				2,44				2,55
- Gain gr/An/Jrs				511,90				670,47

GMO OBTENUS DANS LES DEUX LOTS

	: 12/03/82 au 16/04:	16/04 au 7/05	: 7/05 au 22/05/82	
	: RI GMQ (g)	: RII GMQ (g)	: RIII GMQ (g)	:
: Lot I :	:	:	:	:
: (t é m o i n) :	704,57	67,61	511,90	:
: Lot II (ex- :	:	:	:	:
: p é r i m e n - :	324	821,42	670,47	:
: t a l) :	:	:	:	:
:	:	:	:	:

TABLEAU n° 20 : GMC obtenus dans les deux lots

II.3.3. Comparaison des rations utilisées

Nous procéderons à une comparaison des différentes rations tout d'abord à l'intérieur de chaque lot ensuite, entre le lot I et le lot II. Pour ce faire, nous utiliserons le test statistique dit du T. On comparera à chaque fois les poids moyens au début et à la fin de chaque période de ration, à l'intérieur d'un même lot puis entre les deux lots. Dans le premier cas, elle permettra de conclure sur l'aspect efficacité des rations alors que dans le deuxième, elle fera intervenir l'effet du traitement, la comparaison entre les deux lots introduisant le facteur traitement de la paille à la soude.

./.

	GMQ (g)	Poids moyens des animaux en kg	Test du T	Observations
LOT I				
(témoin)		début ration	Fin ration	
Ration I				Hautement significatif
RI	704,57	215,25	239,91	12,83 (S)
Ration II				Non significatif (NS)
RII	67,61	239,91	241,33	0,65
Ration III				Significatif (S)
RIII	511,90	241,33	252,08	5,07

TABLEAU n° 21 : COMPARAISON DES RATIONS DANS LE LOT I.

	GMQ (g)	Poids moyens des animaux en kg	Test du T	Observations
LOT II				
(expérimental)		Début ration	Fin ration	
RI	324	218,41	229,75	3,27 S
RII	821,42	229,75	247	5,98 S
RIII	670,47	247	261,08	4,94 S

TABLEAU n° 22 : COMPARAISON DES RATIONS A L'INTERIEUR DU LOT II

:	: Poids moyen des animaux		: Test du T		: Observations				
	: Début ration (1)	: Fin ration (2)	: (1)	: (2)	: (1)	: (2)			
:	: LOT I	: LOT II	: LOT I	: LOT II	: T	: T			
:	: RI	: 215,25	: 218,41	: 239,91	: 229,75	: 1,56	: 4,06	: NS	: S
:	: RII	: 235,5	: 238,16	: 241,33	: 247	: 0,85	: 1,20	: NS	: S
:	: RIII	: 242,91	: 245,91	: 252,08	: 261,08	: 0,54	: 1,25	: NS	: NS

TABLEAU n° 23 : COMPARAISON DES RATIONS ENTRE LES LOTS LI ET LII

:	: Poids moyens des animaux		: Test du T		: Observation			
	: Début essai	: Fin essai	:	:	:	:		
:	: Lot I	: Lot II	: Lot I	: Lot II	: Lot I	: Lot II		
:	: 215,25	: 218,41	: 252,08	: 261,08	: 12,44	: 5,08	: NS	: S

TABLEAU n° 24 : COMPARAISON LOT PAR LOT DU DEBUT A LA FIN DE L'ESSAI.

Les différents résultats présentés, seront discutés dans la partie "Discussions-conclusions".

### II.3.4. Données économiques

Nous tenterons de donner un bilan économique de l'essai en prenant en compte les différentes rations testées.

Le coût moyen du kg de la ration sera établi dans chaque lot et durant chaque période, à partir de la consommation moyenne en kilogramme (cf. tableau 17, 18, 19) de toutes les derrées utilisées par animal et par jour. Les résultats figurent aux tableaux 25, 26, 27 ci-dessous.

Dans un premier temps, le coût du kg de ration est évalué en fonction du prix d'achat des différentes denrées ; ce même coût est chiffré dans un deuxième temps en tenant compte du prix du transport de la paille de riz de St-Louis à DAKAR.

