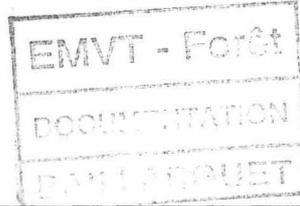


CIRAD-EMVT  
10, rue Pierre Curie  
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Ecole Nationale Vétérinaire  
d'Alfort  
7, avenue du Général de Gaulle  
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Institut National Agronomique  
Paris-Grignon  
16, rue Claude Bernard  
75005 PARIS

Muséum National d'Histoire Naturelle  
57, rue Cuvier  
75005 PARIS



## DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

### MEMOIRE DE STAGE

LES ISSUES DE RIZ, LES SONS DE MIL ET DE MAIS,  
LES TOURTEAUX D'ARACHIDES ET LES FARINES DE POISSONS  
DU SENEGAL

*par*

Alban LLORCA

année universitaire 1994-1995



# **DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES**

---

**LES ISSUES DE RIZ, LES SONS DE MIL ET DE MAIS,  
LES TOURTEAUX D'ARACHIDES ET LES FARINES DE POISSONS  
DU SENEGAL**

*par*

**Alban LLORCA**

**Lieu de stage :** Dakar, (Sénégal)

**Organisme d'accueil :** CIRAD-EMVT, ISRA-LNERV

**Période de stage :** du 1 mai au 15 août 1995

**Rapport présenté oralement le :** 28 septembre 1995

*A mes parents sans qui rien n'aurait été.  
A Hélène...*

## RESUME ET MOTS CLES

Les sous-produits sont principalement issus du secteur artisanal. Les productions de sons, de mil et de maïs ne semblent pas satisfaire la demande. En revanche, les productions de tourteau d'arachide et de farine de poisson sont exportées. Le réseau de distribution des issues de mil et de maïs semble inexistant, pénalisant les éleveurs éloignés des zones de production.

Les techniques artisanales de transformations des matières premières pour l'alimentation humaine sont très diverses et influencent la composition chimique des sous-produits. Cependant, sur le plan des valeurs alimentaires les répercussions sont peu importantes.

Il ressort que les tourteaux d'arachides artisanaux sont les plus énergétiques. Les farines de poissons ainsi que les tourteaux d'arachides sont les deux principales sources azotées (le problème des aflatoxines persiste). Les issues de céréales ont des valeurs alimentaires non significativement différentes mis à part les sons grossiers de riz qui sont de moins bonne qualité.

Les éleveurs de polygastriques utilisent les sous-produits (sauf la farine de poisson) comme concentré associés à un fourrage grossier. Cette utilisation est continue et raisonnée si l'objectif de production est précis.

Les aviculteurs utilisent de la farine de poisson, des tourteaux d'arachides industriels non détoxifiés et des issues de céréales. Il semble possible de réduire le pourcentage de maïs dans les aliments avicoles en le substituant par des issues de céréales.

Mots clés : Sous-produit, Riz, Mil, Maïs, Tourteau d'Arachide, Farine de Poisson, Sénégal, Bétail, Composition chimique, Valeur alimentaire.

## SUMMARY AND KEY WORDS

By-products are mainly produced by craftsmen. Bran pearl millet and maize productions can't satisfy the demand. On the other hand groundnut meal and fish flour are exported. There is no distribution network for the pearl millet and maize by-products, penalizing breeders which are far from the production areas.

Craftsmen technics of food transformations are very various and have an influence on the quality of by-products. But, feeding values are less variable.

Artisanal groundnut meal are more energy giving than the others by-products. Fish flour and groundnut meal are the mainly nitrogen source (the aflatoxin problem persist). The cereal by-products feeding values are not very much different except the common rice bran.

Breeders use by-products as concentrate in association with common hay. Their utilization are uncreasing and reasoned if they are an exact target.

Poultry farmers use fish flour, industrial groundnut meal and cereal by-products. In poultry foods, it appear possible to substitute the maize by cereal by-products.

Key words : By-product, Rice, Pearl millet, Maize, Groundnut meal, Fish flour, Senegal, Cattle, Chemical compound, Feeding value.

## REMERCIEMENTS

A l'issue de ce stage, je tiens à remercier par ces quelques lignes tout le personnel du CIRAD-EMVT, de l'ISRA-LNERV, et en particulier :

- M. Gueye A., directeur de la Direction de Recherches sur les Productions et la Santé Animale d'avoir accepté ma venue au sein du Laboratoire National d'Elevage et de Recherche Vétérinaire.

- Mme. Fall S.T., sous-directrice du Laboratoire National d'Elevage et de Recherche Vétérinaire, d'avoir été mon maître de stage.

- M. Ickowicz A., responsable du programme A.B.T., pour le temps qu'il m'a accordé, ses judicieux conseils à propos de l'organisation matérielle et scientifique.

-M. Dauvillier P., directeur du laboratoire d'analyse de l'U.F.A.C.; M. Guérin H., responsable du service alimentation au CIRAD-EMVT et M. Duvallet G., directeur des études du CIRAD-EMVT d'avoir accepté de corriger ce travail, et de le juger.

-M. Friot D., chercheur du CIRAD - EMVT à l'ISRA - LNERV, pour le temps qu'il m'a accordé et ses judicieux conseils.

-M. Guérin H., responsable du service alimentation au CIRAD-EMVT, pour avoir été l'initiateur de ce stage, et pour ses conseils précieux.

-Le personnel du laboratoire d'analyses chimiques des aliments, Mme Berdon D., Mme. Bernard G., M. Duché A., Mme Perello F., M. Lefevre P., de Maisons-Alfort.

-M. Diallo O., B., M. N'Diaye M., M. Sen S. et "Le vieux", pour leur parfaite coopération lors de la réalisation des digestibilités.

-Mlle. Arbelot B., M. Tillard E., et M. Croquevieille X., pour leurs aides professionnelles.

-M. Barro M., directeur de la SONACOS de Kaolack, de m'avoir permis de visiter l'usine et M. Sow A., pour les renseignements qu'il m'a fournis.

-M. Touré A., M. Mané M., de la SAED pour les explications qu'ils m'ont fournies.

-M. Diop A., directeur commercial de SENTENAC, et M. Patrel F., pour les renseignements qu'ils m'ont fournis.

-Je remercie tout particulièrement Emmanuel d'avoir accepté de m'héberger dans la case de passage et de m'avoir supporté...

-Alexandre, Anne, Brigitte, Didier, Emmanuel, Emmanuelle, Fabrice, François, Karine, Pierre, Sophie, Virginie, Xavier (mon collègue de l'ISTOM) pour tous les bons moments passés ensemble et les services qu'ils m'ont rendus.

-Toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce stage (éleveurs, vendeurs, pileuses, anonymes...).

## LEXIQUE

ABT : Alimentation du Bétail Tropical  
ACP : Analyse en Composante Principale  
ADF : Acid Detergent Fiber  
ADL : Acid Detergent Lignine  
BdR : Balle de Riz  
CAH : Classification Ascendante Hiérarchique  
CBW : Cellulose Brute de Weende  
CIRAD : Centre International de Recherche Agricole et de Développement  
CMV : Complément Minéral Vitaminisé  
CNRA : Centre National de Recherche Agricole  
CUD : Coefficient d'Utilisation Digestive  
CV : Coefficient de Variation  
CYS : Cystine  
DE : Digestibilité de l'Energie  
dMO : digestibilité de la Matière Organique  
dr : digestibilité réelle des acides aminés dans l'intestin grêle  
dMA : digestibilité apprente de la MAT  
DT : Dégradabilité Théorique  
EB : Energie Brute  
EM : Energie Métabolisable  
EMAN : Energie Métabolisable Apparente corrigée pour un bilan azotée nul  
etr : Ecart-Type Résiduel  
FAO : Food and Agriculture Organization of the united nations  
FbR : Farine basse de Riz  
FdA : Fanes d'Arachide  
FdP : Farine de Poisson  
GC : Graine de Coton  
GMD : Grands Moulins de Dakar  
GMQ : Gain Moyen Quotidien  
ICl : Insoluble Chlorhydrique  
IEMVT : Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire Tropicale  
ISRA : Institut Sénégalais de la Recherche Agricole  
LNERV : Laboratoire National d'Elevage et de Recherche Vétérinaire  
LYS : Lysine  
MAD : Matière Azotée Digestible  
MAT : Matière Azotée Totale  
MB : Matière Brute  
Moy : Moyenne  
MET : Méthionine  
MGE : Matière Grasse Ethérée  
MM : Matière Minérale  
MS : Matière Sèche

MSVI : Matière Sèche Volontairement Ingérée  
N : Nombre d'observation  
NS : Non Significatif au seuil de 5 %  
NDF : Neutral Detergent Fiber  
OV : OVins  
PdB : Paille de Brousse  
PdMI : Paille de Mil  
PDIE : Protéine Digestible dans l'intestin permise par l'Energie  
PDIN : Protéine Digestible dans l'Intestin permise par l'azote  
PdR : Paille de riz  
ppb : partie par billion  
ppm : partie par million  
S : Significatif au seuil de 5 %  
SAED : Société d'Aménagement et d'Exploitation du Delta  
SdMA : Son de Maïs (f = farineux; p = plat, c'est à dire que les péricarpes sont visibles)  
SdMI : Son de Mil  
SgR : Son grossier de Riz  
SODEFITEX : SOciété de DEveloppement des FIBres et TEXtiles  
SONACOS : SOciété NAtionale de Commercialisation des Oléagineux de Sénégal  
std : Ecart-type  
SvR : Son Vrai de Riz  
TAA : Tourteau d'Arachide Artisanal  
TAI : Tourteau d'Arachide Industriel  
TRP : Tryptophane  
THR : Thréonine  
UEB : Unité d'Encombrement Viande  
UEL : Unité d'Encombrement Lait  
UFL : Unité Fourragère Lait  
UFV : Unité Fourragère Viande  
VSF : Vétérinaire Sans Frontière

## SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
CHAPITRE I - <u>PRESENTATION DES ENQUETES ET DES MESURES IN VIVO</u>	4
1.1. METHODOLOGIE DES ENQUETES ET DE L'ECHANTILLONNAGE.....	4
1.1.1. <i>Présentation des questionnaires d'enquêtes</i> .....	4
1.1.2. <i>Réalisation des enquêtes</i> .....	4
1.2. LES DIGESTIBILITES.....	5
1.2.1. <i>Description des expériences réalisées</i> .....	5
1.2.2. <i>Protocole</i> .....	<b>Erreur! Signet non défini.</b>
1.2.3. <i>Calcul des Coefficients d'Utilisation Digestive</i> .....	6
1.3. LES DEGRADABILITES IN SITU PAR LA METHODE IN SACCO.....	6
1.3.1. <i>Description des expériences réalisées</i> .....	6
1.3.2. <i>Protocole</i> .....	6
CHAPITRE II - <u>DE LA PRODUCTION AGRICOLE A L'OBTENTION DES SOUS-PRODUITS</u> .....	7
2.1. PRESENTATION DES FILIERES.....	7
2.1.1. <i>Les issues de riz, de mil et maïs</i> .....	7
2.1.2. <i>Les tourteaux d'arachides</i> .....	8
2.1.3. <i>Les farines de poisson</i> .....	9
2.1.4. <i>Le développement des filières</i> .....	9
2.2. LA PRODUCTION AGRICOLE ET LA DISPONIBILITE EN RIZ, MIL, MAIS ET ARACHIDES	9
2.2.1. <i>Présentation des cultures</i> .....	9
2.2.2. <i>Les quantités de grains disponibles pour la transformation alimentaire</i> ....	11
2.3. LES TECHNOLOGIES D'OBTENTION DES SOUS-PRODUITS.....	12
2.3.1. <i>L'obtention des issues de céréales</i> .....	12
2.3.2. <i>L'obtention des tourteaux d'arachides</i> .....	14
2.3.3. <i>L'obtention des farines de poisson</i> .....	18
2.4. LES SOUS-PRODUITS.....	18
2.4.1. <i>Dénominations et définitions des sous-produits</i> .....	19
2.4.2. <i>Production et disponibilité des sous-produits</i> .....	20
2.4.3. <i>Conclusion sur la disponibilité des sous-produits</i> .....	23
CHAPITRE III - <u>ETUDE DES VALEURS BROMATOLOGIQUES ET ALIMENTAIRES DES SOUS-PRODUITS</u> .....	25
3.1. ETUDE DE LA VARIABILITE DES ISSUES DE RIZ.....	25
3.1.1. <i>Etude de la population</i> .....	25
3.1.2. <i>Etude des variables influençant la qualité des issues de riz</i> .....	25
3.1.3. <i>Classification des issues de riz</i> .....	26
3.1.4. <i>Etude des échantillons récoltés</i> .....	29
3.1.5. <i>Comparaison entre la population étudiée et les échantillons récoltés</i> .....	30
3.2. ETUDE DE LA VARIABILITE DES SONS DE MIL.....	31
3.2.1. <i>Etude de la population</i> .....	31
3.2.2. <i>Etude des variables influençant la qualité des sons de mil</i> .....	32
3.2.3. <i>Classification des sons de mil</i> .....	32
3.2.4. <i>Etude des échantillons récoltés</i> .....	33
3.2.5. <i>Comparaison entre la population étudiée et les échantillons récoltés</i> .....	33

3.3. ETUDE DE LA VARIABILITE DES SONS DE MAIS .....	34
3.3.1. <i>Etude de la population</i> .....	34
3.3.2. <i>Etude des variables influençant la qualité des sons de maïs</i> .....	35
3.3.2. <i>Classification des sons de maïs</i> .....	35
3.3.4. <i>Etude des échantillons récoltés</i> .....	36
3.3.4. <i>Comparaison entre la population étudiée et les échantillons récoltés</i> .....	36
3.4. ETUDE DE LA VARIABILITE DES FARINES DE POISSON.....	37
3.4.1. <i>Etude de la population</i> .....	37
3.4.2. <i>Etude des variables contribuant à la variabilité de la population</i> .....	38
3.4.3. <i>Classification des farines de poissons</i> .....	38
3.4.4. <i>Etude des échantillons récoltés</i> .....	39
3.5. ETUDE DE LA VARIABILITE DES TOURTEAUX D'ARACHIDES.....	39
3.5.1. <i>Etude de la population</i> .....	39
3.5.2. <i>Etude des variables contribuant à la variabilité de la population</i> .....	40
3.5.3. <i>Classification des tourteaux d'arachides</i> .....	40
3.5.4. <i>Comparaison entre la population étudiée et les échantillons récoltés</i> .....	43
3.6. CALCUL DES VALEURS ALIMENTAIRES .....	44
3.6.1. <i>Les digestibilités de la MO, de la MAT et les Dégradabilités Théoriques</i> .....	44
3.6.2. <i>Les valeurs énergétiques des sous-produits</i> .....	44
3.6.3. <i>Les valeurs azotées des sous-produits</i> .....	44
3.7. RELATIONS ENTRE LES DIFFERENTS CONSTITUANTS CHIMIQUES DES SOUS-PRODUITS .....	45
3.7.1. <i>Relations entre les minéraux et la Matière Minérale totale</i> .....	45
3.7.2. <i>Relations entre les différents constituants organiques</i> .....	45
3.7.3. <i>Relations entre les valeurs alimentaires et les constituants chimiques</i> .....	45
3.8. CONCLUSIONS SUR LES COMPOSITIONS CHIMIQUES ET LES VALEURS NUTRITIVES DES SOUS-PRODUITS .....	46
3.9. CONCLUSIONS SUR L'INFLUENCE DES TECHNOLOGIES SUR LA QUALITE DES SOUS-PRODUITS .....	47
CHAPITRE IV - <u>UTILISATION DES SOUS-PRODUITS PAR LES ELEVEURS</u>	49
4.1. LES PRATIQUES D'ELEVAGES .....	49
4.2. LE PRIX DES ALIMENTS UTILISES PAR LES ELEVEURS .....	49
4.3. LES PRATIQUES D'ALIMENTATIONS .....	50
4.3.1. <i>En élevage extensif</i> .....	51
4.3.2. <i>En élevage semi-intensif</i> .....	51
4.3.3. <i>En élevage intensif</i> .....	51
4.3.4. <i>En élevage avicole</i> .....	52
4.4. LES ALIMENTS DU BETAIL.....	53
4.5. LE COUT DE L'ALIMENTATION.....	53
4.6. ETUDE DES PRODUCTIONS PERMISES PAR LES RATIONS A BASE DE SOUS-PRODUITS 53	
4.6.1. <i>Rations utilisées par les éleveurs enquêtés</i> .....	53
4.6.2. <i>Autres types de rations</i> .....	54
4.7. CONTRAINTES LIEES A L'UTILISATION DES SOUS-PRODUITS .....	55
4.8. CONCLUSIONS SUR L'UTILISATION DES SOUS-PRODUITS PAR LES ELEVEURS .....	55
CONCLUSION .....	57
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	

## INTRODUCTION

Le climat du Sénégal est de type tropical à deux saisons alternées : l'une sèche, l'autre pluvieuse. Le régime pluvial à fortes variations interannuelles et régionales ne permet pas l'autosuffisance alimentaire. Le Sénégal importe donc une grande quantité de produits alimentaires (Maïs, Riz, Mil, Arachides). Ces plantes constituent la base de l'alimentation humaine. Afin d'être utilisées, elles subissent des transformations (artisanales ou industrielles) générant des sous-produits utilisés pour l'alimentation du bétail domestique (Fall S.T., et al., 1993). L'alimentation animale est d'autant plus importante que l'élevage représente, sur le plan économique, 8% du PIB et 32% du PIB apporté par le secteur agricole (FAO/BAD, 1990). De plus, elle est considérée comme une contrainte majeure à l'expansion des productions animales intensives au Sénégal (Fall S.T., et al., 1993).

La variabilité importante de la disponibilité et de la qualité de ces sous-produits a été mise en évidence (Ly C., 1986). Elle entraîne des aléas dans les résultats zootechniques attendus (Saulay J.C., 1994), des difficultés de formulation à l'échelle industrielle ainsi que des ruptures d'approvisionnement. Il semble donc important de connaître l'ampleur de cette variabilité et surtout d'en déterminer les causes.

Pour répondre à ces objectifs, des enquêtes ont été menées sur les filières des sous-produits, les technologies d'obtention de ces sous-produits et les pratiques d'alimentation des éleveurs.

La méthodologie des enquêtes et des mesures in vivo sera exposée dans un premier temps. Puis à travers les résultats des enquêtes, on abordera la caractérisation des filières (de la production à l'obtention de sous-produits). Ensuite, une analyse des valeurs bromatologiques et alimentaires sera réalisée à partir des échantillons des bases de données de l'IEMVT, IO7 et des échantillons récoltés lors des enquêtes. Enfin, nous verrons comment les éleveurs utilisent les sous-produits.

## **Chapitre I - PRESENTATION DES ENQUETES ET DES MESURES IN VIVO**

### **1.1. Méthodologie des enquêtes et de l'échantillonnage**

Pour chaque sous-produit les objectifs des enquêtes étaient :

- d'identifier l'organisation de la filière;
- de déterminer les technologies de transformations;
- d'estimer la production et la demande;
- d'évaluer les stocks réalisés par les agents économiques;
- de connaître les périodes de rupture de production et de disponibilité;
- de donner une tendance des prix et de leurs variations;
- d'appréhender leur utilisation par les éleveurs.

Le choix des agents économiques (producteur, vendeur, éleveur...) ainsi que la prise des échantillons ont été aléatoires. En revanche, le choix des échantillons à analyser a été orienté afin de mettre en relation le traitement technologique et la qualité du produit.

#### 1.1.1. Présentation des questionnaires d'enquêtes

Un premier questionnaire a été réalisé à partir de la bibliographie pour chaque agent économique. Il a été testé à Dakar pour l'affiner. La forme définitive comportait des questions ouvertes et fermées (Annexe 1).

Les agriculteurs n'ont pas été interrogés. On considère que la culture des matières premières est trop en amont de la filière pour avoir un effet sur la variabilité de la composition chimique engendrée par les technologies de transformations, de conservations des sous-produits.

#### 1.1.2. Réalisation des enquêtes

Elles ont été effectuées dans les zones de production des sous-produits (Figure 1) qui sont :

- Dakar pour le Son de MII (SdMI), la Farine de Poisson industrielle (FdP) et les Tourteaux d'Arachides Industriels (TAI);
- Saint Louis pour le SdMI et les issues de riz;
- Kaolack et la région centre pour les Tourteaux d'Arachides Artisanaux (TAA);
- Kolda et Tambacounda pour les Sons de MAïs (SdMA).

Un traducteur, guide (Wolof, Poular) a été nécessaire afin de pouvoir collecter un maximum de renseignements en un temps minimum. Sa présence a bien souvent facilité l'obtention des réponses des personnes enquêtés.

## 1.2. Les digestibilités

### 1.2.1. Description des expériences réalisées

Les digestibilités de trois aliments, TAA, SdMA farineux traditionnelle, et SdMA plat de la SODEFITEX ont été réalisées suivant des taux d'incorporation (en %) différents dans la ration (Tableau 1).

Tableau 1 : Rations utilisées pour les digestibilités

Numéro de la digestibilité (1)	Ration de base	%	Aliment testé	%
589/OV	PdR	85	TAA	15
588/OV	PdR	75	TAA	25
591/OV	PdR	65	TAA	35
592/OV	PdR	55,25	SdMA farine	35
	TAI	9,75		
590/OV	PdR	55,25	SdMA plat	35
	TAI	9,75		

(1) Les n° de digestibilités correspondent au n° du logiciel A.B.T du CIRAD-EMVT / ISRA-LNERV.

La ration 15% TAA et 85% PdR a servi de témoin aux calculs des digestibilités du TAA. De plus, elle a permis de comparer les digestibilités du Tourteau d'Arachide Industriel (TAI) et du Tourteau d'Arachide Artisanal (TAA).

Pour les deux SdMA (farine et plat de la SODEFITEX) les mêmes taux ont été utilisés pour comparer les digestibilités.

### 1.2.2. Protocole

Six moutons Peul-Peul, d'un poids moyen de 25 kg et d'environ 2 ans, ont été utilisés. Ils ont été achetés sur les marchés pour s'approcher le plus possible des conditions réelles.

L'adaptation au régime alimentaire a duré 11 j. à l'auge, puis 4 j. en cage individuelle de digestibilité. Les mesures ont été effectuées sur 6 jours. Les cages individuelles permettent de mesurer l'ingestion et les excréments fécaux.

Les quantités de Matière Sèche distribuées ont été rapportées au poids métabolique des animaux par la formule suivante :

$$\text{MS distribuée} = (\text{Poids vif})^{\cdot} \text{puissance } 0,75 * 55 \text{ (MSVI)} / 0,9 \text{ (\% MS des aliments)} * \text{Taux d'incorporation des aliments (\%)}$$

Sur la base d'une digestibilité de la ration d'environ 50 %, la MSVI est fixée à 55 g / kg de poids métabolique afin de maintenir les animaux au niveau d'entretien et de limiter les refus.