	: Lot 1 (Témoin)		: Lot 2 (Expérimental):	
	: Prix	: coût quan-	: Prix du	: coût quan:
: Aliments	: (F.CFA)	: tité con-	: kg de	: tité con-
	: du kg	: sommée	: gain	: sommée
		: CFA	: CFA	: gain
: Paille				
: riz....	: 20	: 210	: 187,60	
: - Tourteau:	: 46,5	: 23,25	: 23,25	
: - CMV	: 200	: 10	: 10	
: - Soude	: 265	: -	: 99,42	
: Total <sup>*1</sup>		: 243,5	: 345,60	: 320,27
: Prix trans:				
: port riz paille:	: 19,8	: 207,9	: 185,72	
: Total <sup>**</sup>		: 451,4	: 640,67	: 505,99
: coût du kg:				
de la ration		: * 21,17	: ** 39,25	: * 32,25
				: ** 50,95

TABLEAU 25 : COUT DE LA RATION PAILLE + TOURTEAU

(0,5 kg) (RI) (12/03 au 16/04)

\*coût (transport de la paille non compris)

\*\*coût (transport de la paille compris).

TABLEAU 26

COÛT RATION PAILLE DE RIZ + TOURTEAU 1 kg (RII)

Période du 16/04 au 7/05)

		LOT 1		LOT 2	
Aliments	Prix du kg	coût quan- tité con- sommée	Prix du kg de gain		
-Paille riz:	20	180		268	
-Tourteau :	46,5	46,5		46,5	
- CMV :	200	10		10	
- Soude :	265	-		142,04	
Total* 1 :		236,5	3498	466,54	567,96
Prix trans- port paille de riz :		178,2		265,32	
Total** 2 :		414,7	6133,70	731,86	890,96
coût du kg de la ra- tion :		* 23,53	** 41,26	* 32,28	** 50,64

		LOT 1		LOT 2	
Aliments	Prix du kg	coût quan- tité con- sommée	prix du kg gain		
-paille riz:	20	190		240	
-tourteau :	46,5	46,5		46,5	
-maïs grain:	75,	150		150	
-CMV :	200	10		10	
-Soude :	265	-		127,20	
Total 1* :		365,5	774,56	573,7	855,66
Prix trans- port pail. :	19,8	188,1		237,60	
Total** 2* :		584,6	1142,01	811,30	1210,04
coût du kg: de la rat. :		* 29,12	** 46,58	* 38,11	** 53,90

TABLEAU 27 : RATION : PAILLE DE RIZ + TOURTEAU 1 kg  
+ MAÏS (2kg) (RIII) (Période du 7/05 au 28)



## II.4. DISCUSSIONS - CONCLUSIONS

### II.4.1. Comportement alimentaire

Durant tout l'essai, les refus de la ration ont été uniquement de la paille. Le concentré est consommé en priorité et en totalité. Il nous a été aisé de déterminer les ingérés (tableaux 14, 17, 18, 19).

Pendant la phase pré-expérimentale, les niveaux d'ingestion de la paille ont été de loin supérieurs à ceux rencontrés dans la littérature.

. Le L.N.E.R.V. (1980) trouve 2,0 à 2,2 kg, de M S/100 kg de PV ; des valeurs de 2 à 3 sont signalées par SKOURI, 1966 ; HODEN, 1972 et 1979 ; DE MARQUILLY et PETIT, 1976 ; DULPHY et PETIT, 1979 ; tous cités par A. HODEN (23).

Durant la phase expérimentale les consommations restent toujours supérieures à celles généralement observées avec toutefois des différences tant à l'intérieur des lots qu'entre les deux lots.

Dans le lot I la consommation de paille (10 kg) avec la ration I baisse légèrement avec la ration II et se maintient avec RIII. La complémentation un kg de tourteau puis un kg de tourteau + maïs (deux kg) réduit la consommation de paille car l'animal couvre une grande partie de ses besoins avec le concentré. L'indice de consommation bas avec RI croit excessivement avec RII et baisse avec RIII.

Pour le Lot II la consommation augmente en RII puis décroît avec RIII. Quant à l'I.C. il chute avec RII puis s'élève avec RIII.

Entre les Lot I et Lot II la consommation est identique avec RI. Par contre, RII et RIII montrent une augmentation respective des quantités de paille (MS) ingérées (47 et 39 p.cent) dans LII par rapport à LI. Ceci est en accord avec les résultats

concernant la paille traitée à la soude, obtenus par JAYA SURIYA, 1979 ; cité par FERRANDO (19) DULPHY et coll.(17)

L'indice de consommation de RII et RIII du Lot II sont bas face à LI d'où la supériorité des G.M.Q. correspondants.

#### II.4.2. L'évolution pondérale

Pendant 14 jours, période à laquelle les animaux ont été soumis au régime paille seule, nous avons constaté leur amaigrissement rapide. La paille de riz est donc incapable à elle seule, d'assurer l'entretien des animaux. Ce fait est d'ailleurs signalé par de nombreux auteurs H. CALVET et coll. 1974 ; (6) (7) JACKSON - MG (28).

Les animaux, pour assurer un fonctionnement normal de leur organisme, ont dû catabolisé leurs propres tissus.

Au niveau du lot I les GMQ ont été fluctuants. On passe de 704,57 pour RI à 67,61 avec RII puis enfin 511,90. La chute engendrée par RII ne serait-elle pas dû à l'effet contradictoire de l'augmentation de la quantité de tourteau signalé par les chercheurs du L.N.E.R.V. (7)(6).

Le lot II présente un faible GMQ avec RI. Nous pensons là à une adaptation à la soude. Les animaux présentaient à cette période des troubles digestifs (féces liquides) non pathologiques et des mixions fréquentes. Les arguments cités par E.M. DIALLO (14) expliqueraient peut être les performances : "l'ingestion de forte quantités d'ions sodium entraîne une forte consommation d'eau provoquant une forte sécrétion rénale. Or, du point de vue énergétique la synthèse de l'urée nécessite beaucoup d'énergie" ; enfin, la quantité d'azote métabolisable disponible dans l'organisme est réduite par la sécrétion continue d'urée.

La ration II a entraîné un GMQ satisfaisant mais malheureusement bas avec RIII.

### II.4.3. Comparaison des rations utilisées

#### - A L'intérieur des lots

Cette comparaison permettra d'apprécier la ration ayant donné le meilleur résultat.

Au niveau de LI en se référant au tableau 20 page et au test statistique (tableau 21,22) on se rend compte que RI donne la plus grande satisfaction.

La ration II entraîne des résultats médiocres ceci est corroboré par le test statistique.

Quant à RIII elle est meilleure à RII et aussi RI. Les résultats surprenant de RI sont peut être liés au phénomène de croissance compensatrice. Car cette ration intervient immédiatement après la phase pré-expérimentale où des pertes de poids très importantes étaient constatées.

Au niveau de LII ; RI donne des performances faibles. Serait-ce l'influence de la soude signalée déjà dans l'évolution pondérale ? Les meilleurs résultats sont obtenus avec RII car RIII est supérieure à RI mais inférieure à RII.

#### - Entre les lots

Le facteur traitement étant l'élément différentiel, le test T nous permettra de cerner son influence.

Concernant RI on a une nette supériorité de LI face à LII (tableau 20 page 88). La confirmation est donnée par le test T (tableau 23 page 90) :

Les rations RII et RIII n'ont pas donné de différence statistique significative aussi bien au début qu'à la fin de l'application des régimes en question.

Nous avons enfin appliqué le test T au début et à la fin de l'essai lot par lot. On a à ce niveau la supériorité des poids moyens du lot II par rapport au témoin en valeur absolue. En effet on observe bien des différences de poids mais, elles sont dues à des variations dans le comportement des individus et sont statistiquement non significatives. Ce résultat de la comparaison de chacun des lots en début et en fin d'essai associé à ceux du tableau 23 (Comparaison entre les deux lots), confirme que le traitement à la soude n'a pas eu d'effet sur la croissance des animaux tout au moins, dans la période et les conditions de notre essai.