### 1.2.3. Calcul des Coefficients d'Utilisation Digestive

Les digestibilités de la ration ont été évaluées par la relation :

$$\text{CUD} = (\text{I} - \text{F}) * 100 / \text{I}$$

CUD : Coefficient d'Utilisation Digestive en %

I : Ingéré

F : Fèces

La ration étant mixte, les digestibilités des aliments ont été calculées par la méthode différentielle (Calvet, 1974 dans Fall S.T., et al.,1989). Pour cela, on suppose que les digestibilités sont additives. On estime alors que les interactions digestives sont nulles ou négligeables (Fall S.T., 1993).

Cette méthode consiste à réaliser une somme pondérée des digestibilités de chaque aliment :

$$\text{CUD}_r = \sum (\text{CUD}_{ai} * \% ai)$$

CUD<sub>r</sub> = digestibilité de la ration en %

CUD<sub>ai</sub> = digestibilité de l'aliment i en %

% ai = taux d'incorporation de l'aliment i dans la ration

On déduit donc la digestibilité de l'aliment testé de celle de la ration et de l'aliment dont la digestibilité est connue (paille de riz).

## 1.3. Les dégradabilités in situ par la méthode in sacco

### 1.3.1. Description des expériences réalisées

Les dégradabilités in situ ont été réalisées sur l'ensemble des échantillons récoltés lors des enquêtes.

### 1.3.2. Protocole

La méthode employée a été celle des sachets nylon. On a utilisé un lot de trois bovins fistulés du rumen d'une largeur de huit centimètres.

Les sachets sont composés d'un tissu nylon de maille variable comprise entre 10 et 80 microns fabriqué par TRIPETTE et RENAUD (France). Les sachets d'une dimension de 10 \* 15 cm ont été soudés à la chaleur.

Les échantillons séchés ont été broyés et tamisés (maille de 1mm). Après introduction d'une prise d'essai de 5 g, les sachets ont été soudés, lestés puis incubés dans le rumen. Ils sont désincubés au bout de 24, 48 et 72 heures. Ils sont ensuite lavés, puis séchés à l'étuve à 70 °C et pesés.

Le dosage du constituant organique désiré dans le résidu permet d'estimer la dégradabilité dans le rumen (Fall S.T., 1993). L'analyse de la matière azotée permettra d'estimer la teneur en PDIE et PDIN des aliments.

## **Chapitre II - DE LA PRODUCTION AGRICOLE A L'OBTENTION DES SOUS-PRODUITS**

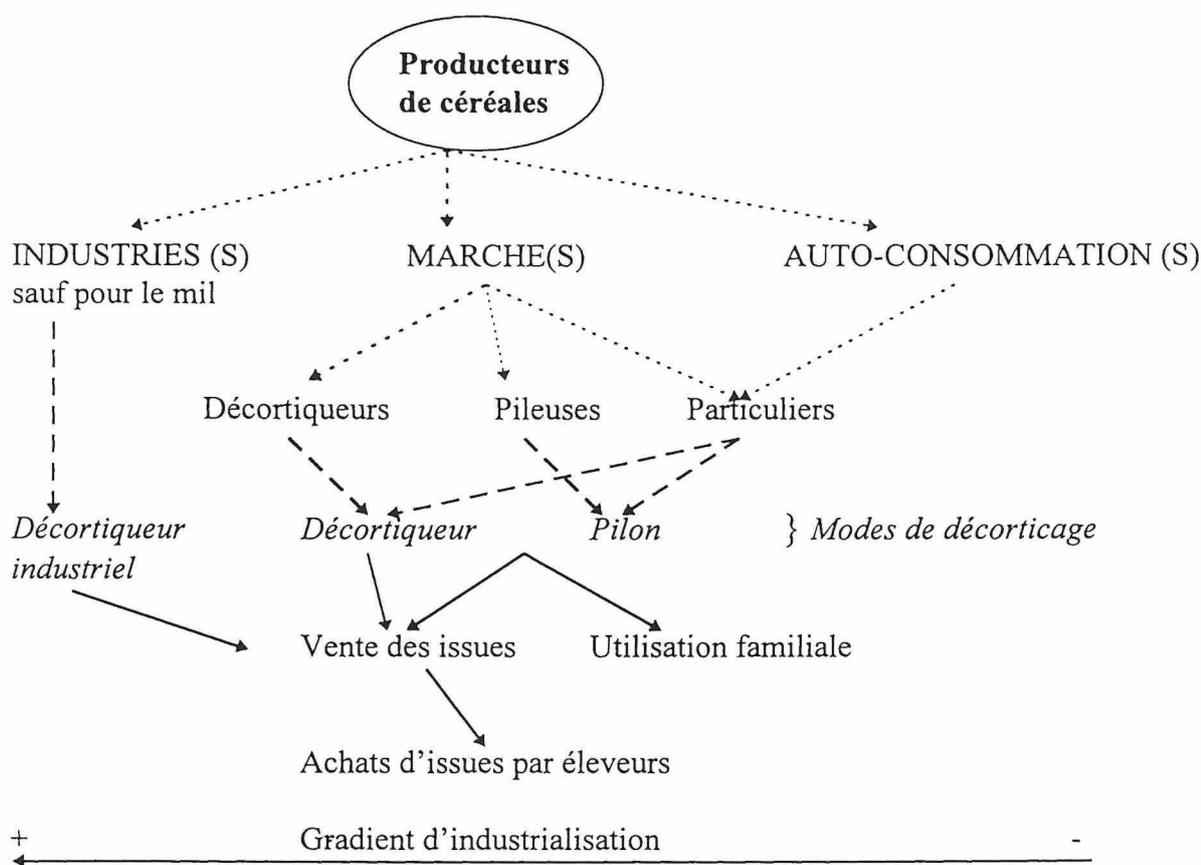
### **2.1. Présentation des filières**

#### 2.1.1. Les issues de riz, de mil et maïs

Les filières (Figure 2) des sons de maïs, de mil et des issues de riz sont assez semblables. La production agricole est répartie en trois secteurs :

- la production pour l'auto-consommation (riz, maïs, mil);
- la production industrielle (riz, maïs);
- la production pour le marché des grains à l'état brut (riz, maïs, mil). Cette partie est subdivisée en trois :

- les décortiqueurs
- les pileuses / vendeuses
- les individuels



(S) : stocks; .....> : transaction des grains; -----> : phase de transformation;  
 ———> : transaction des issues

Figure 2 : Schéma de la filière des issues de riz, mil et maïs

Les pileuses achètent, ou produisent leurs propres céréales et vendent sur les marchés les grains décortiqués et les issues.

Les décortiqueurs se contentent seulement de réaliser le décortilage pour les ménagères ou pour les vendeuses sur les marchés.

### 2.1.2. Les tourteaux d'arachides

La filière (Figure 3) est plus simple que celles des issues de céréales.

La production agricole est répartie en trois secteurs :

- pour l'auto-consommation;
- pour l'industrie de l'huile (SONACOS);
- pour le marché.

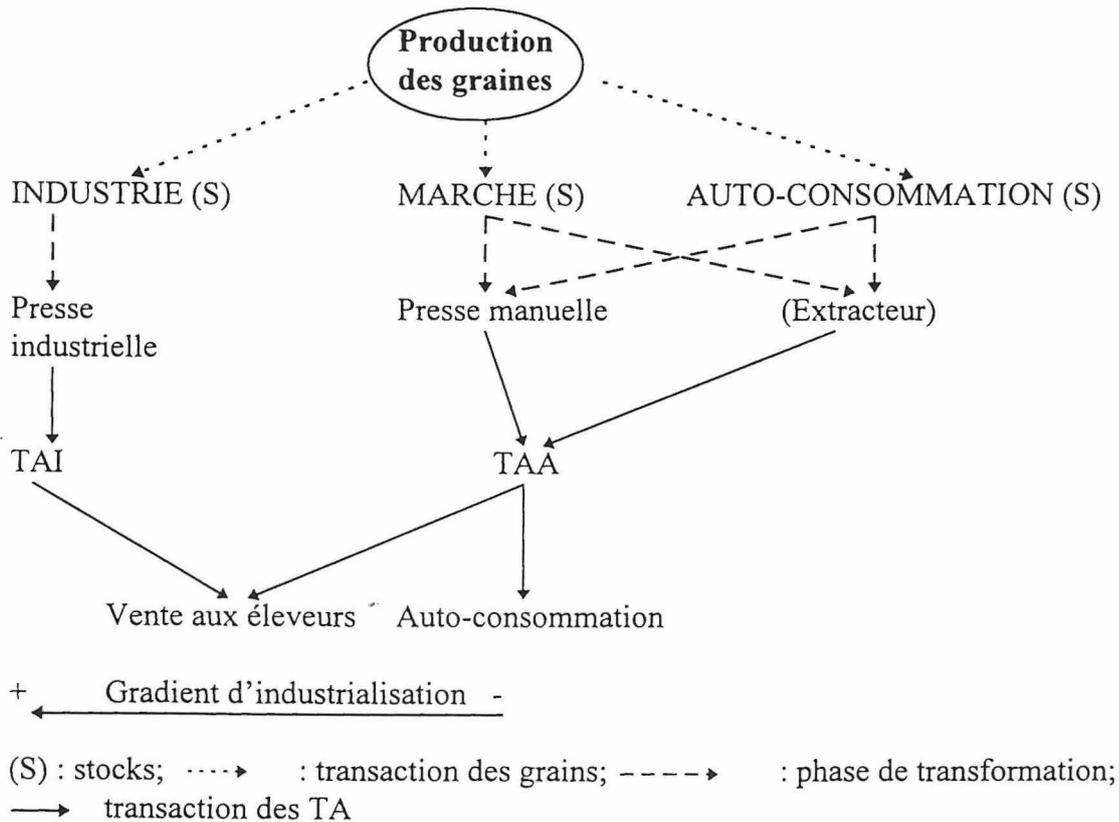


Figure 3 : Schéma de la filière des tourteaux

Sur le plan industriel la SONACOS achète les graines aux paysans, en extrait l'huile et vend les tourteaux.

Au niveau artisanal la pression de l'huile est réalisée par les familles pour satisfaire leurs besoins en huile et en tourteau.

Le surplus est vendu sur les marchés en fonction des besoins financiers. Les marchés sont situés à proximité des lieux de production (l'aller et le retour se font dans la journée). Peu d'exportations vers les grandes villes sont réalisées. L'approvisionnement en graines (décortiquées ou non) se fait au marché ou provient de la production personnelle.

Lorsque les graines sont achetées sur le marché, le stock est faible (maximum une semaine). Il dépend de la disponibilité en argent liquide.

Sur les marchés, il est possible, surtout en période de soudure, de voir des vendeurs revendre les galettes qu'ils ont achetées.

Une seule personne louant sa machine et réalisant la pression contre une rémunération (prix de la pression 35 FCFA / l) a été rencontrée.

### 2.1.3. Les farines de poisson

La filière de production est uniquement industrielle. Les industries achètent le poisson aux pêcheurs et revendent les farines.

### 2.1.4. Le développement des filières

Tandia D., et Harvard M., (1992) ont observé un développement des décortiqueuses à riz semi-industrielles. Ly C., (1986) a dénombré 97 décortiqueuses villageoises en 1985 alors que d'après Touré M., (Responsable du développement des décortiqueuses villageoise à la SAED, communication personnelle) il en existe 360 en 1995 dans la seule région du delta du fleuve. Les principales causes de ce développement sont (Tandia D., et Harvard M., 1992) :

- la saturation des capacités de transformation de la SAED;
- les retards de paiement et de commercialisation de la SAED;
- le besoin présent de liquidité des paysans;
- l'augmentation de la production rizicole.

Ce développement génère une production d'issues de riz appréciées par les éleveurs.

Pour les sons de maïs, il semblerait d'après les enquêtes que la tendance soit au développement (1 unité par an depuis 1990) minoteries semi-industrielles ou industrielles à l'initiative de la SODEFITEX.

Quant au mil, le développement des productions industrielles ne semble pas avoir commencé. Les Grands Moulins de Dakar ont arrêté de moudre le mil en 1985. Actuellement, seul SENTENAC décortique du mil et introduit les sons dans ses aliments volailles.

## **2.2. La production agricole et la disponibilité en riz, mil, maïs et arachide**

### **2.2.1. Présentation des cultures**

#### 2.2.1.1. Le riz

Le riz, *Oryza sativa*, est une des graminées majeures de l'alimentation humaine au Sénégal. La production est assurée à 80 % dans la vallée du fleuve et à 20 % en Casamance (Fall S.T., et al., 1989).

Deux principales variétés sont cultivées : la JAYA et l'IKP. Cependant, sous l'influence de l'ISRA de St Louis, la variété Jaya (meilleur rendement, cycle plus court en contre saison ...) devient de plus en plus importante. Les besoins en eau sont importants : en culture sèche, il faut 1000 à 1800 mm. En mode irrigué, le sol doit être submergé jusqu'à maturation (Mémento de l'agronome, 1984). Cette contrainte explique la localisation de la

production dans la région du fleuve et en Casamance. On distingue une récolte d'hivernage (novembre - décembre) et une récolte de contre-saison (juillet - août) (Cissé M., ISRA St Louis, communication personnelle).

#### 2.2.1.2. Le mil

Le mil (mil, petit mil, mil à chandelle, mil pénicillaire, mil perlé...), *Pennisetum typhoides*, est une graminée majeure de la culture alimentaire en zone soudano-sahélienne (Mémento de l'agronome, 1984) et soudanienne (Fall S.T., et al., 1989). Il est cultivé sur l'ensemble du pays, mais reste étroitement subordonné aux conditions climatiques.

La principale variété est appelée Souna 3. Elle a un cycle court de 60 à 90 j (Fofana A., 1992). La température moyenne optimale de culture est de l'ordre de 28 °C. La pluviométrie optimale ne dépasse pas 400 à 700 mm. Grâce à sa résistance à la sécheresse, 200 mm suffisent. Cette qualité lui confère une régularité de production (d'une année sur l'autre) primordiale dans les zones arides du nord dont la pluviométrie est variable. La ligne des isohyètes 1000 mm (au niveau de Kolda) (Figure 1) délimite l'aire de séparation des mils précoces (Souna) et mils tardifs (Sanios). On considère que les "Souna" sont cultivés exclusivement au nord et que les "Sanios" sont prépondérants au sud. La culture et la récolte se font lors de la saison des pluies (juillet - novembre).

#### 2.2.1.3. Le maïs

Le maïs, *Zea maïs*, est une graminée de second plan. Elle est cultivée au sud du bassin arachidier (Tambacounda) et en Casamance en zone soudano-guinéenne (Fall S.T., Guérin H., et al., 1989).

Les variétés de base les plus cultivées sont le maïs jaune (ZM 19) et le maïs blanc (ZM 10). Cependant, on rencontre de plus en plus de maïs jaune et blanc de Séfa.

Sa culture est encore peu développée par rapport aux besoins du pays. Bien souvent, il est considéré comme un aliment de soudure. Son cycle est de 100 j ce qui lui permet de se développer lors de la saison des pluies. La récolte est réalisée à la fin de l'hivernage. C'est une plante très exigeante quant à la fumure des sols. La pluviosité doit être constante et progressive. La culture peut être réalisée à partir de 600 mm (Mémento de l'agronome, 1984).

#### 2.2.1.4. L'arachide

L'arachide, *Arachis hypogea*, est une plante oléagineuse cultivée pour l'extraction de l'huile. Sa culture est réalisée dans le bassin arachidier constitué des régions de Diourbel, Bambey, Fatick, Kaolack et vers Dahra.

La variété la plus utilisée dans la région des enquêtes (Bambey, Diourbel) a pour nom vernaculaire "Fourré". Son code scientifique est 55 - 437 (ISRA-CNRA). C'est une variété Spanish hâtive à cycle court de 90 - 100 j, très résistante à la sécheresse. La pluviométrie doit être comprise entre 400 et 1200 mm ce qui explique l'importance de son aire de culture. De plus, elle pousse sur des sols très pauvres en minéraux. Sur le plan morphologique, elle est petite, arrondie, rose claire. Le bec est peu marqué.

Le principal distributeur (78% du marché) des semences est la SONAGRAINE, filiale de la SONACOS (Dionque A., Coordinateur Technique de la SONAGRAINE, Communication personnelle).

2.2.2. Les quantités de grains disponibles pour la transformation alimentaire

2.2.2.1. La production agricole

En 1994 / 95, on note une augmentation de 8 % (2 363 735 ha) des terres emblavées, par rapport au cinq dernières années. Les terres destinées à la production arachidière ont subi la plus forte hausse, se répercutant sur la production. Parallèlement une mauvaise répartition de la pluviosité (déficit hydrique du nord au sud dans la région ouest) et une baisse d'achat des intrants (Dir., Agri., 1995) ont entraîné une baisse de la production (Tableau 2) de mil et de maïs.

Tableau 2 : Chiffres de production nette (en tonne) (-15% pertes et semences)

	93/94	94/95
<b>Riz</b>	193 374	162 228
<b>Maïs</b>	138 317	108 233
<b>Mil</b>	653 542	547 751
<b>Arachide d'huile</b>	605 766	678 040

(Dir., Agri., 1995)

2.2.2.2. Les autres sources d'apport alimentaire

La production locale en céréales ne permet pas l'autosuffisance alimentaire. Des apports extérieurs (Tableau 3) (aides alimentaires, importations, stocks) comblent ce déficit.

Tableau 3 : Estimations des apports extérieurs en 94/95 (en tonnes)

	Import	Stock fin 93/94	Aides	Stock fin 94/95
<b>Riz</b>	323 835	91 004	6 545	18 968
<b>Mil</b>	0	0	0	0
<b>Maïs</b>	6 355	0	433	400
<b>Arachides d'huile</b>	0	0	0	0

(Dir., Agri., 1995)

2.2.2.3. Estimation du tonnage

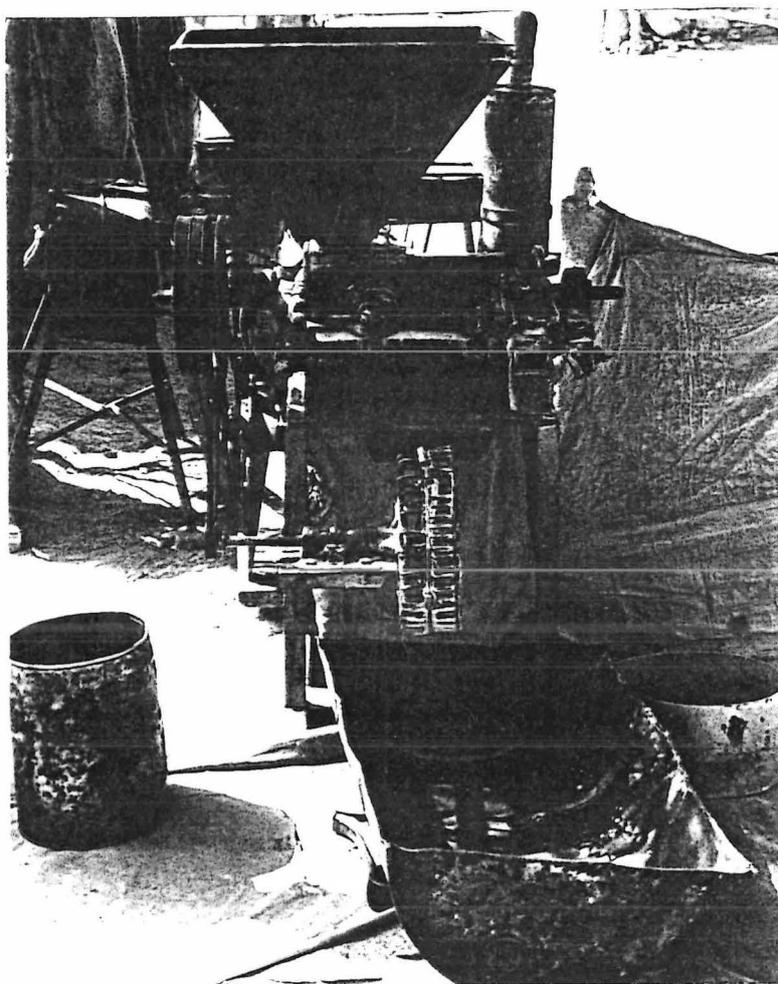
L'importation et les aides alimentaires en riz se font sous forme de riz blanc. Ainsi, seuls la production agricole locale et les stocks seront décortiqués (Tableau 4).

Pour le mil et le maïs la quantité décortiquée sera la quantité utilisée (Tableau 4) pour l'alimentation humaine.

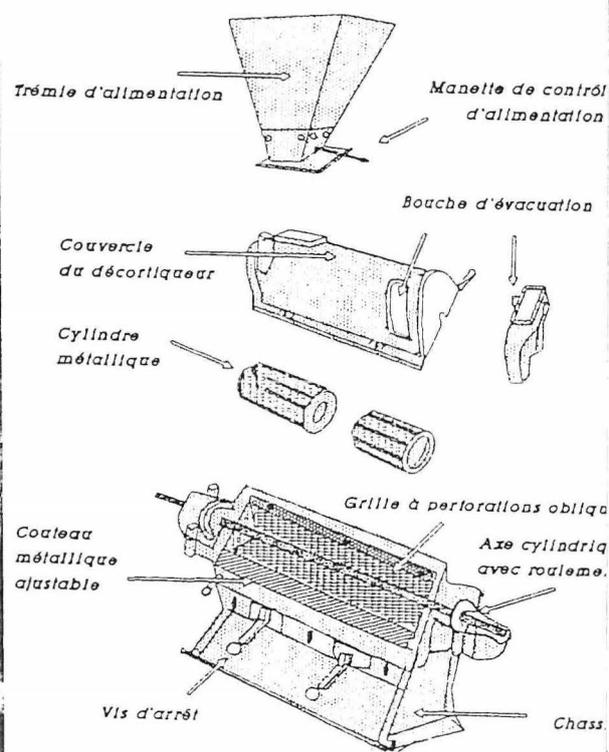
Pour l'arachide, seule la production agricole sera transformée (Tableau 4).

Tableau 4 : Quantité de riz, mil, maïs et arachide subissant une transformation alimentaire

	Disponible
<b>Riz</b>	234 264
<b>Mil</b>	547 751
<b>Maïs</b>	114 621
<b>Arachide d'huilerie</b>	678 040



Vue externe



Vue éclatée

Figure 4 : Décortiqueur à riz Engelberg

## **2.3. Les technologies d'obtention des sous-produits**

### 2.3.1. L'obtention des issues de céréales

Elles sont obtenues après deux traitements technologiques :

- le décortilage (sensu-stricto) qui désolidarise l'ensemble des enveloppes (glumes, glumelles, péricarpe...) du grain (albumen);
- le triage des issues et des graines décortiquées.

Pour le riz, il existe un troisième traitement : le blanchiment ou polissage.

#### 2.3.1.1. La méthode familiale

Elle utilise un mortier et un pilon. On l'appelle le pilage. En général, seuls le mil et le maïs sont décortiqués de cette manière. Cependant, Tandia D., et Harvard M., (1992) ont relevé que le riz pouvait, lui aussi, être décortiqué de cette manière.

Une quantité variable de graines (environ 1kg) est introduite dans le mortier, on ajoute un peu d'eau et l'on projette violemment le pilon dans le mortier. Le temps de pilage est très variable selon les individus.

Pour le mil, le triage est réalisé à l'aide d'un tamis appelé Sanghal (maille de 1/1mm) puis par vannage.

Pour le maïs, seul le vannage est utilisé.

#### 2.3.1.2. La méthode villageoise

On utilise une décortiqueuse mécanique, ou moulin villageois.

La SISMAR, unique fabrique industrielle de décortiqueuses à mil, maïs et à riz., se situe à Pout. Les autres fabricants sont des artisans (PENE et FRERES à Thies, YOKO à Ross-Béthio et d'autres dans les environs de Dakar).

Quatre modèles de décortiqueuses à mil ou à maïs, fondés sur le même principe ont été rencontrés, alors qu'un seul type semble exister pour le riz.

##### *2.3.1.2.1. Le décortilage du riz*

Les décortiqueurs de type Engelberg sont les plus fréquents (Figure 4). Comme pour les décortiqueuses à mil et maïs, elles ont subi une multitude de transformations et d'adaptations technologiques.

Le grain est introduit dans une trémie d'alimentation permettant de réguler le débit. Elle se situe sur le coté gauche de la chambre à décortiquer. Cette chambre renferme un cylindre sur lequel sont soudées des barrettes obliques dans une première partie, puis droites. Dans la chambre, un couteau métallique ajustable vient effleurer le cylindre. Ce dernier amène les grains sur le couteau qui sépare les enveloppes. Le réglage de l'espace entre le couteau et le cylindre est donc déterminant pour une bonne qualité de décortilage. Cet espace doit être de la taille immédiatement inférieure au grain de riz paddy et juste supérieure au grain de riz cargo. Une grille permet l'évacuation des issues (Niagass), tandisqu'à l'extrémité droite une autre évacuation permet la sortie du riz cargo.

Souvent, au niveau de l'évacuation, un ventilateur assure le vannage du riz cargo.



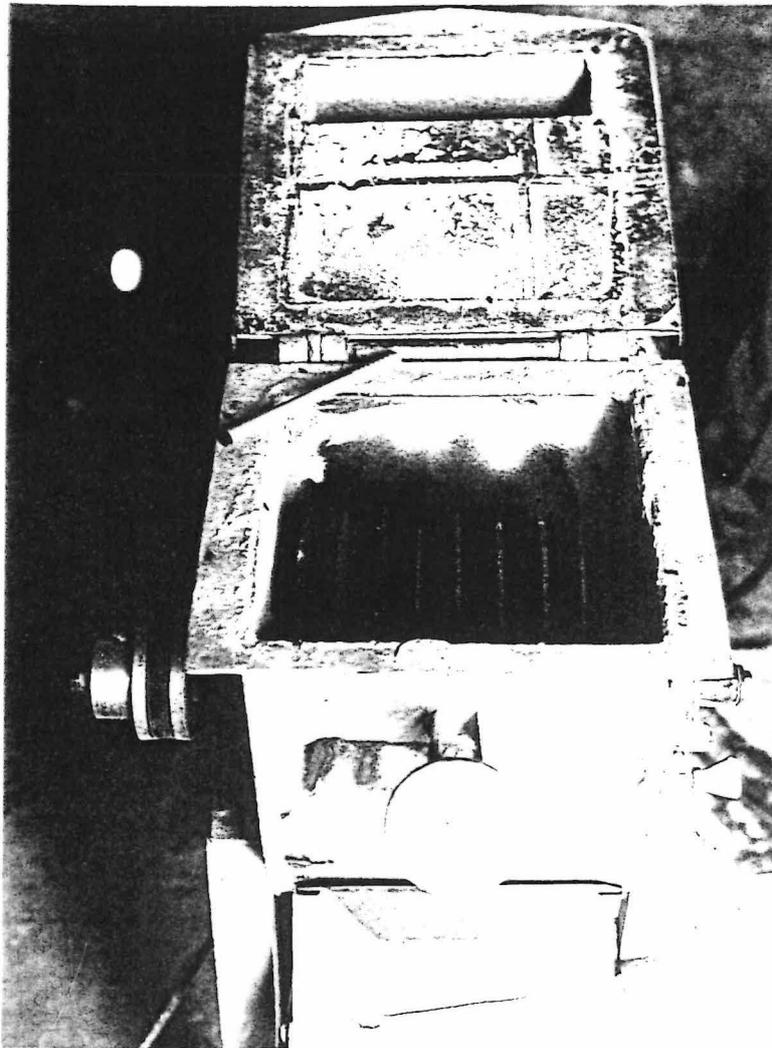


Figure 6 : Décortiqueur à mil (8 disques abrasifs, 1 ouverture)

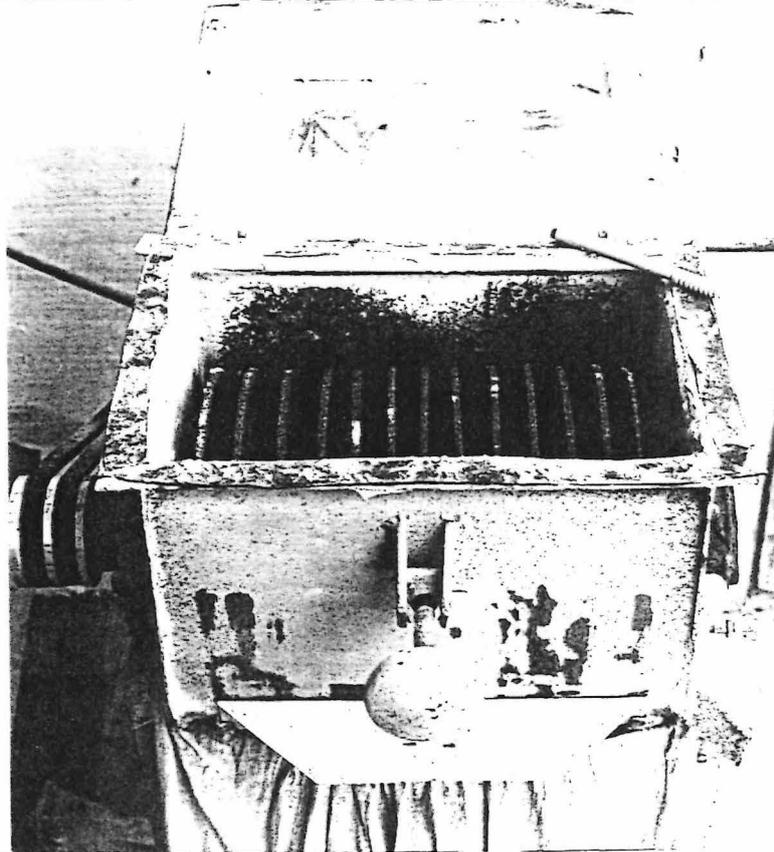


Figure 7 : Décortiqueur à mil (13 disques abrasifs, 1 ouverture)

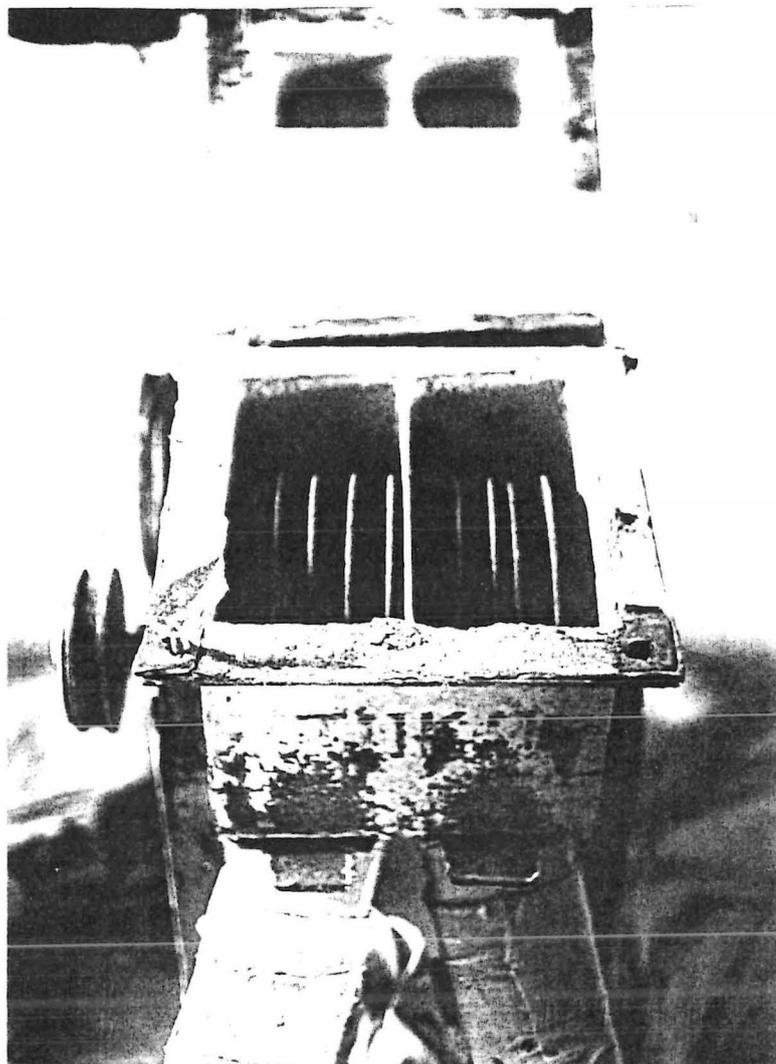


Figure 5 : Décortiqueur à mil à (8 disques abrasifs, 2 ouvertures)

#### 2.3.1.2.2. Le décortiquage du mil et du maïs

Le grain est introduit par une trémie dans la chambre à décortiquer. La quantité de grain est fonction de la taille de la trémie. La chambre est un tube dans lequel tourne un axe. Sur l'axe sont insérés, perpendiculairement, des disques résinoïdes abrasifs (entre 4 et 13). Les grains frottent sur les disques et les enveloppes sont détachées (durée théorique de 3 min). Deux modes de séparation des issues sont possibles.

Par aspiration directe (aspirateur) des issues lorsque la chambre de décortiquage est vidangée (modèle CIS 2, 8 disques à deux ouvertures; Figure 5). Cette méthode est de moins en moins utilisée car la séparation n'est pas satisfaisante. Quand il n'y a pas d'aspirateur, la séparation est réalisée par tamisage et vannage.

La deuxième méthode consiste à introduire les issues dans une chambre de triage. Cette chambre est constituée d'un tube tapissé d'une grille (maille ovale de 12 mm par 1,5 ou 1,2 mm). Le maillage varie selon que l'on décortique du mil ou du maïs. Dans cette chambre, tourne un axe sur lequel sont fixées des brosses en plastique ou en cuir. Elles brassent le mélange (durée théorique de 3 min) dès lors les issues passent à travers la grille et sont reprises ou non par un aspirateur. Les graines sont vidangées par une trappe si la machine est en mode discontinu (modèle CIS 1, 8 disques à 1 ouverture; Figure 6), sinon elles sont vidangées automatiquement en mode continu (modèle CIS 3, 13 disques à une ouverture; Figure 7).

#### 2.3.1.3. La méthode industrielle

Le maïs est décortiqué de façon semi-industrielle dans les minoteries installées par la SODEFITEX. Les décortiqueuses sont aussi des moulins à disques résinoïdes. Cependant, leur entretien est meilleur. De plus, elles sont toutes équipées d'un aspirateur.

En définitive, seul le riz est décortiqué de façon industrielle. Trois usines ont été visitées : la SAED, DELTA 2000 et son annexe semi-industrielle. Chacune présente un mode de décortiquage particulier mais la structure d'ensemble reste identique (Figure 8). La SAED possède des décortiqueuses à meule (Figure 9) alors que celles de DELTA 2000 sont en rouleaux caoutchouc (Figure 10).

#### *\*La SAED de Ross-Bethio, un exemple de transformation industrielle du riz*

Le stockage du grain brut est réalisé dans 10 silos externes de 500 t chacun. Les grains sont pris dans une vis et emmenés dans un petit silo interne de 30 t permettant un autonomie de 6 h en cas de panne de courant.

Ensuite, le paddy est pesé par 50 kg et envoyé dans les premiers décortiqueurs à meule. Là, il y a séparation des balles par aspiration et du son vrai par tamisage. Le riz cargo est séparé des grains non décortiqués à l'aide de tables densimétriques. Le paddy restant est envoyé dans des décortiqueurs à rouleaux (10 pouces). Ce cycle est réalisé jusqu'à ce que la totalité du riz soit décortiquée. Le riz cargo est envoyé dans les blanchisseuses. Là, les grains de riz cargo sont polis, blanchis ce qui donne la farine basse de riz et le riz blanc.

Avec une capacité de décortiquage de 3 à 3,5 t / h, le stock dure environ 10 semaines.

*\*La minirizerie de DELTA 2000 à Ross-Béthio, un exemple de transformation semi-industrielle du riz (mis au point par le CEEMAT (Wydiobroto B.P., 1989)*

Elle est constituée d'un seul bloc effectuant toutes les opérations de transformation.

Le coeur de la rizerie est constitué d'un décortiqueur à rouleaux (6 pouces). Celui-ci se compose d'une trémie d'alimentation fixée au-dessus de la chambre de décortication qui renferme deux rouleaux en caoutchouc tournant en sens inverse, à des vitesses différentes. Leur écartement est réglable en fonction de la variété de paddy à décortiquer. Un ventilateur et un tamis assurent la séparation des balles, du son vrai et du riz cargo.

Un polisseur est accompagné d'une grille perforée, assistée d'un ventilateur qui sépare la farine basse.

Les débits, bien inférieurs aux capacités des unités industrielles, varient entre 500 et 1000 kg / h. L'entretien de ces machines est délicat, un appui technique s'avère indispensable.

#### 2.3.1.4. Les réalités technologiques du terrain et ses problèmes

Malgré une base technologique des machines identique, un grand nombre de variantes les rend uniques :

- usure de la machine (disques, grilles, brosses, arrêt de fonctionnement ou suppression des aspirateurs...);
- mauvaise utilisation de la machine (grilles non adaptées, durée de décortication non respectée...);
- puissance du moteur variable;
- temps de broyage variable;
- variations des réglages (débit horaire, rendement au décortication...(Tandia D., et Harvard M., 1992)).

Nos enquêtes et l'étude de Tandia D., et Harvard M., (1992) sur les décortiqueuses du fleuve révèlent des problèmes liés à la mécanique et à la fabrication locale.

Les principales pannes proviennent de l'usure des pièces (couteaux, barrettes du cylindre, grilles perforées) pour les raisons suivantes :

- les grains ne sont pas nettoyés. On trouve des cailloux, du métal etc.;
- les matériaux utilisés sont de mauvaise qualité (les matériaux importés étant hors de prix). C'est en partie pour cela que la SODEFITEX met au point un décortiqueur à maïs s'adaptant sur les moulins à farine fabriqués localement.

La fabrication des machines est faite sans gabarit (problèmes lors d'échanges standards).

#### 2.3.2. L'obtention des tourteaux d'arachides

##### 2.3.2.1. Le processus artisanal

Dans la bibliographie, on note que l'extraction artisanale africaine peut être réalisée par broyage, chauffage de la graine (60 - 80 °C) et décantation dans de l'eau (extraction d'environ 30 - 50 % de l'huile). Elle peut aussi faire appel à des presses en bois manuelles à pression discontinue. Ce mode de pression donne un tourteau riche en matière grasse (jusqu'à 25 %) (Grillet C., 1992).

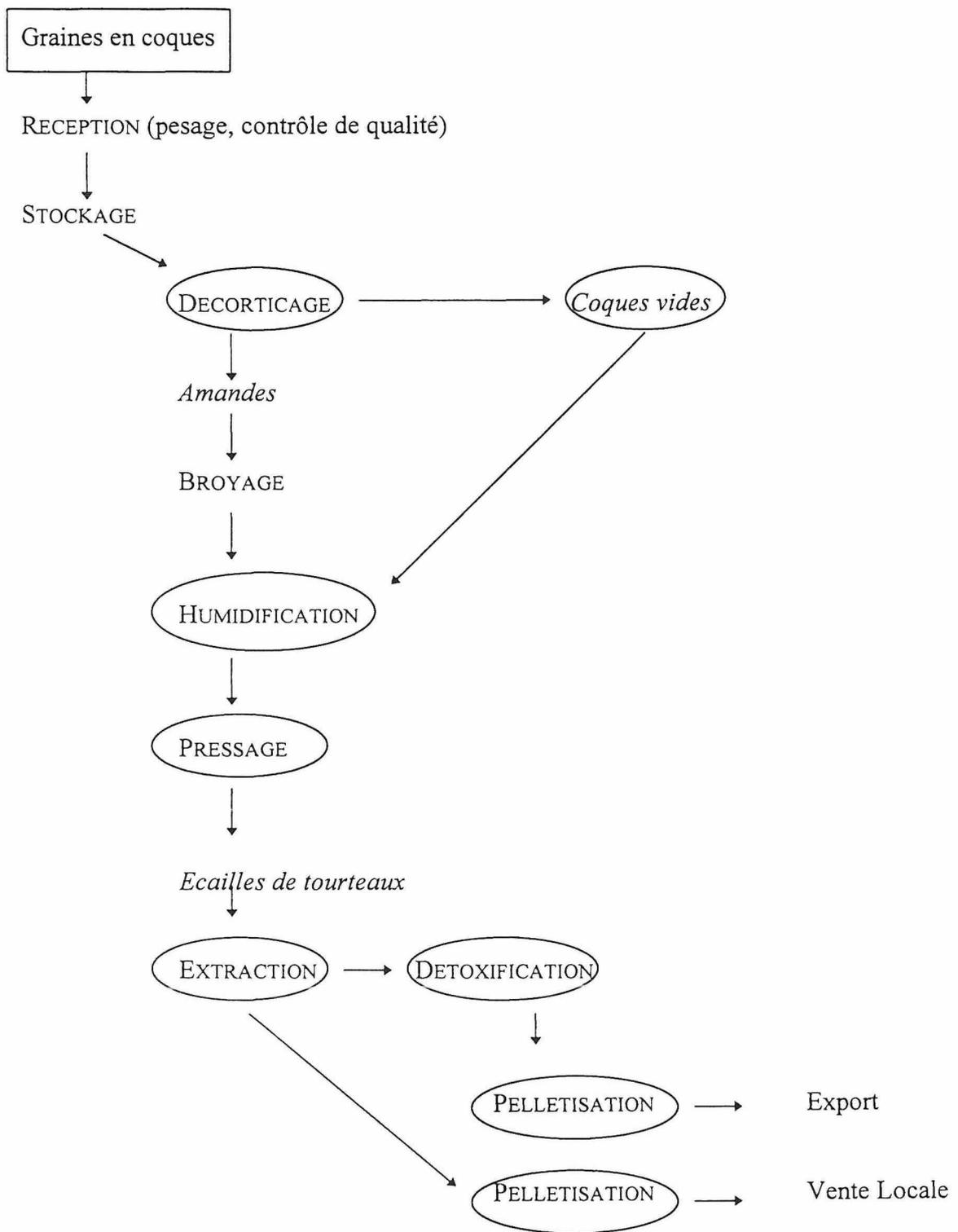


Figure 12.: Processus industriel d'extraction de l'huile (SONACOS)

Nos enquêtes révèlent que le stockage des graines est de courte durée et de faible quantité (maximum une semaine de production soit 50 kg). Les graines sont gardées à l'abri dans des sacs plastiques. En hivernage, on note la présence d'insectes. Le stockage étant de courte durée les dégâts sont minimes et peu de traitements sont réalisés.

Le décortiquage est réalisé à l'aide d'une décortiqueuse mécanique. Sa fabrication est simple et peu coûteuse (2500 à 6000 FCFA). Elle se constitue d'un cylindre perforé (maille de  $\approx 10 * 15$  mm) dans lequel est mis en mouvement un battoir denté. Celui-ci coince les graines non décortiquées contre le cylindre perforé, la coque se désolidarisant ainsi des amandes. La séparation des amandes et des coques se fait par vannage. Une partie du son d'arachide est enlevée de façon involontaire lors du décortiquage.

Le broyage des graines peut être réalisé à l'aide d'un pilon, ou d'un broyeur mécanique à marteaux. Le prix du broyage est de  $11,5 \pm 9,9$  FCFA / kg.

La farine est mise à chauffer dans un couscoussier jusqu'à l'obtention d'une "pâte". La durée du chauffage et la température, paramètres très variables, n'ont pu être déterminées. Cependant, il serait intéressant de réaliser une étude sur la variabilité de ces paramètres et leurs influences sur la constitution chimique des TAA.

La pâte est introduite dans la presse manuelle métallique à raison de  $3,24 \pm 1,1$  kg par galette. Le nombre de galettes par pression est variable ( $8 \pm 3,7$ ) en fonction de la dimension de la presse (diamètre moyen 30 cm, hauteur moyenne 50 cm). Chaque galette est séparée par un sac plastique. La pression est réalisée par serrage d'une vis sans fin qui s'appuie sur une plaque métallique. La pression est variable en durée, en puissance selon que ce soit une femme ou un homme, en quantité de pâte introduite etc.. En moyenne, 1kg d'arachides donne  $0,48 \pm 0,16$  litre d'huile (cv de 33 %). Sachant qu'un litre d'huile pèse 0,93 kg, avec 100 kg d'arachides décortiquées on fabrique 48 l d'huile et 55 kg de tourteau.

Si le tourteau est destiné à l'alimentation du bétail, il subira de nouveau, le lendemain, un broyage, un chauffage et une pression.

Les galettes seront mises à sécher au soleil jusqu'à la vente.

Notons que la décortiqueuse et la presse (Figure 11) sont personnelles (achat par la famille) alors que le broyage mécanique est réalisé dans les moulins villageois.

D'autre part, les pratiques frauduleuses soupçonnées (ajout de coques ou de sable) n'ont pas été confirmées lors des enquêtes.

#### 2.3.2.2. Le processus industriel

Au Sénégal, seule la SONACOS produit de l'huile d'arachide et par conséquent du tourteau. Elle produit deux catégories de tourteau déshuilés :

- un tourteau détoxifié exporté;
- un tourteau non détoxifié vendu localement.

Il a été possible de visiter l'usine de Kaolack. Nous généraliserons le processus (Figure 12) aux quatre usines de la SONACOS.