Dans un délai plus long il est probable de voir apparaître cet effet car c'est après six semaines que le lot expérimental a rattrapé pour surpasser le témoin, alors qu'au début de l'essai il lui était légèrement supérieur.

#### II.4.4. Données économiques

Le bilan économique partiel lors des différentes périodes de l'essai dans les deux lots est en général catastrophique. Cet état de fait est strictement lié au coût des sous-produits agricoles et agro-industriels. En effet, le prix de revient de la paille de riz sur les périmètres de la S.A.E.D. est de 20 F CFA le kg et 39,8 F rendu à Dakar. Ce prix rivalise même sérieusement avec le prix du kg de tourteau d'arachide alors que la valeur alimentaire de ce dernier est largement supérieure à celui du premier.

En outre, le transport de ces produits encombrants et léger aggrave le bilan économique déjà sombre ; les prix sont fixés en fonction du nombre de voyage et non de la tonne kilométrique comme cela se doit.

Enfin, le prix de la soude est lui aussi un facteur déterminant car il revient à 265 F CFA/kg ("prix carreau usiné").

Les différentes rations utilisées ont abouti à des performances diverses. Il est indispensable de les juger sur le plan économique. De ce point de vue RI donne la meilleure satisfaction car, le prix du kg de gain de PV (transport exclu 345,60 F) est capable de rentabiliser une embouche. Cette rentabilité serait maximale si le prix de la paille était moins prohibitif et ramené à sa juste valeur.

Toutefois, la ration III n'est pas à écarter car elle donne satisfaction dans les deux lots. Il conviendrait peut-être de substituer au maïs une autre source énergétique moins onéreuse (mélasse par exemple) et aussi utiliser une source d'ANP qui semblerait mieux convenir à la supplémentation azotée de la paille de riz (CALVET et coll. (7) (6).

Enfin, RII donne de bons résultats sur LII mais non vérifiés pour LI.

L'impression qui se dégage de cet essai au vu des résultats acquis est qu'il serait préférable d'orienter et approfondir les recherches sur la valorisation des résidus de culture par le biais de la supplémentation azotée, énergétique et minérale.

De ces différents constats, il est nécessaire pour mener une embouche utilisant des sous-produits de se situer à plusieurs niveaux :

- Au niveau conception de telles entreprises, il faudrait implanter les exploitations dans les zones où la production des résidus de culture est importante, pour obvier aux prix d'achat et de transport exorbitants. Il faut enfin se situer à proximité d'un centre urbain pour mieux écouler les produits finis.

- Au niveau étatique, il faut une intervention pour fixer le prix des différentes denrées de même que les quantités destinées à l'élevage de façon à enrayer l'anarchie qui règne dans ce domaine. Lorsque la demande en un sous-produit au départ peu utilisé augmente, on assiste à une montée vertigineuse des prix qui sont fixés unilatéralement par les producteurs.

L'élevage étant une activité économique, il faut produire à moindre coût pour dégager le maximum de bénéfice, tout en mettant à la disposition du consommateur, des produits de qualité à la portée de sa bourse.

Tableau récapitulatif des données de l'essai

	Lot I : Paille non traitée			Lot II : Paille traitée		
	Ration I (R I) Paille + 0,5 kg T A	Ration II (RII) Paille + 1 kg T A	Ration III (RIII) Paille + 1 kg TA + 2kg Maïs	Ration I (R I) Paille + 0,5kg T A	Ration II (RII) Paille + 1 kg T A	Ration III (RIII) Paille + 1 kg TA + 2 kg de maïs
• Consommation (Kg/an/J)						
- M F	4,5	3,7	3,82	4,6	6	5,3
- M S	4,2	3,5	3,59	4,3	5,1	5
• U F / A / J	3,51	3,56	4,78	3,23	4,83	5,52
• M A D/A/J (g)	245,75	449,5	605,85	242,38	464,91	537,51
• G.M.Q. (g/j)	704,57	67,61	511,90	324	821,42	670,47
• Prix du kg de ration (CFA)						
-Sans Transport	21,17	23,53	29,12	32,25	32,28	38,11
-Plus transport	39,25	41,26	46,58	50,95	50,64	53,90