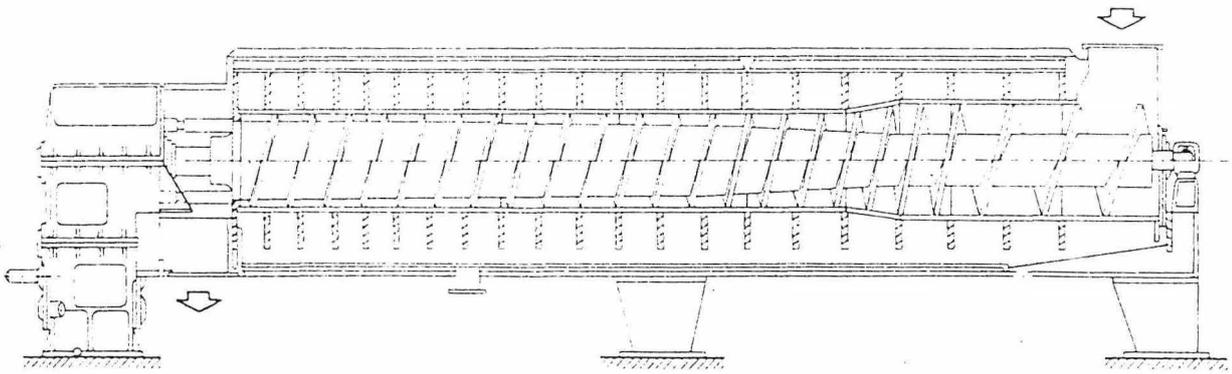


Figure 13 : Presse à huile industrielle

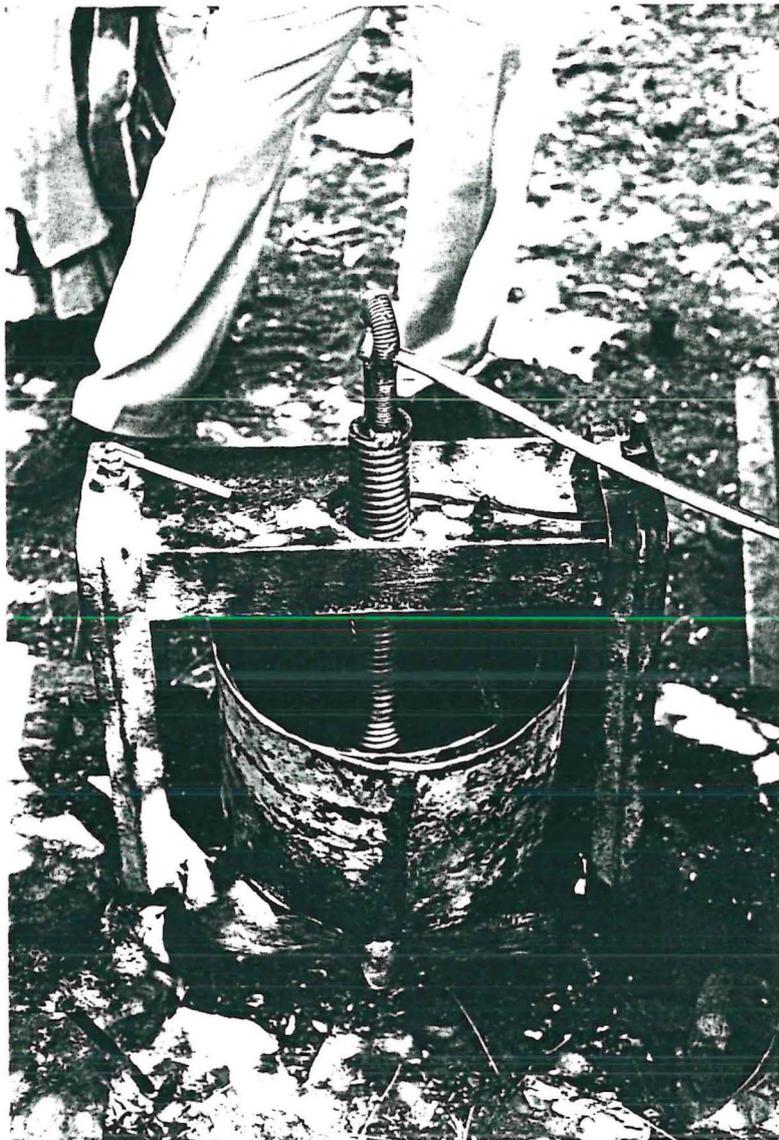


Figure 11 : Presse à huile artisanale

*\*Stockage et conservation des graines*

Les graines, non décortiquées, sont stockées sous des bâches plastiques par tas (seccos) de 20 000 t.

Aucun séchage particulier n'est réalisé. Ceci peut entraîner des dégradations, ainsi qu'une baisse de qualité des graines notamment en saison des pluies. Plusieurs fumigations sont réalisées afin de lutter contre les moisissures (*Aspergillus flavus*), les charançons et la bruche des coques d'arachides.

*\*Préparation des graines pour l'extraction de l'huile*

Le nettoyage, le décortilage, et la séparation des coques et des amandes sont réalisés lors d'une même opération. Les graines sont amenées, par un tapis, dans les décortiqueuses. Celles-ci sont semblables aux décortiqueuses artisanales. Elles sont constituées d'un cylindre dont la paroi est une grille perforée. A l'intérieur, des bras en rotation tapent les graines, désolidarisant les coques des amandes. L'intérêt du décortilage est de réduire les matières cellulosiques (coques et pellicules), et surtout de faciliter l'extraction de l'huile. Les coques restantes se chargent d'huile augmentant le taux de matière grasse et le taux de cellulose brute.

Le tout tombe sur un tapis vibreur perforé. Les amandes restent sur le tapis et les coques sont extraites par ventilation.

D'après l'arrêté du 13 mars 1989 du Ministère Français de L'Economie, des Finances et du Budget, les tourteaux d'arachides du Sénégal sont classés comme des tourteaux d'extraction partiellement décortiqués.

*\*Le Broyage*

Le broyage est réalisé à froid. Le broyeur est constitué de rouleaux crénelés tournant en sens inverse. L'espace entre les rouleaux est de 1 mm.

*\*Le traitement thermique des graines broyées*

Le chauffage des graines favorise l'extraction de l'huile. Il est réalisé par injection progressive (de 70 à 130 °C en 45 min) de vapeur. Cette phase entraîne une stérilisation (bactériologique, mycologique...) de la pâte.

*\*L'extraction de l'huile et l'obtention du tourteau*

Elle est réalisée par pression continue et par extraction à l'aide d'un solvant.

La pression fait appel à des presses hydrauliques (type TITAN, de Mécanique Moderne) (Figure 13) à vis. Elles ont une capacité horaire de 2 t. Elles sont constituées d'une vis sans fin qui tourne dans une cage de section décroissante. La pression et la température augmentent progressivement (à la sortie 1500 bars et 90°C). A l'extrémité de la cage on obtient les écailles de tourteau et en dessous on récupère l'huile.

La teneur du tourteau en huile est de 11 à 14 % et l'humidité est de 5 à 6 %.

L'extraction est réalisée par la méthode du contre-courant. Le solvant utilisé est l'hexane. L'huile passe du tourteau (phase la plus concentrée en huile) au solvant organique

(phase la moins concentrée) par diffusion. Pour cela, on vaporise de l'hexane sur le tourteau, disposé sur tapis roulant. L'huile se dissout dans le solvant formant le micella (huile + hexane). Celui-ci tombe en dessous du tapis. Le micella est repris et libéré de nouveau sur le tourteau. Cette opération est répétée quatre fois. A l'extrémité du tapis, le tourteau a une teneur en huile de 0,5 %. Quant au micella, il est distillé (à 95°C) trois fois de suite, séparant ainsi l'huile et l'hexane.

*\*La désolvantisation du tourteau*

Elle est réalisée dans un appareil appelé toaster. Cette opération se fait par distillation puis désorption. On réalise un chauffage (par introduction progressive (de 60 à 110°C) de vapeur) afin d'atteindre la température d'évaporation de l'hexane. La désorption est une simple diffusion de l'hexane dans l'air. Il existe toujours un résidu d'hexane dans les tourteaux (200 à 500 ppm). Il se volatilisera lors du stockage d'autant plus si le local est ventilé et si la température ambiante augmente. L'hexane est un produit fortement toxique. Cependant, dans la bibliographie aucune intoxication n'a été notifiée. Suite à la désolvantisation le tourteau ressort plus sec.

*\*La pelletisation*

Elle permet d'augmenter la densité du produit (réduisant ainsi le coût du transport), une réduction des fines et une régulation de son calibrage.

*\*Le stockage*

Il est pratiqué en sac plastique ou en vrac. Des traitements chimiques de lutte contre les *Aspergillus flavus* et les charançons sont réalisés régulièrement.

*\*La détoxification*

Les traitements technologiques d'extraction de l'huile ne réduisent que très légèrement la teneur en aflatoxines. En effet, elles sont stables jusqu'à 300°C, non distillables, non entraînaibles à la vapeur surchauffée, non solubles dans l'hexane. D'autres moyens de détoxification ont donc été proposés.

Avant de présenter les méthodes chimiques, notons que des procédés agronomiques peuvent réduire considérablement les contaminations.

Le procédé chimique utilisé est un traitement au formol et à l'ammoniac. Cette méthode nécessite l'adjonction de formol (0,3 à 0,6 %) suivie d'un traitement à l'ammoniac gazeux sous pression, en présence d'eau. Les tourteaux ayant subi ce procédé sont appelés "Profor" (marque déposée). Cette méthode assure un taux de détoxification de 95 %. Cela signifie que sur le plan technique le problème des aflatoxines est résolu. Les tourteaux détoxifiés ont une teneur en aflatoxine proche de 5 ppb et au maximum de 20 ppb répondant à la législation Européenne. La législation est variable en fonction des pays. L'arrêté de 1992 donne les teneurs en aflatoxines B1 admissibles dans les aliments du bétail (Dauvillier P., 1995, Communication personnelle) (Annexe 2).

### 2.3.3. L'obtention des farines de poisson

#### 2.3.3.1. Le processus artisanal

Ce sous-produit a été exclu de l'étude pour deux raisons :

- la fabrication de farines de poisson artisanale est rare;
- lors des enquêtes, aucun éleveur n'utilisait des farines de ce type.

#### 2.3.3.2. Le processus industriel

Deux usines existent à Dakar : Afric-azote et Sénégal-protéine. Seule la visite d'Afric-Azote a été possible.

L'usine Afric-azote est constituée de deux chaînes de production d'une capacité de traitement de 10-15 t de poissons / h soit environ 2-3 t de Farine de Poisson (FdP). Le rendement est donc de 20 %.

La matière première utilisée est constituée de poissons invendus ou pêchés à cette intention (harengs, sardinelles) et de déchets de conserveries (thon, rouget, etc.). Le prix des poissons varie en fonction de la taille (8 à 12 FCFA / kg), celui des déchets varie de 5 à 10 FCFA / kg. Le taux de mélange (poisson, déchets) est inconstant. En saison sèche, les déchets représentent presque 100 % alors qu'en hivernage c'est l'inverse.

Aucun stock n'est réalisé. Le poisson doit d'être frais pour ne pas colmater la chaîne et éviter ainsi les pannes.

La production est basée sur la méthode de pressage par voie humide. La chaîne peut être décrite de la manière suivante :

- les camions vont chercher les poissons et les déchets;
- les déchets sont broyés alors que les poissons ne le sont pas;
- le tout est cuit à la vapeur (90 - 105 °C) pendant 10 min. dans un four à tapis roulant;
- ensuite l'ensemble est pressé afin d'extraire le maximum d'eau et d'huile. Les presses utilisées sont hydrauliques à vis. Elles sont constituées d'une vis sans fin qui tourne dans une cage de section décroissante. La pression et la température augmentent progressivement. A l'extrémité de la cage sortent les eaux résiduaires et le gâteau.

Au Sénégal il n'y a pas de marché pour les huiles de poisson. Elles sont recyclées comme carburant pour la chaudière. Les eaux résiduaires sont rejetées à l'égoût sans aucun traitement;

- le gâteau est déshydraté dans un four (500 - 600 °C pendant 10 - 12 min);
- ensuite il est broyé (broyeur à marteaux) et mis en sacs de 50 kg.

## 2.4. Les sous-produits

Ainsi que nous l'avons vu précédemment les céréales comme l'arachide, pour être consommées, subissent des transformations. Celles-ci génèrent des issues de céréales (son, farine basse, balle ...), et du tourteau. Le vocabulaire imprécis désignant les issues de céréales entraîne des confusions. Aussi nous allons clarifier ces appellations et définir ces issues. Ensuite nous estimerons les quantités produites de sous-produits.

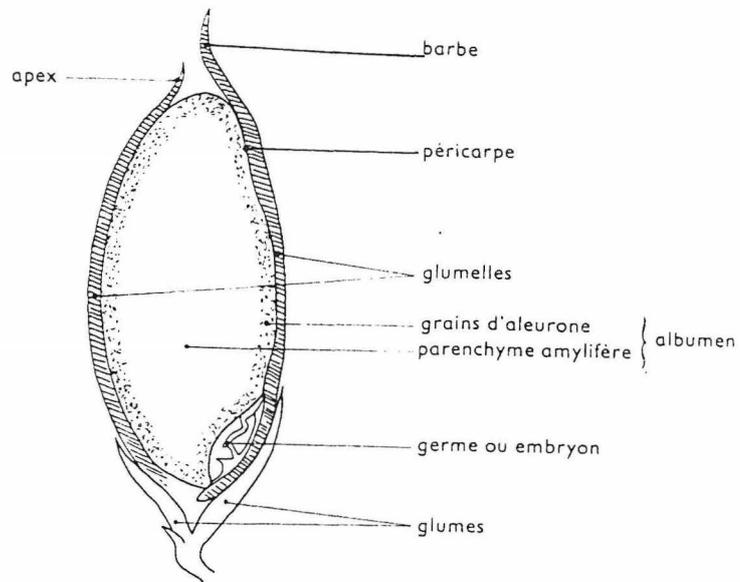


Figure 15 : Coupe d'un grain de riz paddy

## 2.4.1. Dénominations et définitions des sous-produits

### 2.4.1.1. Les issues de riz

Plusieurs modes de décorticages sont utilisés. Ainsi, de nombreux sous-produits existent (Figure 14).

Nous pensons pouvoir simplifier ce vocabulaire comme suit :

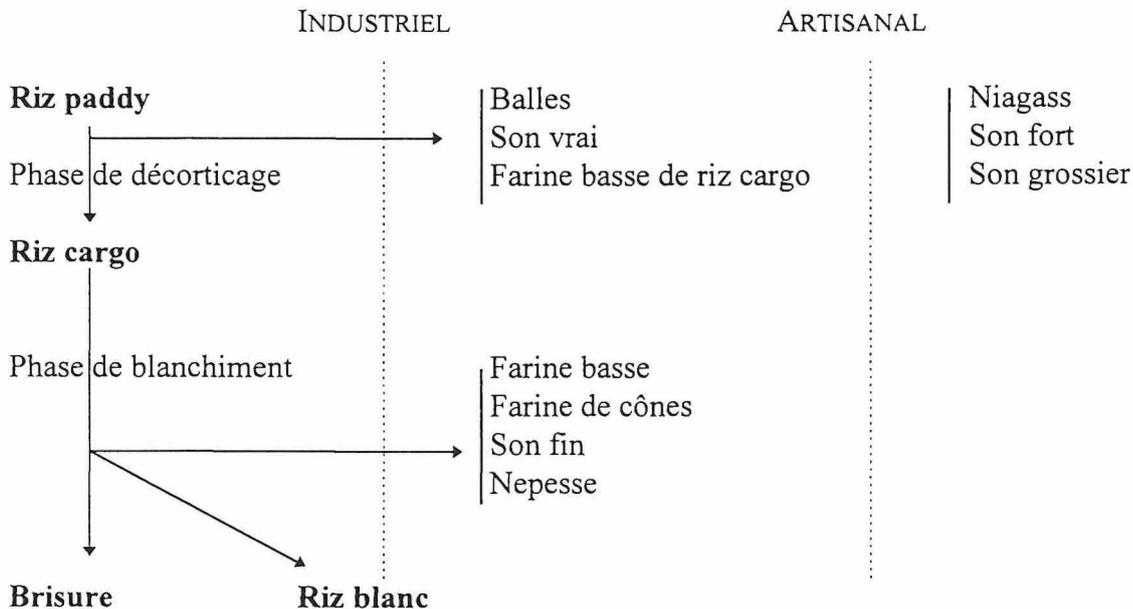


Figure 14 : Présentation des issues de riz

\*Les balles sont constituées des enveloppes celluloses externes du grain (glumes et glumelles) (Figure 15).

\*Le son vrai est constitué des différentes couches cellulaires entre les enveloppes et l'albumen amylicé (Figure 15). Il est obtenu par tamisage ou vannage, c'est-à-dire que l'on retire les balles.

\*La farine basse est composée du péricarpe du grain et d'une partie de l'albumen amylicé (Figure 15). En effet, le péricarpe étant accolé à l'albumen amylicé, parfois une petite partie de l'albumen est extraite lors du polissage (Loa C., 1988).

Couramment d'autres termes sont employés :

\*Le son grossier ou son fort (Niagass en Wolof) correspond à un mélange de balles et de son vrai. Il est issu du décorticage par les moulins villageois.

\*Le son fin ou son vrai est moins chargé en balles que le son fort. Parfois on l'appelle aussi farines basses de riz cargo (Widyobroto B.P., 1989). Il est obtenu par tamisage du son grossier (artisanal) ou par l'usinage industriel.

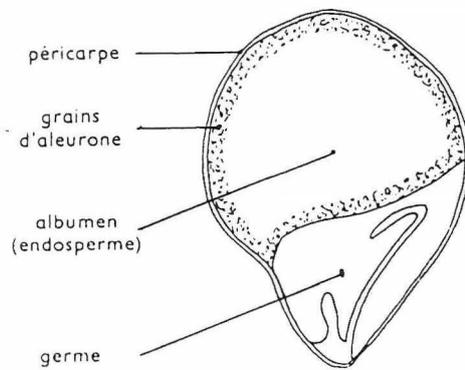


Figure 16 : Coupe d'un grain de mil

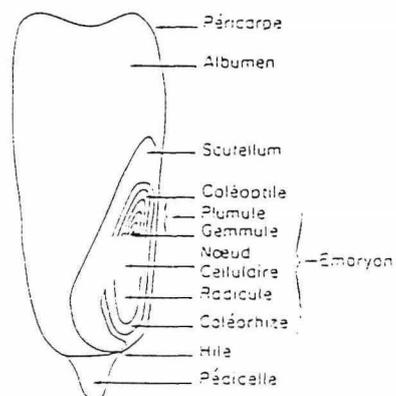


Figure 17 : Coupe d'un grain de maïs

\*Pour les farines basses (Nepesse) il n'y pas d'ambiguïté. Elles sont obtenues industriellement ou par tamisage du son fin artisanal. On note qu'elles sont plus ou moins chargées en brisures, en fonction du mode de polissage.

\*Les brisures fines de riz blanc sont appelées Sankhal. Elles sont parfois utilisées pour l'alimentation des animaux de case mais en général elles sont gardées pour l'alimentation humaine (Ly C., 1986, Djoudeitingar D., 1993).

#### 2.4.1.2. Le son de mil

Seul, le terme son de mil est employé. Le décortilage artisanal étant grossier, le son est un mélange de glumes, glumelles, péricarpe, albumen et de brisures (Figure 16).

#### 2.4.1.3. Les sons de maïs

Lors du décortilage, les décortiqueuses villageoises ou les minoteries ne permettent pas de séparer convenablement les différentes enveloppes du grain (Figure 17).

Là aussi, le terme de son, résulte d'un mélange farineux d'enveloppes, d'albumen amylicé et de germes embryonnaires.

La SODEFITEX met au point une décortiqueuse donnant du son « plat ». Ce son est constitué en majorité par les enveloppes du grain et non plus par la partie amylicée (d'où le nom de son plat).

#### 2.4.1.4. Les tourteaux d'arachides

Seul, le terme tourteau, est employé. Il correspond à la pâte d'arachide restante après l'extraction de l'huile. Le TAA se présente sous la forme d'une galette plate de quelques kilos, alors que le TAI est en granulé.

### 2.4.2. Production et disponibilités des sous-produits

#### 2.4.2.1. Répartition entre le secteur industriel et artisanal

La transformation des sous-produits est réalisée par le secteur artisanal (moulin, pilage) et industriel.

Dans la bibliographie, comme lors des enquêtes, il n'a pas été possible d'évaluer la part des céréales décortiquées par les moulins villageois et celle par l'utilisation des mortiers. Aussi, le décortilage a été regroupé selon deux modalités :

- industrielle (regroupant le secteur semi-industriel);
- artisanale (regroupant les moulins villageois et le pilage).

La quantité décortiquée par les industries étant estimable, la différence avec le total décortiqué sera la quantité traitée par le secteur artisanal (Tableau 5).

**Tableau 5** : Répartition entre les différents secteurs d'activités (en tonnes)

<b>Aliment</b>	<b>Industriel</b>	<b>Artisanal (1)</b>
<b>Riz</b>	36 122 (2)	198 142
<b>Maïs</b>	175 (3)	114 446
<b>Mil</b>	1 300 (4)	546 451
<b>Arachide d'huile</b>	28 795 (5)	447 394 (6)
<b>Total</b>	66 392	1 306 433

(1) = Consommé total - Industriel.

(2) = Production industrielle et semi-industrielle estimée par la SAED en 93/94.

(3) Estimation d'après les enquêtes de terrain. 175 t pour minoteries de SODEFITEX.

(4) Mr Diop M. Service Commercial SENTENAC, Communication personnelle.

(5) pour la production de tourteau non détoxifié vendu localement (Mr Sow A., Siège Social de la SONACOS, Communication personnelle).

(6) = Disponible - ( TAI vendu localement - TAI exporté)

La majeure partie (95 %) de la transformation est réalisée par le secteur artisanal.

#### 2.4.2.2. Rendements de la transformation

Le rendement se définit comme la quantité de sous-produit obtenue à partir de 100 kg de matière première.

Ils ont été estimés pour les deux secteurs. Les rendements (Tableau 6) du secteur artisanal correspondent à la moyenne entre les rendements des moulins villageois et du pilon.

**Tableau 6** : Rendements des différents secteurs (en %)

	<b>Industriel</b>	<b>Artisanal</b>
<b>Issues de Riz</b>		
<b>FbR</b>	7,5 (1)	
<b>SvR</b>	10 (1)	
<b>B</b>	20 (1)	
<b>SgR</b>	/	30 (2)
<b>Son de maïs</b>	15 (3)	18
<b>Son de mil</b>	18,5 (3)	27,8 (5)
<b>Tourteau d'arachide</b>	41,5 (4)	47,5

(1) Loa C., 1988; Communication personnelle de la SAED; Kébé C., 1985, Göhl B., 1982.

(2) Enquêtes; Ly C., 1986.

(3) Enquêtes; Kébé C., 1985.

(4) Communication personnelle de la SONACOS; Arachide Infos (n° 2, juin 1989); Actualité tertiaire (n° 17, 1993).

(5) Enquêtes.

#### 2.4.2.3. Les quantités produites

L'estimation des quantités produites (Tableau 7) à été réalisée en multipliant la quantité disponible en matière première par les rendements lors de la transformation.

Tableau 7 : La production des sous-produits sur l'année 94 / 95 (en tonnes)

Sous-produits	Industriel	Artisanal	Total
Farine basse de Riz	2 709	/	2 709
Son vrai de riz	3 612	/	3 612
Balles de riz	7 224	/	7 224
Son grossier de riz	/	59 443	59 443
Son de Maïs	26,25	20 600	20 626
Son de Mil	240	163 935	164 175
Tourteaux d'arachide	11 950	212 512	224 462
Farine de poisson	2 070 (1)	/	/

(1) besoin du domaine avicole en 1994 (Afrique et Agriculture, n° 212, fév 1994). On estime que la production locale couvre les besoins puisqu'il n'y a pas d'importation de farines de poisson mais au contraire exportation (Direction de l'océanographie et des pêches maritimes, 1995).

#### 2.4.2.4. Equivalents énergétiques et azotés

Afin de mieux estimer le potentiel alimentaire des sous-produits, il a été calculé leurs équivalents en valeurs alimentaires (Tableau 8). Les valeurs alimentaires (UFV, UFL, PDIE, PDIN et EMAN) sont issues du tableau 36.