+ M F : Matière fraîche en kg/100 kg P V

+ T A : Tourteau d'arachide

CONCLUSIONS GÉNÉRALES  
-O-O-O-O-O-O-O-O-

Les pays en voie de développement, dont une forte proportion se situe en Afrique, voient se développer une distorsion grandissante entre la croissance de la production alimentaire et l'augmentation de la population ; par conséquent, de ses besoins. En effet avec une croissance inférieure à deux pour cent par an au cours des douze dernières années, la production alimentaire ne suit pas la croissance démographique qui dépasse trois pour cent (33). De ce fait, la politique de l'autosuffisance alimentaire en général et en protéine animale en particulier, constitue l'une des plus grandes préoccupations dans nos pays, conformément au plan d'action de Lagos.

L'élevage est un secteur important dans bon nombre de nos pays notamment dans la zone sahélienne. Il faudra donc développer ce secteur, car le potentiel existe, mais nécessite une organisation judicieuse de son exploitation. Ce potentiel est représenté d'une part, par un important capital bétail, et d'autre part, par les énormes ressources fourragères constitué par les parcours naturels, les résidus de culture et les sous produits agro-industriels, facteurs favorables à l'embouche (36).

Les résultats de l'embouche intensive, tirés de nombreuses expériences, montrent les potentialités importantes de production de nos races bovines locales. La disponibilité et d'autres contraintes qui limitent l'utilisation des résidus de récolte et sous-produits agro-industriels, empêchent l'exploitation à grande échelle, notamment au niveau des éleveurs, des résultats tirés des nombreux essais d'embouche en station.

Parmi les contraintes, le prix des rations à utiliser occupe une place importante. Voilà pourquoi, dans le cadre du réseau d'étude de l'utilisation des sous-produits agro-industriels en alimentation animale, mis en place par la F.A.O, nous avons testé l'utilisation de la paille de riz.

./.



Notre essai a montré que la paille de riz peut être valorisée par le zébu local, grâce à l'adjonction de complément azoté tel que le tourteau d'arachide, avec ou sans traitement particulier. Toutefois, comme dans les autres essais on se heurte sur le plan économique, au prix des matières premières constituant la ration.

Nous avons également montré dans notre essai, l'impact du coût du transport,

Compte tenu de tout cela, nous recommandons les actions suivantes pour améliorer l'utilisation des résidus de récolte et des sous-produits agro-industriels en alimentation animale :

- Planter les centres d'embouche dans les lieux de production des sous-produits.
- Maîtriser les circuits de commercialisation de ces sous-produits (prix, disponibilité pour l'élevage local).
- Poursuivre et intensifier les recherches qui permettront de tirer un maximum de profit de nos nombreuses ressources naturelles, agricoles. De ce point de vue, une association agriculture - élevage est nécessaire.

Enfin, on a beaucoup écrit et parlé des fourrages grossiers dans le but de les valoriser et de les utiliser en alimentation animale, par le biais de divers traitements, notamment chimiques, surtout dans les pays développés. Des conclusions sur les avantages de ces méthodes ont été soulignés. Mais, de notre point de vue, la rentabilité économique effective de cette entreprise est difficile à prouver.

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

1. AFRIQUE - AGRICULTURE  
n° 74 du 1er octobre 1981, mensuel d'informations agricoles  
38-42.
2. AFRIQUE-AGRICULTURE  
n° 76 du 1er décembre 1981, mensuel d'informations agricoles :  
12-13.
3. ANGLADETTE (A)  
Le riz : G.P. Maisonneuve et Larose, 1966 : 930 p.
4. BLANC (P, J.P.)  
De l'embouche intensive des zébus Africains et Malgaches.  
Thèse Med. Vet. Toulouse 1974, 17.
5. BOUDET (G)  
Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourra-  
gères.  
I.E.M.V.T. 3e édition, 1978, :258 p.
6. CALVET (H)  
La paille de riz dans l'alimentation animale au Sénégal  
- Analyse bromatologique  
- Digestibilité, in vivo et in vitro  
- Bilan azoté et minéraux  
Rev. élèv. Med. Vet. pays-tropicaux 1974, 27 (2) : 207-221
7. CALVET (H), BOUDERGUES (R), FRIOT (D), VALENZA(J),  
DIALLO (S), CHAMBON (J).  
La paille de riz dans l'alimentation animale au Sénégal  
Rev.elev.Med.Vet pays-tropicaux 1974, 27 (3) : 347-362.
8. CAZALS (F,R)  
Etiologie et pathogénie des indigestions chez les bovins  
adultes.  
Thèse : Med.Vet. Toulouse, 1970, 72.
9. CORDESSE (R)  
Le traitement à l'ammoniac : une bonne solution pour valoriser-