Tableau 8 : Equivalents en valeurs alimentaires (\* 10<sup>3</sup>) de la MS

Sous-produits	UFV	UFL	PDIN	PDIE	PDI (PDIN + PDIE)	EMAN
FbR	3	3	18	18	36	8 292
SvR	2	2	16	25	41	5 970
SgR	25	31	169	369	538	61 107
SdMA	27	26	146	189	335	61 775
SdMI	204	204	1 235	1 294	2 529	344 931
TAI déshuilé	10	11	373	103	476	24 186
<b>TAA</b>	<b>285</b>	<b>289</b>	<b>7 476</b>	<b>6 147</b>	<b>13 623</b>	<b>791 819</b>
FdP	3	3	86	18	104	7 170

Le TAA semble être le sous-produit offrant la plus grande disponibilité en apport énergétique et protéique. On note la part importante des sons de mil.

#### 2.4.2.5. Répartition géographique

Afin de pouvoir appréhender la disponibilité des sous-produits par rapport aux zones d'élevages il a été réalisé une répartition géographique des sous-produits (Tableau 9).

Tableau 9 : Répartition géographique des équivalents en valeurs alimentaires

Régions	UFV	UFL	PDIN	PDIE	EMAN
Dakar	14	13	459	121	31 357
Diourbel	36	35	559	368	78 553
Fatick	54	53	840	564	118 937
<b>Kaolack</b>	<b>218</b>	<b>216</b>	<b>3 777</b>	<b>2 699</b>	<b>503 885</b>
Kolda	74	73	1 129	894	171 163
Louga	36	36	734	553	88 510
Saint Louis	28	25	219	304	59 284
Tambacounda	51	51	934	747	125 276
Thies	40	40	646	430	89 920
Ziguinchor	16	15	207	186	35 139

La zone sahélienne (Dahra, Linguère) est la principale zone d'élevage extensif. Les sous-produits apparaissent comme un apport alimentaire de sauvegarde du bétail en période de soudure. Cependant, les productions agricoles sont peu importantes et les sous-produits doivent être transportés des régions les plus proches (Diourbel, Louga).

Les autres régions se caractérisent par un élevage intensif ou semi-intensif pouvant utiliser les sous-produits comme complément de ration ou ration complète. C'est le cas des régions de Kaolack ou de Kolda qui génèrent une grande quantité de sous-produits.

#### 2.4.3. Conclusion sur la disponibilité des sous-produits

Il apparaît que la filière du mil ne possède pas de secteur industriel ou semi-industriel. La majorité de la production des sons est familiale ou villageoise. Les décortiqueurs, dont le rythme de production est faible (40 / 50 kg par semaine), réalisent des petits stocks rapidement écoulés. La production familiale est trop peu importante (1 à 3 kg par jour de son pour une famille (Kébé, C., 1985)) pour être stockée et vendue. Ceci explique la faible production de son et l'absence de stock important.

A l'inverse, les issues de riz sont produites majoritairement par les industries de transformation du paddy. La SAED, dès 1970, et, depuis 1993, une multitude de petites industries (Annexe 3) se sont créées. La production de riz blanc étant importante, des stocks d'issues de riz sont réalisés. De plus, les villageois conservent le riz à l'état brut et réalisent le décorticage au fur et à mesure des besoins. Ceci permet une meilleure conservation du riz. Indirectement cela assure une production continue toute l'année et évite la détérioration de la qualité lors du stockage. Ainsi, toute l'année dans les régions de production du riz les issues de riz sont disponibles. Cependant, en période de soudure, les industries fonctionnent au ralenti, voire même arrêtent leur production. Les stocks de son vrai et de farine basse s'épuisent. Les éleveurs utilisent alors le Niagass qui est la seule issue disponible.

Pour le maïs, un phénomène semblable d'industrialisation débute avec la mise en place, depuis 1990, des minoteries semi-industrielles encouragées par la SODEFITEX. Pour l'instant, la production de maïs et la fabrication de semoule est trop faible pour satisfaire la demande en son.

Concernant le tourteau d'arachide artisanal, l'équilibre entre l'offre et la demande semble atteint. En effet, toute l'année il est possible de se procurer du tourteau. Cependant, à l'approche de l'hivernage, la disponibilité est moins importante et les prix augmentent. S'agissant des tourteaux industriels, il ne semble pas y avoir de rupture d'approvisionnement.

### **Chapitre III - ETUDE DES VALEURS BROMATOLOGIQUES ET ALIMENTAIRES DES SOUS-PRODUITS**

Cette étude a pour objectifs de :

- cerner les limites d'une qualité minimale
- délimiter les plages de variations
- caractériser les groupes de sous-produits en fonction de leur mode d'obtention.

Elle se déroulera selon le plan suivant :

- étude de la population (moyenne, écart-type, minimum, maximum, coefficient de variation (en %));
- étude des variables contribuant à la variabilité. On utilisera une Analyse en Composante Principale (ACP) sur les variables chimiques (MAT, CBW, MGE, MM). Deux raisons ont orienté notre choix :
  - ce sont les plus intéressantes sur le plan nutritionnel;
  - un maximum d'échantillons présentent ces analyses;
- réalisation de groupes à l'aide de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH);
- comparaison de la population avec les échantillons récoltés sur le terrain à l'aide de comparaison de moyenne au seuil de 5 % (test bilatéral).

La population des sous-produits a été constituée à partir des bases de données de l'IEMVT et IO7. Les échantillons récoltés lors des enquêtes sont peu nombreux, il faut donc être prudent quant à la généralisation des résultats des analyses.

Les calculs statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel : STATITCF 4.0.

#### **3.1. Etude de la variabilité des issues de riz**

La base de données de l'IEMVT nous a fourni 50 échantillons d'issues Sénégalaises dont la majorité était caractérisée (dénomination, processus technologique ...).

##### **3.1.1. Etude de la population**

Un échantillon présentant une teneur en ICl anormalement forte, conséquence possible d'une fraude ou d'une pollution, a été supprimé.

Comme l'a montré Wydiobroto B.P., (1989), les issues de riz révèlent une grande variabilité de qualité. Il est donc impossible de généraliser des compositions chimiques pour l'ensemble des issues. La réalisation de groupes plus homogènes semble indispensable.

##### **3.1.2. Etude des variables influençant la qualité des issues de riz**

Il apparaît que l'axe 1 de l'ACP explique 87 % de la variation totale. Les variables contribuant à cet axe sont CBW et MM ( $r = 0,865$ ) pour le côté négatif. Pour le côté positif ce sont MAT et MGE ( $r = 0,852$ ).

Du côté négatif l'axe 1 caractérise des issues aux teneurs en Cellulose Brute et en Minéraux fortes. Ceci s'explique par la teneur importante en silice (ICI) des balles. Ainsi, une augmentation du taux de cellulose entraîne une hausse de la teneur en ICI, donc en MM.

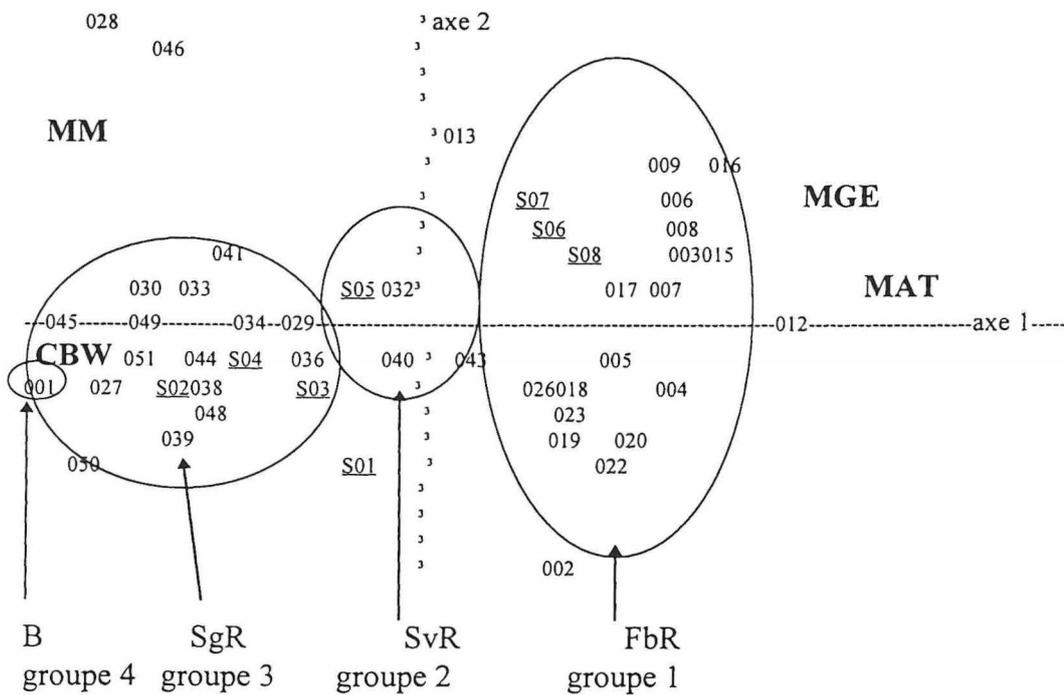
Du côté positif il caractérise des issues ayant des teneurs en MAT et en MGE importante.

Il apparaît que seulement deux variables (MM, MAT) permettent d'expliquer 87 % de la variabilité de la qualité des issues de riz (Figure 18).

### 3.1.3. Classification des issues de riz

Lors des enquêtes il a été déterminé, en fonction des processus technologiques, cinq issues principales. Le Niagass ou son grossier issu des moulins artisanaux, le Nepesse ou son vrai issu du tamisage du Niagass. Sur le plan industriel on distingue le son vrai, les farines basses issues du blanchiment industriel du riz cargo et les balles.

La classification ascendante et la description hiérarchique nous permettent de choisir une partition à 1 noeud supérieur. Cette répartition ne permet pas de comparer nos échantillons et ceux de Widyobroto B.P., (1989). En revanche, une partition à 3 noeuds supérieurs nous le permet en obtenant 4 groupes (Figure 18).



Légendes : SO i = Echantillons récoltés; Oxy = Echantillons de la population

Figure 18 : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des issues de riz

Le groupe 1 contient 26 échantillons de farine basse de riz, un échantillon de son de riz d'une petite industrie et un échantillon de brisure de riz (Tableau 10 et 11).

Le groupe 2 est composé de 2 échantillons de son vrai de petite industrie, de son de riz "grossier" de la SAED et de son de riz issu d'une décortiqueuse industrielle à meule d'émeri (Tableau 10 et 11).

Le groupe 3 contient 16 échantillons. Les sons de riz villageois ou niagass (décortiqueuse et pilon) sont majoritaires. On note la présence d'un échantillon constitué des refus du son grossier de la SAED lors d'une digestibilité sur Ovin (Tableau 10 et 11).

Le groupe 4 enfin contient les échantillons les plus riches en cellulose, les balles de riz entre autre (Tableau 10 et 11).

Les groupes 1, 2, 3 et 4 correspondent respectivement, dans l'étude de Wydiobroto B.P., (1989), aux Farines basse de Riz, aux Sons fins de Riz (ou Son vrai ou Nepess), aux Sons forts (ou Son grossier ou Niagass) et aux Balles.

**Tableau 10** : Teneurs en constituants organiques des différentes issues de riz de la population (en % MS)

<b>Groupe</b>		<b>MAT</b>	<b>MGE</b>	<b>CBW</b>	<b>NDF</b>	<b>ADF</b>	<b>ADL</b>
<b>1</b>							
<b>FbR</b>	<b>moy</b>	<b>13,14</b>	<b>12,22</b>	<b>7,13</b>	<b>17,4</b>	<b>8,41</b>	<b>3,23</b>
	std	1,61	3,96	2,68	4,03	2,54	0,90
	min	10,02	3,82	2,30	10,68	4,59	1,80
	max	18,66	18,81	14,55	23,28	14,89	4,84
	cv	12,30	32,40	37,60	23,20	30,20	27,9
	N	26	26	26	15	15	14
<b>2</b>							
<b>SvR</b>	<b>moy</b>	<b>9,38</b>	<b>6,17</b>	<b>17,89</b>	<b>32,5</b>	<b>21,6</b>	<b>7,31</b>
	std	0,66	0,72	2,26	2,26	2,04	0,29
	min	8,64	5,34	16,06	29,49	18,71	6,98
	max	9,95	6,90	20,71	34,93	23,21	7,29
	cv	7,00	11,70	12,60	6,90	9,40	3,90
	N	4	4	4	3	3	3
<b>3</b>							
<b>SgR</b>	<b>moy</b>	<b>5,99</b>	<b>3,35</b>	<b>33,67</b>	<b>51,61</b>	<b>38,33</b>	<b>12,92</b>
	std	0,96	1,33	6,03	7,19	4,92	1,47
	min	3,33	0,97	25,35	44,57	31,39	10,43
	max	6,97	5,85	43,69	59,02	45,32	15,45
	cv	16,00	39,70	17,90	13,92	12,80	11,40
	N	16	16	16	15	15	15
<b>4</b>							
<b>B</b>	<b>moy</b>	<b>4,44</b>	<b>1,04</b>	<b>51,49</b>	<b>69,45</b>	<b>48,16</b>	<b>16,06</b>
	std	3,11	0,68	2,79			
	min	1,65	0,29	48,82			
	max	7,81	1,61	54,44			
	cv	70,00	65,40	5,40			
	N	3	3	3	1	1	1

**Tableau 11** : Teneurs en constituants minéraux des différentes issues de riz de la population (en % MS)

Groupe		MM	ICI	Ca	Pt*	Mg	K
<b>1</b> <b>FbR</b>	<b>moy</b>	<b>8,29</b>	<b>1,84</b>	<b>0,09</b>	<b>0,94</b>	<b>0,44</b>	<b>1,14</b>
	std	2,35	1,01	0,05	0,62	0,25	0,44
	min	2,18	0,51	0,03	0,03	0,03	0,41
	max	11,88	3,97	0,25	2,08	0,86	2,1
	cv	28,35	54,85	55,55	65,96	56,82	38,67
	N	26	24	24	24	24	24
	<b>2</b> <b>SvR</b>	<b>moy</b>	<b>15,37</b>	<b>11,48</b>	<b>0,08</b>	<b>0,34</b>	<b>0,25</b>
std		0,77		0,02	0,15	0,08	0,24
min		14,44		0,06	0,17	0,2	0,45
max		16,07		0,09	0,45	0,34	0,89
cv		5,01		25,02	44,13	32,03	32,87
N		4	1	3	3	3	3
<b>3</b> <b>SgR</b>		<b>moy</b>	<b>21,17</b>	<b>15,86</b>	<b>0,07</b>	<b>0,75</b>	<b>0,37</b>
	std	3,43	2,17	0,03	0,33	0,16	0,16
	min	17,83	13,54	0,03	0,14	0,11	0,58
	max	32,18	19,93	0,14	1,48	0,61	1,17
	cv	16,12	13,75	42,84	44,03	43,24	18,41
	N	16	16	15	15	15	15
	<b>4</b> <b>B</b>	<b>moy</b>	<b>22,42</b>	<b>20,18</b>	<b>0,07</b>	<b>0,27</b>	<b>0,14</b>
std		2,41	2,85	0,01	0,24	0,11	0,15
min		20,98	17,09	0,07	0,03	0,03	0,41
max		25,21	23,97	0,09	0,51	0,25	0,71
cv		10,72	14,13	14,31	88,79	78,61	26,83
N		3	3	3	3	2	2

\* = Phosphore total.

Des comparaisons de moyennes sur les variables MM, MAT, MGE et CBW révèlent des différences significatives entre chaque groupe. Seuls les SgR et les B ne montrent pas de différences significatives pour les teneurs en MM.

De la bibliographie ont été extraites des teneurs en acides aminés essentiels (Tableau 12).

**Tableau 12** : Teneurs en acides aminés essentiels des issues de riz de la population (en % MS, en % MAT)

	<b>LYS</b>	<b>MET</b>	<b>CYS</b>	<b>TRY</b>	<b>THR</b>
FbR	0,64 <b>4,15</b>	0,31 <b>2,01</b>	0,34 <b>2,21</b>	0,15 <b>0,97</b>	0,55 <b>3,57</b>
« Son de Riz »	0,64 <b>4,38</b>	0,25 <b>1,71</b>	0,23 <b>1,57</b>	0,15 <b>1,03</b>	0,50 <b>3,42</b>
Grain de Riz	0,30 <b>3,47</b>	0,17 <b>1,96</b>	0,21 <b>2,43</b>	0,10 <b>1,16</b>	0,30 <b>3,47</b>

Larbier M., Leclercq B., 1992.

Les tableaux 10 et 11 montrent des cv importants (3,09 à 88,9) aussi bien pour les constituants organiques que minéraux. Ceci, confirme l'étude de Wydiobroto B.P., (1989) sur la variabilité des issues de riz. Cependant, les cv des FbR (27, 41 %), issues industrielles, et les cv des SgR (18,26 %), issues artisanales, ne sont pas significativement différentes ( $p = 7,57\%$ ). Il semble donc que les technologies industrielles et artisanales entraînent des plages de variations qualitatives identiques.

Dans l'ensemble, les échantillons Sénégalais montrent des teneurs en MM et en CBW plus élevés que les échantillons de Wydiobroto B.P., (1989) (308 échantillons tropicaux (Indonésiens, Sénégalais, Malgache et d'autres venant de la base de données de l'IEMVT) et du sud de la France). En revanche les teneurs en MAT et en MGE semblent plus faibles.

Il apparaît que les FbR soient plus riches en MAT (13,14) et MGE (12,22) que les SvR (9,38; 6,17) eux-mêmes plus riches que les SgR (5,99; 3,35) et les Balles (4,44; 1,04). Pour les teneurs en CBW et en MM les balles (51,49; 22,42) sont plus riches que les SgR (33,67; 21,18), que les SvR (17,89; 15,37) et que les FbR (7,13; 8,29).

#### 3.1.4. Etude des échantillons récoltés

Les échantillons récoltés (Figure 19) lors des enquêtes ont été analysés (Tableau 13) et introduits dans la CAH et l'ACP afin de déterminer à quel groupe ils appartenaient (Figure 18). La CH à trois noeuds supérieurs nous permet de classer les FbR et les SgR récoltés respectivement dans les groupes 1 et 2. Pour le Nepess, une seule valeur, nous permet de penser qu'il appartient au groupe 3. Cependant il ne sera pas pris en compte dans cette étude. En effet, il semble difficile de le considérer comme représentatif de la population.

**Tableau 13 :** Teneurs en constituants chimiques des issues de riz récoltées (en % MS)

<b>Groupe</b>		<b>MM</b>	<b>MAT</b>	<b>MGE</b>	<b>CBW</b>	<b>NDF</b>	<b>ADF</b>	<b>ADL</b>
<b>1</b>								
<b>FbR</b>	<b>moy</b>	<b>13,37</b>	<b>11,33</b>	<b>12,34</b>	<b>8,90</b>	<b>24,08</b>	<b>13,71</b>	<b>5,27</b>
	<b>std</b>	1,74	0,71	1,56	0,41	2,23	0,79	0,54
	<b>min</b>	10,97	10,72	10,59	8,34	22,14	12,71	4,68
	<b>max</b>	15,03	12,33	14,38	9,31	27,20	14,63	5,99
	<b>cv</b>	12,99	6,29	12,65	4,61	9,25	5,73	10,28
	<b>N</b>	3	3	3	3	3	3	3
<b>3</b>								
<b>SgR</b>	<b>moy</b>	<b>17,36</b>	<b>4,98</b>	<b>4,54</b>	<b>32,72</b>	<b>52,58</b>	<b>38,55</b>	<b>12,37</b>
	<b>std</b>	2,94	0,99	0,93	4,45	6,07	5,54	1,37
	<b>min</b>	12,94	3,5	3,15	28,12	46,03	33,26	10,87
	<b>max</b>	20,83	6,28	5,40	39,89	62,20	47,78	14,60
	<b>cv</b>	16,92	20,00	20,43	13,61	11,54	14,38	11,09
	<b>N</b>	4	4	4	4	4	4	4
Comparaison de moyenne		S	S	S	S	S	S	S
<b>2</b>								
<b>SvR</b>	<b>moy</b>	<b>18,42</b>	<b>7,73</b>	<b>5,21</b>	<b>22,51</b>	<b>38,07</b>	<b>24,86</b>	<b>8,76</b>
	<b>N</b>	1	1	1	1	1	1	1

Premièrement il apparaît que les cv sont compris entre 4,61 et 20,43 %.

Les comparaisons de moyennes des échantillons récoltés montrent une différence significative entre les FbR et les SgR pour l'ensemble des variables (MM, MAT, MGE et CBW).

D'autre part, en tenant compte du très faible échantillonnage, il ne semble pas y avoir de différence entre les FbR obtenues par des décortiqueuses à meule ou à caoutchouc. Quand aux SgR, l'influence des décortiqueuses Engelberg et du mode de décorticage sur la variabilité qualitative ne semble pas être significative.

La hiérarchie des teneurs en MM, MAT, MGE et CBW entre FbR et SgR est identique à celle de la population de la base de données.

On note une différence significative ( $p = 2,25\%$ ) entre les cv des FbR (9,25 %) et des SgR (14,66 %). Elle tend à prouver que les issues industrielles sont plus homogènes sur le plan de la constitution chimique. L'origine anatomique des sous-produits peut aussi contribuer à cette différence.

### 3.1.5. Comparaison entre la population étudiée et les échantillons récoltés

En moyenne les cv des échantillons récoltés sont plus faibles que ceux de la population étudiée. Ceci montre apparemment que les technologies se sont homogénéisées au cours du temps. Cette différence provient probablement aussi de l'échantillonnage des enquêtes moins diversifié et exhaustif que celui de la base de données.

Les teneurs en constituants chimiques ont été comparées, et les résultats sont consignés dans le tableau 14.

**Tableau 14** : Comparaison de moyenne entre les issues de riz récoltées et celles de la population

<b>Comparaison de moyenne</b>	<b>MM</b>	<b>MAT</b>	<b>MGE</b>	<b>CBW</b>
<b>FbR récoltées / FbR population</b>	S	S	NS	S
<b>SgR récoltés / SgR population</b>	NS	S	NS	NS

Les échantillons récoltés et ceux de la population révèlent, dans un même groupe, des teneurs en constituants organiques significativement différentes. Les FbR récoltées sont plus riches en MM, en CBW et moins riches en MAT que celles de la population. Les SgR récoltés sont moins riches en MAT.

### 3.2. Etude de la variabilité des sons de mil

#### 3.2.1. Etude de la population

La population étudiée se compose de 11 échantillons de la base de données de l'IEMVT. Leurs origines sont diverses et inconnues. Pour la majeure partie le processus technologique est inconnu et les dénominations sont vagues. Les analyses chimiques des échantillons de la base de données ont donc été regroupées sous la dénomination de son de mil (Tableaux 15 et 16)

**Tableau 15** : Teneurs en constituants organiques des sons de mil de la population (en % MS)

	<b>MAT</b>	<b>MGE</b>	<b>CBW</b>	<b>NDF</b>	<b>ADF</b>	<b>ADL</b>	<b>Amidon</b>	<b>Sucres</b>
<b>moy</b>	<b>13,9</b>	<b>7,94</b>	<b>6,0</b>	<b>29,15</b>	<b>7,82</b>	<b>1,89</b>	<b>39,07</b>	<b>3,33</b>
std	1,85	1,73	1,36	7,65	1,62	0,57	2,19	0,69
min	9,83	4,44	2,32	13,93	3,23	0,59	36,33	2,25
max	15,44	10,45	7,33	43,28	9,32	2,54	42,39	4,17
cv	13,30	21,79	22,67	26,24	20,72	30,16	5,60	20,72
N	15	13	11	11	11	11	4	6

**Tableau 16** : Teneurs en constituants minéraux des sons de mil de la population (en % MS)

	<b>MM</b>	<b>ICl</b>	<b>Ca</b>	<b>P</b>	<b>Mg</b>
<b>moy</b>	<b>7,03</b>	<b>4,56</b>	<b>0,16</b>	<b>0,54</b>	<b>0,25</b>
std	4,17	5,55	0,16	0,13	0,05
min	2,09	0,09	0,02	0,29	0,13
max	16,97	13,89	0,61	0,68	0,29
cv	59,32	121,71	100,00	24,07	20,08
N	15	4	12	11	8

Comme pour les issues de riz les paramètres statistiques calculés, montrent une grande variabilité qualitative. Il est donc nécessaire d'essayer de réaliser des groupes homogènes.

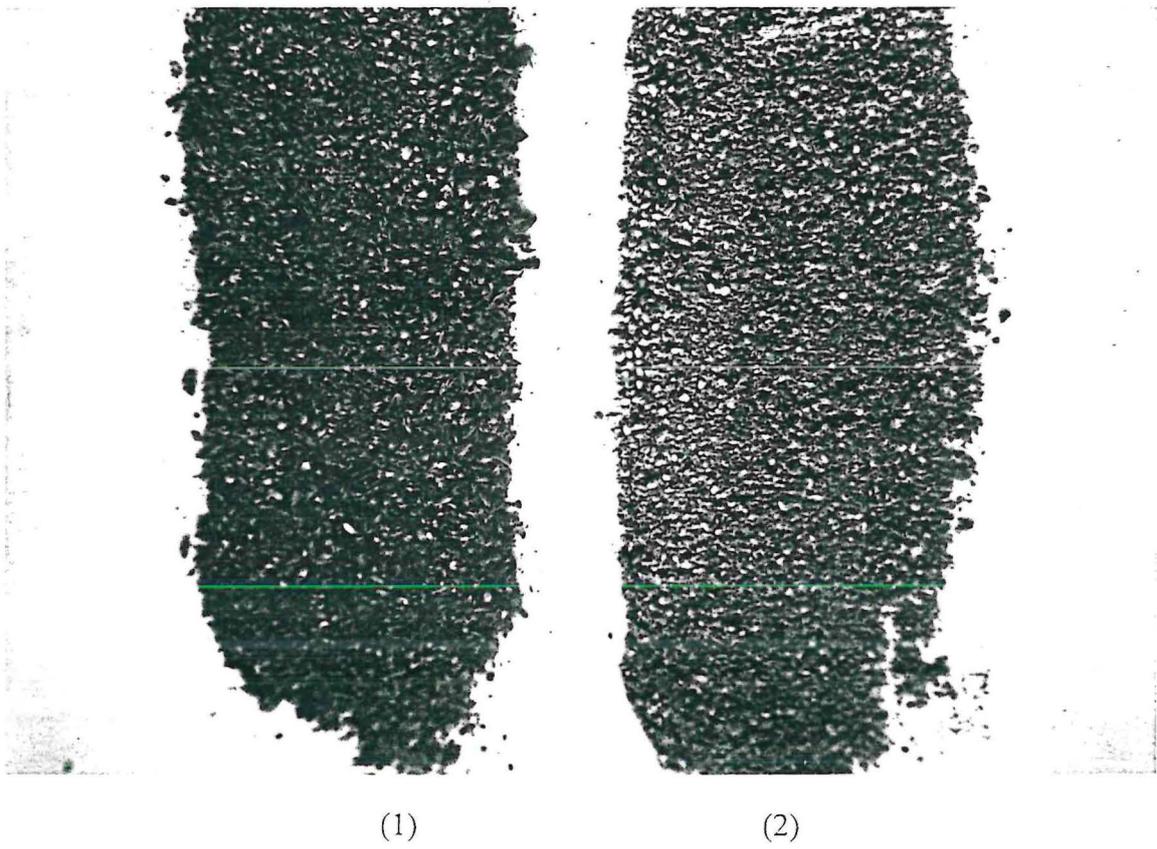


Figure 21 : Echantillons de son de mil issus du pilage (1) et d'un moulin à disques résinoïdes (2)

3.2.2. Etude des variables influençant la qualité des sons de mil

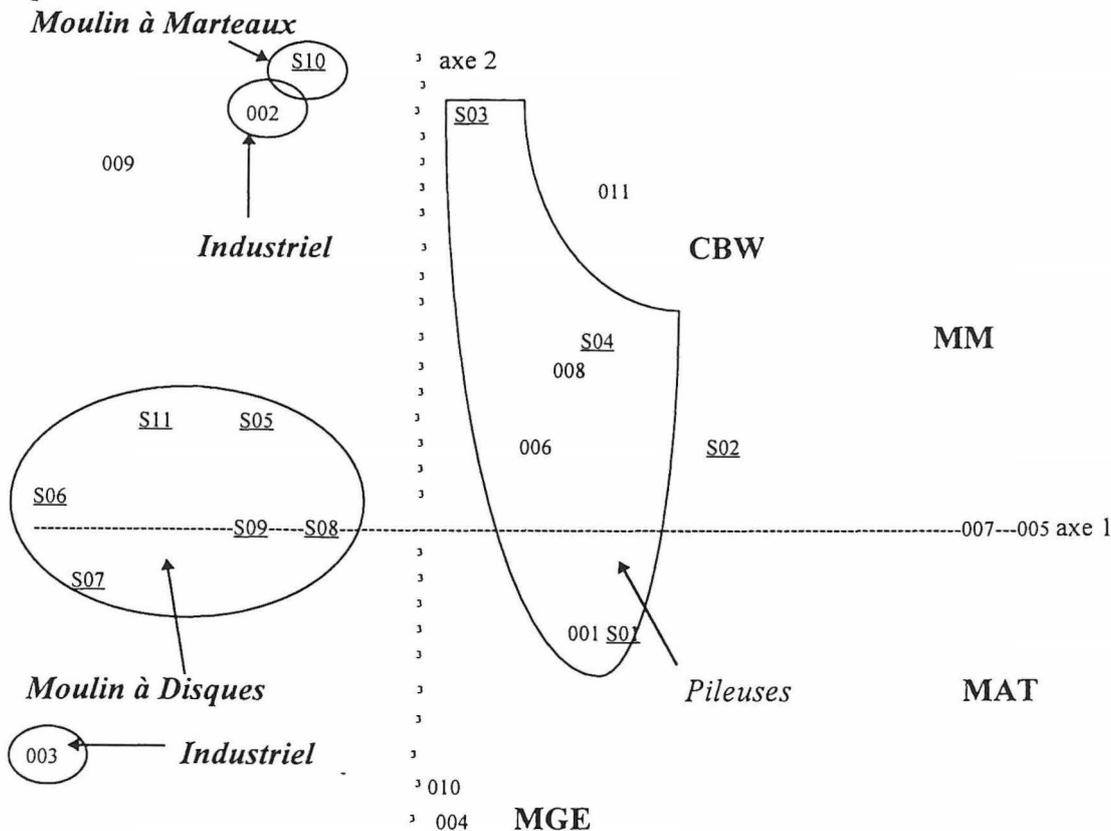
Une ACP (Figure 20) à été réalisée avec les échantillons de la base de données et ceux récoltés lors des enquêtes.

Les axes 1 et 2 représentent 84,9 % de la variabilité totale. L'axe 1 du côté positif est caractérisé par les variables MM et MAT, alors que l'axe 2 est caractérisé du côté négatif par la MGE.

Il ressort que les variables MM et MGE expliquent 75, 4 % de la variabilité des sons de mil.

3.2.3. Classification des sons de mil

Le manque de caractérisation des échantillons de la base de données ne permet pas à la CAH et à l'ACP de donner clairement des groupes homogènes. En effet, on s'aperçoit que les échantillons sont dispersés. Cependant, la caractérisation de nos échantillons permet de distinguer un groupe de sons issus du pilage, un autre issu des moulins à disques abrasifs. De plus, on distingue un échantillon isolé (S10) issu d'un moulin à marteaux. Cette classification rejoint les observations faites lors des enquêtes (Figure 21). On remarque aussi la présence de deux échantillons, de la base de données IEMVT, intitulés sons de mil Industriels. Ces deux échantillons sont issus du rapport de Le Grand D., 1989. Leurs caractéristiques ( 002 = sous produit d'usinage, 003 = sons issus d'une braseuse à disques) se rapprochent de celles décrites pour nos échantillons.



Légendes : SO i = Echantillons récoltés; Oxy = Echantillons de la population

Figure 20 : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des sons de mil

### 3.2.4. Etude des échantillons récoltés

Les analyses chimiques ont été réalisées en distinguant les trois modes d'obtention (Tableau 17). Cette distinction permet de connaître l'influence de la technologie employée sur la composition chimique du sous-produit.

**Tableau 17 :** Teneurs en constituants chimiques des sons de mil récoltés (en % MS)

		<b>MM</b>	<b>MAT</b>	<b>MGE</b>	<b>CBW</b>	<b>NDF</b>	<b>ADF</b>	<b>ADL</b>
<b>Son de pileuse</b>	<b>moy</b>	<b>14,59</b>	<b>13,19</b>	<b>7,62</b>	<b>5,08</b>	<b>28,95</b>	<b>8,22</b>	<b>2,27</b>
	std	2,28	2,64	1,47	1,38	4,76	1,29	0,39
	min	12,53	9,77	6,22	3,77	22,36	6,54	1,96
	max	17,77	16,21	9,65	6,99	33,44	9,69	2,82
	cv	15,63	20,05	19,28	27,19	16,44	15,75	17,06
	N	3	3	3	3	3	3	3
<b>Son de moulin disques</b>	<b>moy</b>	<b>4,49</b>	<b>11,70</b>	<b>6,61</b>	<b>4,46</b>	<b>36,22</b>	<b>9,19</b>	<b>2,45</b>
	std	0,99	0,52	0,92	1,41	5,56	1,09	0,50
	min	3,48	11,07	4,71	3,08	31,17	8,00	1,60
	max	5,88	12,39	7,38	6,33	45,15	9,95	3,08
	cv	21,97	4,47	13,64	31,56	15,36	11,86	20,62
	N	6	6	6	6	6	6	6
Comparaison de moyenne		S	NS	NS	NS	S	NS	NS
<b>Son de moulin marteaux</b>	<b>moy</b>	<b>5,75</b>	<b>11,17</b>	<b>4,61</b>	<b>7,43</b>	<b>46,16</b>	<b>10,98</b>	<b>2,17</b>
	N	1	1	1	1	1	1	1

La teneur en MM diffère significativement entre un son de pileuse et celui d'un moulin. Il est difficile de trouver une raison technologique à cette variation. On peut supposer que des "pollutions" sableuses, accidentelles, soient à l'origine de cette différence.

On remarque que le son issu du moulin à marteaux a la teneur en MGE la plus faible et la teneur en CBW la plus élevée. Ceci signifie que ce type de moulin enlève plus efficacement les enveloppes protectrices du grain et moins bien les germes que les autres.

Il semble que les teneurs en constituants chimiques des sons de mil ne soient pas influencées par le nombre de disques du moulin.

### 3.2.5. Comparaison entre la population étudiée et les échantillons récoltés

Les sons de mil récoltés lors des enquêtes ont été comparés aux sons issus de la base de données (Tableau 18).

**Tableau 18 :** Comparaison de moyenne entre les sons de mil récoltés et ceux de la population

<b>Comparaison de moyenne</b>	<b>MM</b>	<b>MAT</b>	<b>MGE</b>	<b>CBW</b>
<b>SdMI pileuse récolté / SdMI population</b>	S	NS	NS	S
<b>SdMI moulin récolté / SdMI population</b>	NS	S	NS	NS

Il apparaît encore une différence de MM entre le son de pileuses et celui de la population. Les échantillons récoltés auprès des moulins ont une teneur en MAT plus faibles que ceux de la population. Cette différence de MAT provient probablement d'une différence variétale. En effet, pour une même variété (Souna) aucune différence n'a été remarquée.

### 3.3. Etude de la variabilité des sons de maïs

#### 3.3.1. Etude de la population

Six échantillons, d'origine inconnue, ont pu être extraits de la base de données de l'IEMVT. Cependant, comme pour les sons de mil, le processus technologique était inconnu et les dénominations imprécises. Un échantillon, sortant de la moyenne de la population (MM de 13,44 et ICI de 8,92) a été supprimé. Les paramètres statistiques (Tableau 19, 20 et 21) issus de cette population sont à considérer avec précaution étant donné le faible effectif.

Tableau 19 : Teneurs en constituants organiques des sons de maïs de la population (en % MS)

	<b>MAT</b>	<b>MGE</b>	<b>CBW</b>	<b>NDF</b>	<b>ADF</b>	<b>ADL</b>
<b>moy</b>	<b>10,16</b>	<b>6,44</b>	<b>10,59</b>	<b>51,98</b>	<b>13,36</b>	<b>1,54</b>
std	2,25	1,97	4,28	23,19	5,84	0,59
min	6,29	2,62	8,09	33,18	9,63	1,11
max	11,83	8,01	19,13	77,89	20,09	2,21
cv	22,14	30,59	40,42	44,61	43,71	38,32
N	5	5	5	3	3	3

Tableau 20 : Teneurs en constituants minéraux des sons de maïs de la population (en % MS)

	<b>MM</b>	<b>ICI</b>	<b>Ca</b>	<b>PT</b>	<b>Mg</b>
<b>moy</b>	<b>2,35</b>	<b>0,21</b>	<b>0,07</b>	<b>0,33</b>	<b>0,16</b>
std	0,43	0,09	0,02	0,09	0,01
min	1,51	0,18	0,04	0,15	0,15
max	2,64	0,38	0,1	0,42	0,17
cv	18,30	42,86	28,57	27,27	6,25
N	5	5	5	5	3

D'après Larbier M., Leclercq B., (1992), ont considéré que les teneurs en acides aminés des issues de céréales sont équivalentes à celles des grains.

Tableau 21 : Teneurs en acides aminés essentiels des issues de maïs de la population (en % MS; en % MAT)

	<b>LYS</b>	<b>MET</b>	<b>CYS</b>	<b>TRY</b>	<b>THR</b>
Grain de maïs	0,28	0,22	0,22	0,07	0,36
	<b>2,74</b>	<b>2,16</b>	<b>2,16</b>	<b>0,69</b>	<b>3,53</b>
Gluten de maïs	1,11	1,80	1,43	0,34	2,37
	<b>1,62</b>	<b>2,63</b>	<b>2,10</b>	<b>0,49</b>	<b>3,46</b>

Larbier M., Leclercq B., 1992.

Même sur un petit échantillonnage, de fortes variations de composition chimique sont perceptibles (cv de 6,25 à 44,25 %).

### 3.3.2. Etude des variables influençant la qualité des sons de maïs

Le faible nombre d'échantillons de la base de données nous a obligé à réaliser l'ACP (Figure 22) avec les valeurs des échantillons récoltés comme individus principaux et les valeurs de la base de données comme individus supplémentaires.

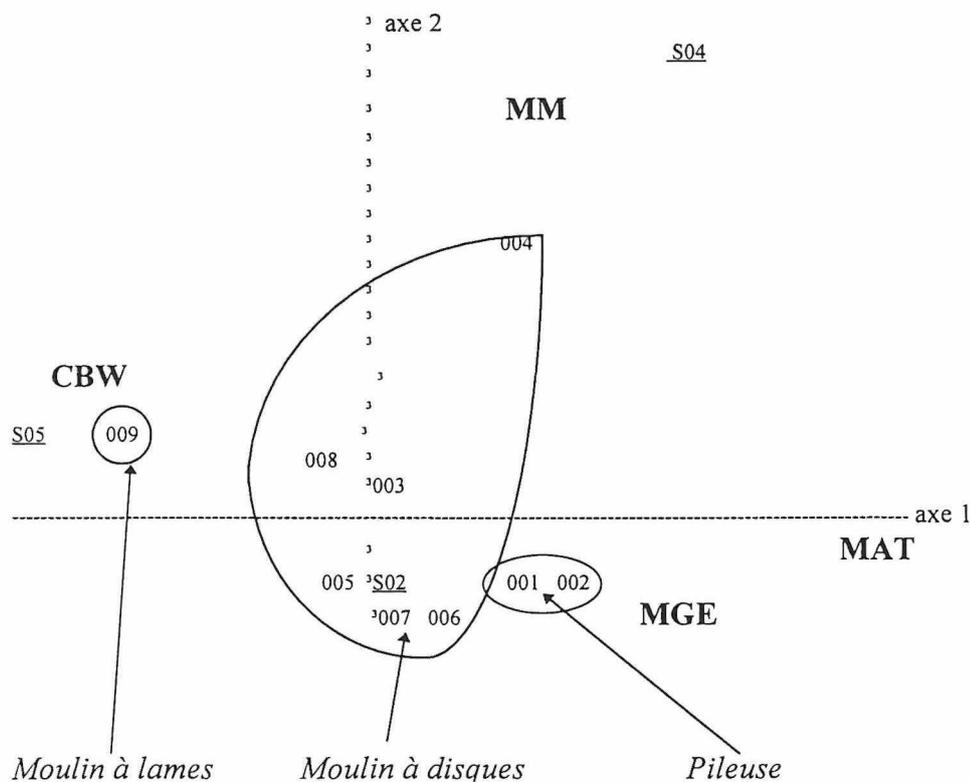
Il apparaît que les axes 1 et 2 représentent respectivement 65 % et 19,1 % de la variation totale. L'axe 1 est représenté du côté positif par une teneur en MAT et MGE forte et du côté négatif par une teneur en CBW élevée. L'axe 2 est caractérisé du côté positif par des teneurs en minéraux importantes.

Les corrélations des variables MAT / CBW ( $r = -0,874$ ) et MAT / MGE ( $r = 0,582$ ) montrent que seules deux variables MM et MAT peuvent expliquer 74,1 % de la variation totale.

### 3.3.2. Classification des sons de maïs

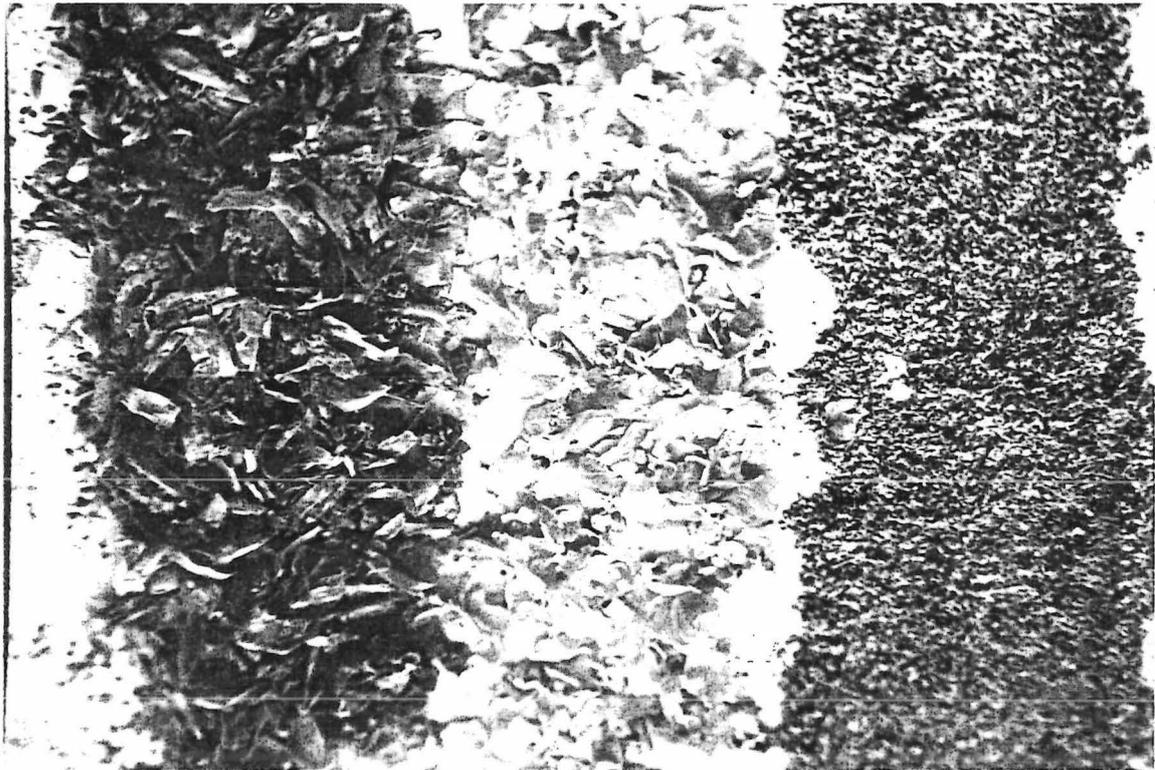
La CAH n'a pu donner des groupes homogènes. Deux raisons expliquent cette difficulté :  
 -échantillons trop petits (6);  
 -manque de description des échantillons.

Les échantillons ont quand même été replacés dans l'ACP (Figure 22).



Légendes : SO i = Echantillons de la population; Oxy = Echantillons récoltés

Figure 22 : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des sons de maïs



(1)

(2)

(3)

Figure 23 : Echantillons de son de maïs issus du pilage (1), de la décortiqueuse à lame de la SODEFITEX (2) et d'un moulin à disques résinoïdes (3)

La classification est donc fondée sur les observations réalisées lors des enquêtes. On peut alors distinguer trois catégories de son celui :

- des pileuses;
- des moulins villageois à disques ou des minoteries de la SODEFITEX;
- de la décortiqueuse à lame expérimentale de la SODEFITEX qui n'est pas encore commercialisée (Figure 23).

### 3.3.4. Etude des échantillons récoltés

Les échantillons récoltés ont été analysés (Tableau 22) en tenant compte de leur classification.

Tableau 22 : Teneurs en constituants chimiques des sons de maïs récoltés (en % MS)

		MM	MAT	MGE	CBW	NDF	ADF	ADL
<b>Pileuse</b>	<b>moy</b>	<b>3,48</b>	<b>10,28</b>	<b>10,89</b>	<b>6,25</b>	<b>30,40</b>	<b>10,35</b>	<b>1,82</b>
	std	0,02	0,11	0,88	0,54	3,02	0,62	0,28
	min	3,45	10,17	10,01	5,71	27,38	9,73	1,54
	max	3,50	10,39	11,76	6,79	33,42	10,96	2,10
	cv	0,72	1,07	8,04	8,64	9,93	5,94	15,38
	N	2	2	2	2	2	2	2
<b>Moulin à disques</b>	<b>moy</b>	<b>3,38</b>	<b>9,06</b>	<b>6,03</b>	<b>7,09</b>	<b>36,05</b>	<b>9,84</b>	<b>1,52</b>
	std	1,48	1,63	1,41	3,04	12,50	3,28	0,34
	min	2,34	9,14	3,63	4,53	19,02	6,15	1,03
	max	6,88	10,47	7,77	13,91	63,07	17,15	1,97
	cv	43,77	18,03	23,45	42,87	34,67	33,36	22,44
	N	7	7	7	7	7	7	7
Comparaison de moyenne		NS	NS	S	NS	NS	NS	NS
<b>Décortiqueuse expérimentale</b>	<b>moy</b>	<b>2,34</b>	<b>5,26</b>	<b>3,63</b>	<b>13,91</b>	<b>63,07</b>	<b>17,15</b>	<b>1,03</b>
	N	1	1	1	1	1	1	1

Le mode de décortiquage a un effet significatif sur la teneur en MGE. Les sons issus des moulins sont moins riches en MGE que les sons issus du pilage. La partie grasse des grains de maïs est le germe. On suppose donc que les moulins extraient mieux les germes que le pilage.