vos pailles

Elev. bov. ov. cap. juin 1981, 107 : 35 - 38

10. CORDESSE (R), TABATABAI (M)

Alimentation d'agnaux à partir de paille traitée à l'ammoniac.

Ann. de zootech. 1981, 30 (2) : 137 - 149.

11. CORDESSE (R)

Une solution pratique pour le traitement de vos pailles à l'ammoniac.

Elev- bov- ov- cap février 1982 (114) : 36 -40.

12. DEXTER BELLAMY (W)

Production de protéines monocellulaires à partir de déchets ligno-cellulosiques.

Rev. Mond. de zootech., 1978 (12) : 65 - 68

13. DIA (A)

Les fourrages

- Digestibilité

- Emploi, conditionnement, utilisation

- Procédés physiques, chimiques, biologiques pour améliorer leur valeur alimentaire.

Rapport de stage avril 1980 CNRA de BAMBEY (ISRA) Sénégal 98 p.

14. DIALLO (E.M.)

Essai d'alimentation sur moutons par la paille traitée à la soude.

ISRA rapport annuel 1980.

15. DIEME (I)

Les sous-produits agricoles et industriels en alimentation bovine au Sénégal.

Thèse : Med. Vet. Toulouse, 1972, 28.

16. DJIGA (A)

Bilan des données actuelles en vue d'une meilleure exploitation des pâturages naturels de Haute-Volta

Thèse : Med. Vet. Alfort, 1969, 2.

17. DULPHY (J.P.), GOMEZ CABRERA (A)

Utilisation des pailles traitées à la soude par les bovins

Bull. Tech. C.R.Z.V. de Theix, I.N.R.A., 1977 (30) : 18-23.

18. DULPHY (J.P.), ANDRIEU (J.P.)  
Valeur alimentaire des pailles traitées à la soude pour des  
genisses de 2 ans.  
Bull. Tech. C.R.Z.V. de Theix, I.N.R.A., 1980 (39) : 6-11
19. FERRANDO (R)  
Les pailles traitées à la soude  
Rev. alim. anim., avril 1981 (342) : 25 -27
20. GIPOULOU (C,L)  
Conséquences de l'utilisation par les ruminants des fourrages  
broyés et agglomérés.  
Thèse : Med.Vet. Toulouse, 1975, 100.
21. G.R.E.T.  
Biomasse : comparaison des valorisations des sous-produits  
agricoles.  
Collection Technologie et développement 1979 (5) : 300 p.
22. HAVARD DUCLOS (B)  
Les plantes fourragères tropicales  
G.P. Maisonneuve et Larose, 1977 : 397 p.
23. HODEN (A), JOURNET (M)  
Efficacité d'utilisation de différents compléments azotés  
non protéiques offerts en libre service en complément de ra-  
tion à base de paille.  
Bull. Tech. C.R.Z.V. de Theix I.N.R.A., 1977, 27 : 20 -23
24. I.B.A.R.  
Traitement alcalin des pailles  
Avril 1979, 27 (16).
25. I.S.R.A.  
Essai d'alimentation par la paille de mil traitée à la soude.  
Exp. L.N.E.R.V./C.R.A. Bambey (Sénégal)
26. ISTASSE (L), VAN EENAEME (C), LOMBOT (O), GIELEN (M)  
et BIENFAIT (J.M.)  
Etude de quelques facteurs de variation de la digestibilité  
in-vitro. Application à un foin traité ou non à la soude.  
Ann. zootech., 1981, 30 (2) : 183-196.