Quant à la décortiqueuse expérimentale, elle génère des issues moins riches en MM et en MGE mais nettement plus riches en CBW. En effet, on peut s'apercevoir (Figure 23) que ce son est plus riche en péricarpe que les autres.

### 3.3.4. Comparaison entre la population étudiée et les échantillons récoltés

Les sons de maïs récoltés lors des enquêtes ont été comparés aux sons issus de la base de données (Tableau 23).

**Tableau 23 :** Comparaison de moyenne entre les sons de maïs récoltés et ceux de la population

Comparaison de moyenne	MM	MAT	MGE	CBW
<b>dMA pileuse récoltés / SdMA population</b>	S	NS	NS	NS
<b>dMA moulin récoltés / SdMA population</b>	NS	NS	NS	NS

Les comparaisons des moyennes donnent une différence significative des teneurs en MM entre les échantillons des pileuses et ceux de la base de données. Comme pour le mil l'explication est difficile, mais on peut supposer une raison identique.

### 3.4. Etude de la variabilité des farines de poisson

#### 3.4.1. Etude de la population

Les bases de données IO7 et IEMVT ne donnent que 3 analyses de farines de poisson du Sénégal. En revanche on peut y extraire 50 analyses d'échantillons de différentes espèces de poissons (Menhaden, Hareng, Poisson blanc ..) et de pays ( Etats-Unis, du Chili, du Sri Lanka, d'Islande, de Norvège, de Corée du Sud, du Nigéria et de Thaïlande). La population étudiée comportera l'ensemble des 53 d'échantillons (Tableau 24). Les farines de poisson étant utilisées principalement dans l'alimentation avicole il a été étudié les teneurs en acides aminés essentiels (Tableau 25).

**Tableau 24 :** Teneurs des constituants chimiques des farines de poisson (en % MS)

	MM	MAT	MGE	CBW	Ca	P
<b>moy</b>	<b>18,71</b>	<b>69,46</b>	<b>9,34</b>	<b>0,76</b>	<b>5,26</b>	<b>3,19</b>
std	4,13	6,27	2,95	0,38	1,27	0,54
min	9,91	40,13	3,00	0,11	2,01	2,14
max	29,2	82,39	17,01	1,95	7,87	4,17
cv	22,07	9,03	31,58	50,00	24,15	16,92
N	47	53	43	33	25	25

La méthode de Weende a été utilisée pour :

- doser la cellulose afin d'apprécier le taux d'incorporation de matière végétale;
- doser la kératine afin d'estimer le taux d'incorporation des déchets (têtes de poisson, arrêtes, écailles...).

**Tableau 25 :** Teneurs en acides aminés essentiels des farines de poissons (en % MS)

	LYS	MET	TRP	THR	CYS
<b>moy</b>	<b>5,05</b>	<b>1,83</b>	<b>0,54</b>	<b>2,77</b>	<b>0,56</b>
std	0,37	0,16	0,03	0,19	0,03
min	4,18	1,57	0,49	2,36	0,507
max	5,83	2,24	0,57	3,33	0,608
cv	7,33	8,74	5,55	6,85	5,36
N	26	22	5	26	15
<b>moy en % de MAT</b>	<b>7,27</b>	<b>2,63</b>	<b>0,78</b>	<b>3,98</b>	<b>0,81</b>

Dans l'ensemble, les cv sont plus faibles que pour les autres sous-produits, surtout pour les acides aminés essentiels. Cette faible variabilité est à mettre en relation avec la régularité des processus technologiques industriels. Cependant, on relève que les min. et les max. sont très éloignés de la moyenne. Ceci quand même la variabilité de la qualité de certaines FdP.

Les teneurs en MAT sont nettement supérieures aux teneurs des issues de céréales. Quant à la CBW, les teneurs sont considérées comme nulles. Les teneurs en MGE et MM sont équivalentes aux teneurs les plus élevées des issues de céréales.

### 3.4.2. Etude des variables contribuant à la variabilité de la population

L'étude a été réalisée uniquement avec les variables : MAT, MM et MGE, les teneurs en CBW étant négligeables. Les teneurs en acides aminés n'ont pu être introduites dans l'ACP car trop peu d'échantillons possédaient la totalité des analyses.

Du cercle de corrélation de l'ACP, il ressort une faible corrélation entre variables. De plus l'ACP révèle que les axes 1, 2, 3 représentent respectivement 44,8; 23 et 21,2 % de la variation totale de la population.

La variable MM contribue à l'étirement de l'axe 1 du côté positif, et les variables MGE, MAT du côté négatif.

Pour l'axe 2 du côté positif c'est la variable MAT alors que du côté négatif c'est la variable MGE.

En ce qui concerne l'axe 3 les quatre variables contribuent du côté positif.

Il semble donc difficile de faire ressortir une variable responsable de manière prépondérante dans la variabilité de la population.

### 3.4.3. Classification des farines de poissons

Les dénominations des échantillons des bases de données IO7 et IEMVT nous donnent seulement l'espèce de poisson utilisé et le pays producteur.

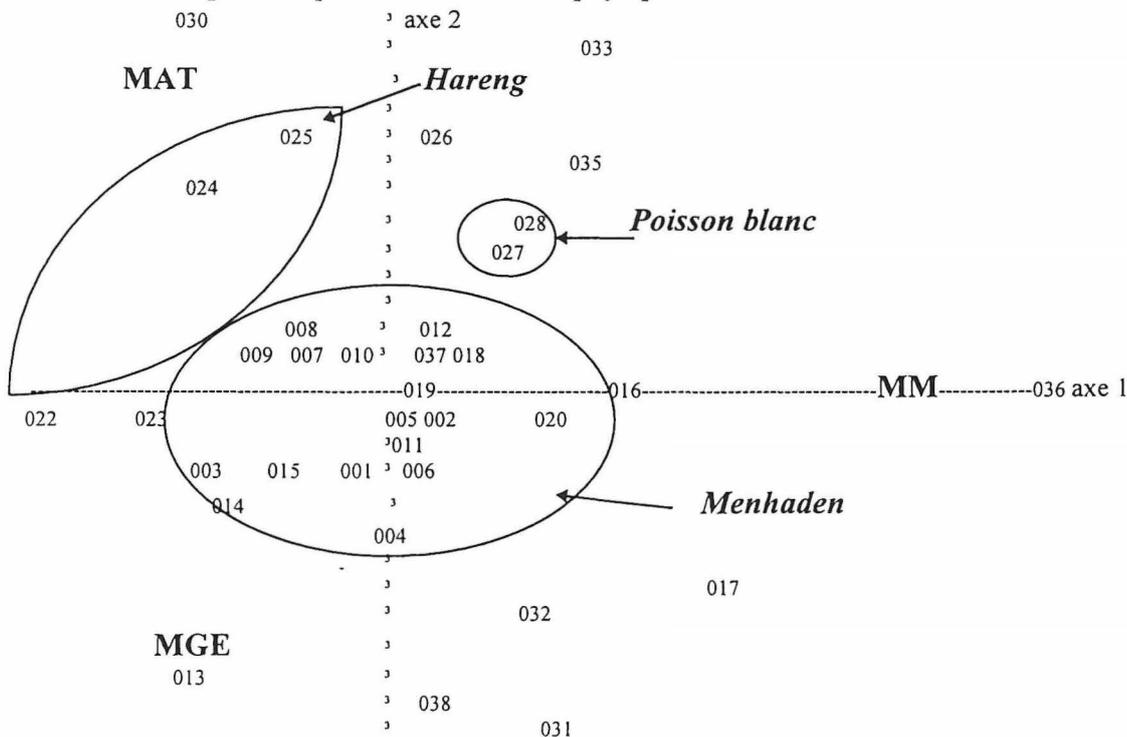


Figure 24 : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des FdP

La classification (Figure 24) nous donne des groupes correspondant à une espèce de poisson. Les teneurs en constituants chimiques sont regroupées dans le tableau 26.

**Tableau 26** : Teneurs en constituants chimiques en fonction des espèces de poissons (en % MS)

		<b>MM</b>	<b>MAT</b>	<b>MGE</b>
<b>Menhaden</b>	<b>moy</b>	<b>20,03</b>	<b>69,11</b>	<b>10,89</b>
	std	1,57	2,78	2,10
	min	16,31	64,9	7,92
	max	21,52	74,38	16,61
	cv	7,68	3,92	18,83
	N	21	21	21
<b>Hareng</b>	<b>moy</b>	<b>12,37</b>	<b>75,04</b>	<b>10,48</b>
	std	2,82	3,86	2,54
	min	9,90	69,25	8,40
	max	16,30	77,20	14,10
	cv	19,68	4,46	10,97
	N	4	4	4
<b>Poisson Blanc</b>	<b>moy</b>	<b>21,53</b>	<b>70,92</b>	<b>6,32</b>
	std	1,72	1,96	0,53
	min	19,67	69,4	5,60
	max	23,83	73,56	6,88
	cv	6,92	2,39	7,31
	N	3	3	3

Des comparaisons de moyennes montrent des différences significatives entre l'espèce Hareng / Poisson blanc et entre Hareng / Menhaden pour l'ensemble des variables. La farine de poisson issue d'hareng est la plus riche en protéines. Entre la FdP de Menhaden et de Poisson blanc aucune différence significative est à signaler.

#### 3.4.4. Etude des échantillons récoltés

Les analyses des farines de poissons récoltées chez Afric-Azote n'ont pu être analysées à temps pour incorporer les résultats à cette étude. D'après les dirigeants deux catégories de farine sont produites, une au taux de MAT de 65% (exportée), une autre au taux de MAT de 55% (vendue localement).

### 3.5. Etude de la variabilité des tourteaux d'arachides

#### 3.5.1. Etude de la population

Des analyses de tourteaux industriels :

- expellers d'origines diverses;
- désuillés et non détoxifiés du Sénégal;
- artisanaux d'origines diverses;

sont à notre disposition dans les tables IO7 et EMVT.

L'étude des coefficients de variations montre une forte variation des teneurs en MAT, MM et en particulier de la MGE (75 %). Il n'est donc pas nécessaire d'étudier la population dans son ensemble mais de distinguer des groupes plus homogènes.

Les TAA se caractérisent par une variation plus importante des teneurs en ICI et en CBW. Cependant la majorité des cv reste inférieure à 10 %.

### 3.5.2. Etude des variables contribuant à la variabilité de la population

L'Analyse en Composante Principale (Figure 25) a été réalisée sur les TA du Sénégal et d'origines diverses (artisanaux et industriels).

L'axe 1 représente 50,2 % de la variation totale. Les variables qui contribuent à cet axe sont MGE pour le côté positif. La CBW caractérise la partie négative de l'axe. Au seuil de 5 % elles sont significativement corrélées ( $r = - 0,807$ ). Grillet C., (1992) trouve une corrélation similaire entre la MGE et la CBW pour les tourteaux de coton. Ainsi, lorsque le taux de cellulose augmente, le taux de MGE diminue.

Du côté positif, l'axe 1 représente les TAI ayant des teneurs en Matière grasse forte. Du côté négatif l'axe caractérise des tourteaux ayant des teneurs en CBW et en MM importantes. Ces taux peuvent s'expliquer par une teneur importante en silice (ICI) des coques. Ainsi, l'ICI augmente lorsque le décorticage laisse une partie des coques ou lorsque qu'elles sont réintroduites volontairement. Cependant, cette explication est à modérer puisque les variables CBW et MM sont faiblement corrélées ( $r = 0, 280$ ).

L'axe 2 explique 25,0 % de la variation totale. La MAT contribue à la variabilité du côté positif.

L'axe 3 représente 20,1 % de la variation totale. La MM contribue du côté positif.

Il ressort que la MGE et la MAT sont les deux principales variables expliquant la variabilité des tourteaux.

### 3.5.3. Classification des tourteaux d'arachides

Il ressort de la CAH et de l'ACP deux groupes principaux (Figure 25) de tourteaux :

- les industriels divisés en deux sous groupes :
  - les expellers;
  - les déshuilés;
- les artisanaux.

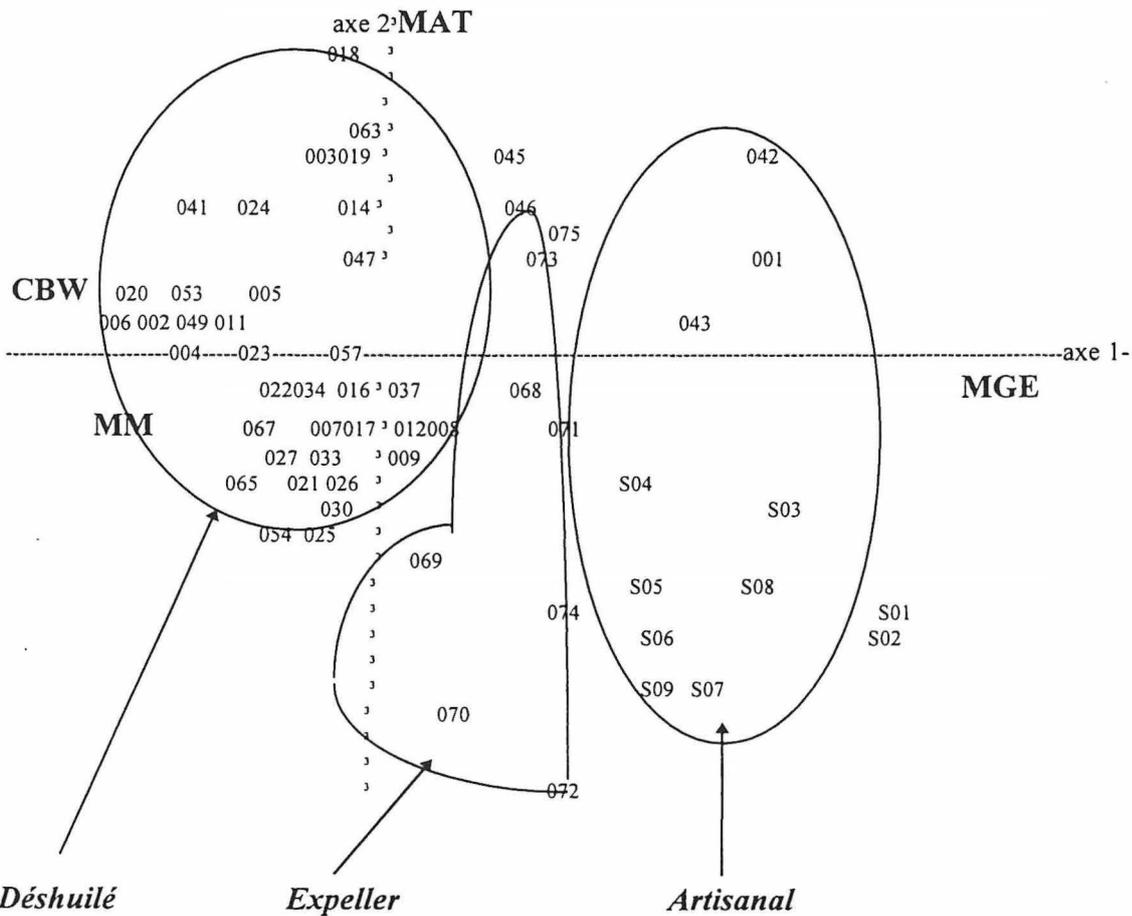


Figure 25 : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des tourteaux d'arachides

3.5.3.1. Industriels

Du fait des cv importants il a été distingué pour les variables organiques (Tableau 27) les tourteaux expellers et déshuilés. Pour les autres variables la distinction n'a pas été réalisée (Tableau 28 et 29).

Tableau 27 : Teneurs en constituants organiques des tourteaux d'arachides industriels (en % MS)

Groupes		MGE	MAT	CBW
<b>Expeller</b>	<b>moy</b>	<b>7,04</b>	<b>48,19</b>	<b>6,49</b>
	std	1,00	5,05	1,82
	min	5,28	40,2	4,21
	max	8,32	54,74	9,35
	cv	14,20	10,47	28,04
	N	8	8	9
	<b>Déshuilé</b>	<b>moy</b>	<b>1,95</b>	<b>51,71</b>
std		1,24	4,07	2,09
min		0,52	46,44	6,75
max		4,71	56,9	13,4
cv		63,58	7,87	19,35
N		9	13	6
Comparaison de moyenne		S	NS	S

La différence significative en MGE est nettement compréhensible puisque les techniques utilisées sont différentes. Sur les échantillons analysés, il semblerait que les tourteaux déshuilés de la SONACOS sont nettement plus riches en CBW que les expellers.

**Tableau 28** : Teneurs en constituants minéraux des tourteaux d'arachides industriels (en % MS)

	<b>MM</b>	<b>ICI</b>	<b>Ca</b>	<b>P</b>	<b>Mg</b>
<b>moy</b>	<b>6,15</b>	<b>1,56</b>	<b>0,11</b>	<b>0,59</b>	<b>0,34</b>
std	0,66	0,77	0,02	0,02	0,03
min	5,42	1,00	0,09	0,56	0,32
max	9,07	3,74	0,16	0,63	0,38
cv	10,73	49,35	18,18	3,39	8,82
N	42	12	12	12	12

Pour la MM il n'y a pas de différence significative entre les tourteaux déshuilés et expellers, les paramètres statistiques sont donc regroupés dans le tableau 28.

**Tableau 29** : Teneurs en acides aminés essentiels des tourteaux d'arachides industriels (en % MS)

	<b>LYS</b>	<b>MET</b>	<b>THR</b>	<b>TRP</b>	<b>CYS</b>
<b>moy</b>	<b>1,64</b>	<b>0,49</b>	<b>1,26</b>	<b>0,48</b>	<b>0,57</b>
std	0,08	0,07	0,08	0,2	0,15
min	1,54	0,42	1,16	0,22	0,24
max	1,79	0,64	1,36	0,83	0,72
cv	4,76	13,95	6,34	41,04	24,14
N	8	8	8	8	8
<b>moy en % de MAT</b>	<b>3,28</b>	<b>0,98</b>	<b>2,52</b>	<b>0,96</b>	<b>1,14</b>

Les valeurs des teneurs en acides aminés essentiels (Tableau 25) ont été obtenues à partir des tables IO7. Elles ont été calculées parce que les tourteaux d'arachides sont couramment utilisés en alimentation avicole.

### 3.5.3.2. Artisanaux du Sénégal

Lors des enquêtes, la variabilité des méthodologies de fabrication n'a pu être bien mise en évidence. Seul le mode de broyage des graines semblait être variable (pilon, broyeur mécanique). Pour les variables chimiques on a distingué deux types de tourteaux (Tableaux 30). Pour les minéraux seules les tables de l'IEMVT nous ont fourni les teneurs pour l'ensemble des TAA (Tableau 31).

Puisqu'il est impossible de reconnaître, à l'oeil nu, un TAA obtenu par pilage des graines ou par broyage, il a été noté les teneurs en constituants chimiques pour l'ensemble des tourteaux.

**Tableau 30** : Teneurs en constituants chimiques des tourteaux d'arachides artisanaux (en % MS)

	MM	MAT	MGE	CBW	NDF	ADF	ADL
<b>TAA pilon moy</b>	<b>4,39</b>	<b>46,8</b>	<b>24,59</b>	<b>4,41</b>	<b>9,01</b>	<b>6,19</b>	<b>1,14</b>
std	0,29	2,14	4,35	0,72	1,15	0,53	0,22
min	4,05	45,12	19,60	3,76	7,82	5,64	1,27
max	4,60	49,21	27,60	5,19	9,79	6,70	3,43
cv	5,53	3,73	14,46	13,40	9,48	7,00	15,66
N	3	3	3	3	3	3	3
<b>TAA broyage moy</b>	<b>6,20</b>	<b>46,24</b>	<b>16,14</b>	<b>4,66</b>	<b>12,69</b>	<b>8,77</b>	<b>2,11</b>
std	0,61	2,08	2,22	0,20	2,29	2,17	1,21
min	5,47	43,98	12,53	4,34	10,16	6,57	0,65
max	6,93	49,47	19,17	4,86	15,62	11,83	3,28
cv	8,95	4,11	12,54	3,96	16,48	22,62	52,13
N	6	6	6	6	6	6	6
Comparaison de moyenne	S	NS	S	NS	S	S	NS
<b>TAA Sénégalais moy</b>	<b>5,60</b>	<b>46,43</b>	<b>18,95</b>	<b>4,58</b>	<b>11,47</b>	<b>7,91</b>	<b>1,79</b>
std	0,98	1,87	4,78	0,39	2,49	2,04	1,01
min	4,05	43,98	12,53	3,76	7,82	5,64	0,65
max	6,93	49,47	27,60	5,19	15,62	11,83	3,28
cv	17,45	4,02	25,23	8,56	21,69	25,80	56,66
N	9	9	9	9	9	9	9

A l'inverse des sons de céréales issus du pilage, les tourteaux issus du pilage des graines sont moins riches en MM que les tourteaux issus du broyage mécanique. Le broyage permet une meilleure extraction de l'huile.

**Tableau 31** : Teneurs en constituants minéraux des tourteaux d'arachides artisanaux d'origines diverses (en % MS)

	MM	ICI	Ca	P	Mg
<b>moy</b>	<b>4,76</b>	<b>0,67</b>	<b>0,13</b>	<b>0,59</b>	<b>0,32</b>
std	0,36	0,29	0,02	0,04	0,01
min	4,43	0,25	0,08	0,56	0,31
max	5,27	1,24	0,11	0,67	0,34
cv	7,56	43,28	15,38	6,77	3,16
N	3	3	3	3	3

Faute de temps, les teneurs en aflatoxines des tourteaux artisanaux n'ont pu être incorporées dans les résultats.

#### 3.5.4. Comparaison entre la population étudiée et les échantillons récoltés

Les teneurs en constituants chimiques des TAA récoltés lors des enquêtes ont été comparées à celles des TAI de la base de données (Tableau 32).

Tableau 32 : Comparaison de moyenne entre les TAA récoltés et ceux de la population

Comparaison de moyenne	MM	MAT	MGE	CBW
TAA / TAI	NS	S	S	S

Pour l'ensemble des TAI et TAA on observe des différences significatives pour les teneurs en MAT, MGE et CBW. En effet, les TAI sont plus riches en CBW et en MAT. La différence des teneurs en CBW provient de l'ajout de coques par les industriels. La différence en MAT est difficilement explicable. L'extraction de l'huile par la méthode industrielle est plus efficace que par la méthode artisanale.