27. JACKSON (M.G.)

Le traitement des pailles pour l'alimentation des animaux.

- Evaluation de la rentabilité technique et économique.

F.A.O., Rome 1979, (10) 66 p.

28. JACKSON (M.G.)

La paille de riz dans l'alimentation du bétail

Rev. Mond. zoot. 1978 (12) : 47 - 53.

29. JACQUOT (R), ADRIAN (J)

Le sorgho et les mils en alimentation humaine et animale  
Paris-Vigot 1964, 187,p (Monographie alimentaire n°3).

30. JOUANY (J.P.)

Etude des traitements permettant d'améliorer la valeur  
alimentaire des fourrages "pauvres" (Pailles)

Bull. Tech. CRZV de Theix I.N.R.A., 1975 (21) : 5 - 15

31. LAMOTTE (M)

Initiation aux méthodes statistiques en biologie

Masson et Cie, 1975 : 141 p.

32. LAZAR (PH) et SCHWARTZ (D)

Eléments de probabilité et statistiques, 4e édition Flammarion - Médecine - Sciences 1967 : 163 p.

33. LOERBROKS (I)

La politique agricole dans le plan de LAGOS vers l'auto-suffisance alimentaire.

SAPEHDAK DAKAR 2 -8 février 1982.

34. MELCION (J.P.)

Mise en oeuvre des traitements Physico-chimiques des pailles

Ind. alim. anim. 1978 (311) : 31 -44

35. NDIAYE (Ah.L)

Cours magistral de zootéchnie (E.I.S.M.V.)

Année académique 1978 - 1979).

36. NDIAYE (Ah - L)

Evolution de l'élevage et développement

X<sup>e</sup> Journées Médicales de DAKAR 25 - 30 janvier 1982.

37. NDIAYE (Ah.L), DAWA (O), LHOSTE (P)  
Intégration élevage-agriculture : problèmes et perspectives.  
SAPEHDAK 2 - 8 février 1982.
38. OULARE (J.J.B.)  
Les sous-produits agro-industriels au MALI.  
- Situation actuelle  
- Rentabilité de leur utilisation pour la production de viande.  
Mémoire de fin d'études. Inst. polytech. rural KATIBOUGOU (MALI) Décembre 1979 : 34 p.
39. PASCAL (Y)  
Dans l'Indre une unité industrielle d'amélioration nutritive des pailles par la soude.  
Les ind. alim. anim. 1979 (325) : 53-59.
40. PIGDEN (W.J.), BENDER (F)  
Utilisation de la ligno-cellulose par les ruminants  
Rev. Mond. de zootech. 1978 (12) : 43-46.
41. RATTRAY (JM)  
Tapis graminéens d'Afrique  
Etudes agricoles de la F.A.O. 1960 (49) : 170 p
42. RIVIERE (R)  
Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical.  
I.E.M.V.T. 1977 : 521 p.
43. VALENZA (J), BOUDERGUES (R) et PAGOT (J)  
Note sur la digestibilité de quelques foins et pailles de la République du SENEGAL.  
Communication congrès mondial d'alimentation animale, MADRID, 8 oct. 1966.

PLAN GENERAL  
-O-O-O-O-O-O-

INTRODUCTION

CHAPITRE PREMIER : DIFFERENTS TYPES DE PASTURAGE ET MODES DE CULTURE

- I. LES PASTURAGES NATURELS P. 3
- 1.1. Les Pâturages sahéliens P. 4
- 1.1.1. Les caractéristiques du milieu
- 1.1.2. Principales espèces végétales
- 1.1.2.1. Les ligneux
- 1.1.2.2. Les graminées
- 1.1.2.3. Les herbes diverses
- 1.1.3 Productivité et exploitation des pâturages sahéliens
- 1.2. Les pâturages soudaniens P. 8
- 1.2.1. Les caractéristiques du milieu
- 1.2.2. Principales espèces végétales
- Les ligneux
  - les graminées
  - les herbes diverses
- 1.2.3. Productivité et exploitation
- 1.3. Les pâturages guinéens P.13
- 1.3.1. Les caractéristiques du milieu
- 1.3.2. Principales espèces végétales
- Les ligneux
  - les graminées
  - les herbes diverses
- 1.3.3. Productivité et exploitation

II. <u>LES SOUS-PRODUITS AGRICOLES</u>	P.16
II.1. <u>L'agriculture vivrière</u>	P.16
II.1.1. Caractéristiques	
II.1.2. Disponible fourrager	
II.1.2.1. Les pailles de céréales	
II.2. <u>L'agriculture industrielle</u>	P.20
II.2.1. Caractéristiques	
II.2.2. Disponible fourrager	

CHAPITRE II : RAPPEL DES DIFFERENTS PROCÉDES  
DE TRAITEMENT DES PAILLES

I. <u>CARACTERISTIQUES GENERALES DES PAILLES</u> <u>ET LES PARAMETRES DE TRAITEMENT</u>	P.26
II. <u>TRAITEMENTS PHYSIQUES DES PAILLES</u>	P.29
II.1. <u>Broyage - Hachage et agglomération</u>	P.29
II.2. <u>Utilisation Vapeur-pression</u>	P.36
II.3. <u>Traitement par les rayonnements ionisants</u>	
III. <u>TRAITEMENTS CHIMIQUES</u>	P.39
III.1. <u>Le procédé humide</u>	P.40
III.1.1. Méthode de BECKMANN (procédé discontinu)	
III.1.2. Méthode continue ou BECKMANN modifiée	
- Petite échelle sans mécanisation	
- Procédé mécanisé à l'usine	
III.1.3. Technique d'aspersion	
- Ammoniation	
- Aspersion à la soude. Méthode de BOLIDEN.	



III.2. <u>Le procédé "sec" : pulvérisation</u>	P.53
- Traitement par la soude	
- Traitement par l'ammoniac	
III.3. <u>Autres traitements chimiques possibles</u>	P.55
<u>usage des oxydants</u>	
IV. <u>TRAITEMENTS BIOLOGIQUES</u>	P.55
V. <u>LES DIFFERENTES ECHELLES DE TRAITEMENT</u>	P.55
V.1. <u>Procédé industriel</u>	P.55
V.2. <u>Procédé à la ferme</u>	P.60
V.2.1. Traitement en vrac suivi d'empilage	
V.2.2. Traitement en vrac suivi d'ensilage	

CHAPITRE III : ESSAI D'ALIMENTATION DE BOVINS PAR LA PAILLE DE RIZ TRAITEE A LA SOUDE : Mise au point d'une ration d'embouche.

I. <u>QUELQUES EXPERIENCES D'EMBOUCHE BOVINE AGRO-INDUSTRIELLE EN AFRIQUE UTILISANT DE LA PAILLE DE RIZ.</u>	P.64
1.1. <u>Valeur bromatologique de la paille de riz.</u>	P.64
1.2. <u>Digestibilité de la paille de riz.</u>	P.65
1.3. <u>Essais d'embouche réalisés dans différents pays, utilisant la paille de riz.</u>	P.68
1.3.1. Utilisation de la paille de riz en embouche paysanne.	
1.3.2. Utilisation de la paille de riz en embouche intensive.	
II. <u>ETUDE EXPERIMENTALE</u>	P.77
II.1. <u>Protocole expérimental</u>	P.78
II.1.1. Objectif	
II.1.2. Matériel -Méthodes	

- D -

II.1.2.1. Les installations

II.1.2.2. Les animaux

II.1.2.3. Les aliments

II.1.2.4. Le traitement à la soude

II.2. Analyse bromatologique P.78

II.3. Les résultats P.78

II.3.1. Le comportement alimentaire

II.3.2. L'évolution pondérale

II.3.3 Comparaison des rations utilisées

II.3.4. Les données économiques

CONCLUSIONS GENE R A L E S

P.100

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

LE PRESIDENT DU JURY

VU

LE DOYEN

de la Faculté de Médecine  
et de Pharmacie

VU et permis d'imprimer.....

DAKAR, le.....

LE RECTEUR PRESIDENT DU CONSEIL PROVISOIRE DE L'UNIVERSITE  
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 et 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".