### 3.6. Calcul des valeurs alimentaires

En plus de la composition chimique, les principaux paramètres nécessaires à l'estimation de la valeur nutritive sont la digestibilité de la matière organique (dMO), la digestibilité de la matière azotée digestible (dMA) et la dégradabilité de la matière azotée (DT) dans le rumen. La Dégradation Théorique tient compte du temps de séjour des particules alimentaires dans le rumen et de la vitesse de dégradation.

#### 3.6.1. Les digestibilités de la MO, de la MAT et les Dégradabilités Théoriques

Les expériences réalisées lors du stage sur les sous-produits n'ont pu être achevées à temps pour pouvoir introduire les résultats dans cette étude. Aussi, nous avons pris comme valeurs de digestibilités (Annexe 4) les valeurs trouvées dans la bibliographie et celles déjà calculées par le programme A.B.T mené par le CIRAD-EMVT et l'ISRA au Sénégal. Pour les dégradabilités, seule la bibliographie nous a permis d'avoir des valeurs (Annexe 4).

#### 3.6.2. Les valeurs énergétiques des sous-produits

Pour les ruminants, le calcul des Unités Fourragères peut être réalisé par la méthode décrite par Jarrige R., (1988). Pour cela il faut connaître l'Energie Brute (EB), la Digestibilité de l'Energie (DE) ou l'Energie Métabolique (EM). Ces valeurs peuvent être estimées par des équations de prédiction (Annexe 5) à partir des constituants organiques des aliments.

Pour les monogastriques et les volailles en particulier, l'évaluation de la valeur énergétique des aliments se fait par l'EMAN. De nombreuses équations de prédiction ont été proposées (Annexe 5) par différents auteurs.

#### 3.6.3. Les valeurs azotées des sous-produits

Le calcul des MAD, PDIE et PDIN est réalisé par la méthode décrite par Jarrige R., (1988). Cette méthode fait appel à la connaissance de la dr, de la MO (dMO) et de la Dégradabilité Théorique de l'azote dans le rumen (DT). Ces valeurs peuvent être calculées expérimentalement ou estimées par des équations de prédiction (Annexe 5).

### 3.7. Relations entre les différents constituants chimiques des sous-produits

Suivant le niveau d'équipement, de technicité des laboratoires considérés, les dosages nécessaires à la connaissance de la qualité des sous-produits ne sont pas toujours réalisés. Ainsi, des équations simples de passage, entre les différents teneurs, permettent d'avoir une meilleure appréciation des matières premières. Ces équations ont été déterminées statistiquement en réalisant une régression linéaire en modèle complet au seuil de corrélation de 5 % (Statitcf 4.0). Les données utilisées sont les mêmes que celles des ACP.

Le manque d'échantillons (moins de 10) pour les sons de maïs, mil, fin de riz n'a pas permis d'étudier des corrélations.

#### 3.7.1. Relations entre les minéraux et la Matière Minérale totale

Ces relations (Tableau 33) permettent avec l'estimation de la MM, estimation simple et peu coûteuse, d'avoir un ordre de grandeur des teneurs en minéraux.

Tableau 33 : Equations de prévision des teneurs en minéraux à partir de la MM (en % MS)

Sous-produit	Var.Expliquée	Var.Explicative	Coef. Reg.	Ter.Cst.	r	etr	N
<b>FdP</b>	Ca	MM	0,382	-2,218	0,799	0,79	22
	P	MM	0,117	-0,902	0,598	0,42	22
<b>TAI</b>	ICl	MM	0,357	-0,364	0,853	0,86	21
	Ca	MM	0,015	+0,011	0,910	0,02	32
	P	MM	0,076	+0,075	0,903	0,12	32
	K	MM	0,188	+0,180	0,900	0,29	32

Légendes : Var. : Variable; Coef. Reg. : Coefficient de Régression; Ter. Cst. : Terme Constant; r : Coefficient de corrélation

#### 3.7.2. Relations entre les différents constituants organiques

L'analyse de la MAT permet d'obtenir la teneur en Lys des FdP, teneur coûteuse et difficile à obtenir techniquement (Tableau 34)

Tableau 34 : Equations de prédiction des teneurs en constituants organiques (en % MS)

Sous-produit	Var. Expliquée	Var. Explicative	Coef. Reg.	Ter. Cst.	r	etr	N
<b>FdP</b>	Lys	MAT	-0,056	9,019	0,513	0,33	20

#### 3.7.3. Relations entre les valeurs alimentaires et les constituants chimiques

Ces corrélations ont été réalisées afin de simplifier le calcul des UF. En effet, la méthode de Jarrige R., (1988) nécessite de connaître les valeurs de la digestibilité de l'énergie et de la matière organique et les valeurs de l'EB et de l'EM. Ces valeurs sont issues d'expérimentations coûteuses et difficiles à réaliser.

Tableau 36 : Valeurs alimentaires des sous-produits ( en % MS)

		UFV	UFL	EMAN	PDIN	PDIE	DI (PDIE + PDIN)
<b>FbR population</b>	<b>moy</b>	<b>1,24</b>	<b>1,22</b>	<b>3272</b>	<b>8,59</b>	<b>7,16</b>	<b>15,75</b>
	std	0,05	0,05	201,55	1,04	0,35	
	cv	4,62	3,76	6,16	12,11	4,85	
	N	15	15	15	15	15	
<b>SgR population</b>	<b>moy</b>	<b>0,36</b>	<b>0,44</b>	<b>613</b>	<b>6,41</b>	<b>3,64</b>	<b>10,05</b>
	std	0,07	0,07	315	0,25	0,35	
	cv	20,41	15,32	51,01	3,96	9,67	
	N	15	15	15	15	15	
<b>FbR récoltée</b>	<b>moy</b>	<b>1,14</b>	<b>1,12</b>	<b>3061</b>	<b>6,86</b>	<b>6,56</b>	<b>13,42</b>
	std	0,03	0,03	153,19	0,43	0,19	
	cv	2,43	2,90	5,00	6,29	3,01	
	N	3	3	3	3	3	
<b>SvR récolté</b>	<b>moy</b>	<b>0,64</b>	<b>0,69</b>	<b>1653</b>	<b>4,42</b>	<b>6,89</b>	<b>11,31</b>
	N	1	1	1	1	1	
<b>SgR récolté</b>	<b>moy</b>	<b>0,43</b>	<b>0,52</b>	<b>1028</b>	<b>2,85</b>	<b>6,21</b>	<b>9,06</b>
	std	0,10	0,09	399,78	0,51	0,35	
	cv	24,52	19,12	38,9	17,80	5,70	
	N	5	5	5	5	5	
<b>SdMI pileuse</b>	<b>moy</b>	<b>1,20</b>	<b>1,14</b>	<b>1901</b>	<b>7,96</b>	<b>7,62</b>	<b>15,58</b>
	std	0,03	0,03	122,19	1,38	0,54	
	cv	12,50	2,42	6,43	17,3	7,06	
	N	4	4	4	4	4	
<b>SdMI moulin</b>	<b>moy</b>	<b>1,29</b>	<b>1,24</b>	<b>2301</b>	<b>7,09</b>	<b>8,15</b>	<b>15,24</b>
	std	0,06	0,06	226	0,23	0,07	
	cv	4,62	4,18	9,83	3,30	0,84	
	N	7	7	7	7	7	
<b>SdMA pileuse</b>	<b>moy</b>	<b>1,29</b>	<b>1,26</b>	<b>3116</b>	<b>6,44</b>	<b>9,16</b>	<b>15,60</b>
	std	0,006	0,002	50,09	0,05	0,09	
	cv	0,49	0,14	1,61	0,87	1,05	
	N	3	3	3	3	3	
<b>SdMA moulin</b>	<b>moy</b>	<b>1,22</b>	<b>1,19</b>	<b>2874</b>	<b>5,68</b>	<b>9,18</b>	<b>14,86</b>
	std	0,09	0,07	455,52	0,96	0,42	
	cv	7,49	6,17	15,85	16,86	4,46	
	N	8	8	8	8	8	
<b>TAA</b>	<b>moy</b>	<b>1,34</b>	<b>1,36</b>	<b>3726</b>	<b>35,18</b>	<b>28,93</b>	<b>64,11</b>
	std	0,02	0,02	78,53	0,98	0,61	
	cv	1,43	1,57	2,10	2,78	2,12	
	N	11	11	11	11	11	
<b>TAI déshuilé</b>	<b>moy</b>	<b>0,86</b>	<b>0,93</b>	<b>2024</b>	<b>31,26</b>	<b>8,65</b>	<b>39,91</b>
	std	0,05	0,04	136,43	0,91	0,15	
	cv	6,09	4,54	6,74	2,91	1,73	
	N	11	11	11	11	11	
<b>TAI expeller</b>	<b>moy</b>	<b>1,24</b>	<b>1,23</b>	<b>3097</b>	<b>29,71</b>	<b>7,89</b>	<b>37,60</b>
	std	0,02	0,03	72,56	3,52	0,47	
	cv	1,95	2,78	2,34	11,86	5,96	
	N	10	10	10	10	10	
<b>FdP</b>	<b>moy</b>	<b>1,28</b>	<b>1,27</b>	<b>3464</b>	<b>41,68</b>	<b>8,67</b>	<b>50,35</b>
	std	0,03	0,04	138,92	0,87	0,201	
	cv	3,01	3,45	4,01	1,94	2,32	
	N	12	12	12	12	12	

Afin de pouvoir effectuer ces corrélations (Tableau 35) nous avons estimé les valeurs UF à partir de la méthode de Jarrige R., (1988). Par la suite ces valeurs alimentaires ont été corrélées avec les constituants organiques.

**Tableau 35** : Equations de prédiction des unités fourragères à partir des constituants chimiques (en % MS)

Sous-produit	Var. Expliquée	Var. Explicative	Coef. Reg	Ter. Cst.	r <sup>2</sup>	etr	N
TAI	UFL	MM	-0,011	1,263	0,999	0,001	42
		MAT	-0,0009				
		MGE	0,012				
		CBW	-0,019				
	UFV	MM	-0,024	1,591	0,999	0,001	
		MAT	0,007				
		MGE	0,025				
		CBW	0,0004				
SgR	UFL	MM	-0,015	1,351	0,993	0,019	22
		CBW	-0,017				
	UFV	MM	-0,016	1,515	0,990	0,027	
		CBW	-0,021				
FbR	UFL	MM	-0,010	1,306	0,998	0,010	27
		MGE	0,011				
		CBW	-0,020				
	UFV	MM	-0,011	1,453	0,999	0,006	
		MGE	0,012				
		CBW	-0,023				

### 3.8. Conclusions sur les valeurs bromatologiques et alimentaires des sous-produits

D'après les teneurs en constituants chimiques, les estimations des différentes valeurs alimentaires (UFL, UFV, PDIE, PDIN, EMAN) des sous-produits ont été réalisées (Tableau 36).

On note que les variations des valeurs alimentaires sont nettement plus faibles (cv de 0,14 à 24,52 %) que les variations des teneurs en constituants chimiques.

Les variations de qualité sont imputables à des variables différentes en fonction des sous-produits.

A l'aide des valeurs bromatologiques, on peut classer les sous-produits par ordre décroissant en fonction des teneurs :

-en MAT : les FdP (69,46 %); les TAI (51,71 %); les TAA (46,43 %); les sons de maïs, de mil et les FbR (environ 10 %) et enfin les SgR (4,98 %);

- en MGE : les TAA (18,95 %), les FdP, les SgR de mil et de maïs les FbR (de 6 à 10 %) et enfin les TAI déshuilé (1,95 %);
- en CBW : les SgR (32,72 %) et les TAI déshuilés (10,8 %), les autres sous-produits ont des teneurs équivalentes (de 4,58 à 8,90 %) et enfin les FdP;
- en acides aminés essentiels, Ca et P : les FdP sont les plus riches.

Sur le plan des valeurs alimentaires, on peut aussi réaliser une classification décroissante. Les TAA sont les plus énergétiques ( $\approx 1,35$  UF,  $\approx 3726$  kcal). Les SdMI, SdMA et les FbR ont des valeurs UF variant de 1,20 à 1,28 (des valeurs EMAN de 1901 à 3116) et enfin les SgR avoisinent 0,43 UF et 613 kcal. Sur le plan des PDI (PDIE + PDIN) les TAA (64,11 %) sont aussi les plus riches puis viennent les FdP (50,35 %), les TAI (39,91 %) et l'ensemble des issues de céréales ( de 9,06 à 15,60 %).

D'après les observations et les connaissances physiologiques des animaux il semble possible d'utiliser l'ensemble des sous-produits pour l'alimentation des polygastriques. Cependant, l'utilisation des tourteaux d'arachides plus ou moins contaminés par *Aspergillus flavus* pose le problème de la présence des aflatoxines M1 dans le lait destiné à la consommation humaine. Une étude plus approfondie sur les teneurs en aflatoxines des tourteaux et du lait semble intéressante à réaliser.

Pour les monogastriques l'utilisation des TAA et des TAI non détoxifiés est à éviter surtout chez les jeunes et les canards. Du fait de la forte teneur en CBW des SgR leur usage est à limiter. Quant aux FdP il faut éviter de dépasser un taux d'incorporation de 20 % (Dayon M., communication personnelle).

### **3.9. Conclusions sur l'influence des technologies sur la composition chimique des sous-produits**

Pour les issues de riz, il ne semble pas évident que les techniques industrielles génèrent des sous-produits de qualité moins variable que les artisanales. D'autre part, en tenant compte du très faible échantillonnage, il ne semble pas y avoir de différence significative entre les FbR obtenues par des décortiqueuses à meule ou à caoutchouc. Quant aux SgR, l'influence des décortiqueuses Engelberg et du mode de décorticage sur la variabilité qualitative ne semble pas être significative.

En outre, le réglage des moulins influe significativement sur la qualité des issues (Wydiobroto B.P., 1989).

Le pilage donne des sons de mil plus riches en MM et des sons de maïs moins riches en MGE que ceux issus des moulins. Pour les autres teneurs et les valeurs alimentaires il n'y a pas de différences significatives.

Pour le mil on remarque que les sons issus d'un moulin à marteaux ont une teneur en MGE plus faible et une teneur en CBW plus élevée.

Il semble que les teneurs en constituants chimiques des sons de mil ne soient pas influencées par le nombre de disques du moulin.

Pour le maïs, les sons issus de la décortiqueuse expérimentale, sont moins riches en MM et en MGE mais plus riches en CBW.

Sur le plan industriel les teneurs en MGE des tourteaux d'arachides sont significativement différentes. En effet, les tourteaux déshuilés sont nettement moins riches que les expellers. En revanche ils sont plus riches en CBW que les expellers.

Les tourteaux issus du pilage des graines sont moins riches en MM que les tourteaux issus du broyage mécanique. Le broyage permet une meilleure extraction de l'huile.

## **Chapitre IV - UTILISATION DES SOUS-PRODUITS PAR LES ELEVEURS**

### **4.1. Les pratiques d'élevages**

Le cheptel en 1993 représente 25689340 têtes (Tableau 37) soit une augmentation de 0,7 % par rapport à 1992. Seuls les effectifs des bovins et caprins ont augmenté par rapport à 1993 respectivement de 3,4 et de 4,3 %. Les zébus sont essentiellement de race Gobra et les ovins de race Maure ou Peul.

Tableau 37 : Effectif du cheptel Sénégalais (en millier)

<b>Effectif</b>	<b>Bovin</b>	<b>Ovin</b>	<b>Caprin</b>	<b>Porcin</b>	<b>Equin</b>	<b>Asin</b>	<b>Volaille</b>
<b>1993</b>	2693	3657,1	3076,2	153,560	433,440	365,7	15304,86
<b>1992</b>	2602	3497,7	2944,3	146,277	431,444	364,1	15516

(Dir., El., 1995)

Remarque : Elevage de volaille : -type industriel : 4 124,200 unités  
-type villageois : 11 180,660 unités

On estime que l'élevage des bovins, ovins, caprins au Sénégal est majoritairement de type extensif. Il est défini par l'absence de complémentation alimentaire des animaux. Dans ce cas d'après Fall S.T., (Communication personnelle) l'élevage intensif et semi-intensif représente entre 4 et 10 % du cheptel. Cependant, des projets de vulgarisation d'embouche et de production laitière en saison sèche amènent certains éleveurs à tenter des expériences personnelles d'élevage intensif.

### **4.2. Le prix des aliments utilisés par les éleveurs**

Les aliments distribués aux animaux sont achetés, auto-produits par l'éleveur ou récoltés gratuitement dans les environs.

Lors des enquêtes, (Tableau 38) le prix des aliments a été relevé afin d'avoir une idée du coût de l'alimentation. Ces chiffres ne sont pas absolus car plusieurs facteurs font varier les prix :

-la période d'achat : de la post-récolte à la fin de la saison sèche les prix augmentent progressivement (enquêtes; Ly C., 1986; Afrique et Agriculture, Jan 1994);

-la région : le prix augmente lorsque la zone d'utilisation et la zone de production sont éloignées;

-le marchandage;

-les relations sociales.

Tableau 38 : Prix des aliments relevés lors des enquêtes

Aliment	Prix (FCFA / kg) moy / std / min - max / N	Prix de l'UFV	Prix d l'UFL	Prix de 100 kcal	Prix du kg de MAT	Prix du kg de PDIE
<b>SdMI moulin</b>	31,7 / 13 / 20 - 50 / 3	<b>24,57</b>	<b>25,56</b>	<b>1,38</b>	2709	388,95
<b>pileuse</b>	79,3 / 19 / 60 - 100 / 7	61,47	63,95	4,17	<b>6012</b>	1040,68
<b>SdMA moulin</b>	38,5 / 16 / 10 - 60 / 9	31,56	32,35	1,34	4250	419,39
<b>SgR</b>	35,4 / 16 / 30 - 80 / 8	82,32	68,08	/	7108	<b>57,00</b>
<b>FbR</b>	55,6 / 4,2 / 50 - 60 / 3	48,77	49,64	1,82	4907	847,56
<b>FdA</b>	38 / ? / 10 - 60 / 2	73,11	62,35	/	/	633,12
<b>PdR</b>	20	40,02	33,34	/	/	345,23
<b>PdMI</b>	gratuit	0	0	/	/	0
<b>PdB</b>	gratuit	0	0	/	/	0
<b>Jarga aliment industriel</b>	70 / ? / 60 - 80 / 2	87,52	87,53	/	/	?
<b>GC</b>	36 (subventionnée) ou 50	41,74	38,85	/	/	355,15
<b>TAI</b>	60 / ? / 40 - 80 / 2	69,76	64,51	2,96	<b>1201</b>	693,64
<b>TAA</b>	121 / 41 / 40 - 160 / 13	97,58	98,38	3,25	2420	1533,59
<b>FdP</b>	156 / ? / 125 - 190 / 2	<b>121,87</b>	<b>122,83</b>	<b>4,50</b>	2176	<b>1799,31</b>

On note en italique gras les prix les plus bas et en gras les prix les plus élevés.

La FdP est un sous-produit cher lorsqu'il est utilisé pour l'alimentation des polygastriques. Pour les monogastriques son coût énergétique est élevé mais le coût de l'apport azoté est parmi les plus faibles. Sur le plan énergétique l'utilisation des SdMI moulin et SdMA moulin semble plus favorable pour les monogastriques.

Les prix des UF et des PDI des SdMi et des SdMA sont équivalents, alors que ceux des tourteaux d'arachides sont plus élevés.

La dévaluation a fait augmenter le prix des sous-produits. En 1992, le kg de son de riz villageois était de 25 à 35 FCFA (Tandia D., et Harvard M., 1992), alors qu'il est maintenant de 30 à 80 FCFA / kg.

### 4.3. Les pratiques d'alimentation

Les pratiques alimentaires ont été distinguées en fonction de la saison (sèche, hivernage) et du type de production (intensif, semi-intensif, extensif).

Il a été estimé le coût des rations (en FCFA / animal / jour). Pour cela, les quantités ingérées (en kg de MB / animal / jour) par les animaux ont été relevées. Il faut remarquer la faible précision des quantités de fourrages ingérés.

#### 4.3.1. En élevage extensif

En saison sèche comme en hivernage le troupeau pâture sur les parcours. Les animaux les plus faibles (malade, post-vêlage) reçoivent parfois une légère complémentation (fanés d'arachides, son de mil, maïs, riz...).

#### 4.3.2. En élevage semi-intensif

Les animaux en hivernage sont sur parcours.

En saison sèche ils pâturent pendant la journée et reçoivent le soir une ration constituée principalement d'aliments riches en azote. Cette ration permet de combler le déficit azoté des pâturages.

Deux élevages ont été étudiés dans la région de Kolda. Ils réalisent des opérations d'embouche ovine (33 et 12 moutons), en saison sèche, pour la Tabaski. La complémentation est constituée de 250 g de GC et de 0,5 à 1 kg de fanés d'arachides (coût ≈ 60 FCFA). La fane d'arachide distribuée en faible quantité, de bonne qualité par rapport à des pailles de mil, maïs ou de riz, permet un apport azoté. Les graines de coton contribuent à l'apport azoté et énergétique.

#### 4.3.3. En élevage intensif

Lors des opérations d'embouche ou pour la production laitière en saison sèche, les animaux sont gardés à l'attache à l'abri sous un arbre ou dans une étable. Ils en est de même pour l'embouche des moutons dans la région du fleuve (Saulay J.C., 1994).

L'absence de pâturages nécessite une alimentation raisonnée à base d'un fourrage plus ou moins grossier, couvrant les besoins énergétiques, et d'un concentré réduisant le déficit azoté.

##### *\*Cas des opérations d'embouches*

Dans la région de Bambey, cinq éleveurs pratiquant l'embouche bovine de zébus Gobra mâles non castrés ont été enquêtés. La durée moyenne de l'embouche est de 3,6 mois (min 3; max 5 mois). Saulay J.C., (1994) note une durée identique d'embouche des moutons lors de la Tabasky.

Trois éleveurs, réalisant de 1 à 3 embouches par an, possédaient un seul animal à l'intérieur de la concession.

La ration de base était constituée de paille de mil, de foin de brousse, de résidus de battage du mil (ad libitum, gratuite) et d'un concentré (acheté). Le concentré varie en fonction des éleveurs :

- 1er éleveur Jarga (3 kg) + TAA (2 kg) + SdMI (1 kg); coût de la ration 312,5 FCFA
- 2ème éleveur Jarga (3 kg) + SdMI (2 kg); coût 260 FCFA
- 3ème éleveur SdMI (2 kg) + TAA (0,3 kg); coût 155 FCFA.

Les autres groupements, réalisant une seule opération d'embouche par an, avaient 10 à 12 animaux.

La ration était constituée :

-1er : fanés d'arachide ad libitum + TAA (1,5 kg) + SdMI (2 kg); coût 322 FCFA. Les GMQ obtenus sont de 750 à 800 g.

-2ème : paille de mil hachée (gratuite) + Jarga (2 kg) + SdMI (3 kg) + GAA (1,5 kg).

En zone urbaine ou péri-urbaine, l'élevage intensif est presque obligatoire. Sur le plan des pratiques alimentaires les enquêtes à Kolda ou sur les marchés de Dakar ne semblent pas montrer de différences majeures.

*\*Cas des productions laitières en saison sèche*

Les enquêtes ont été réalisées dans la région de St Louis et de Tambacounda. Parmi l'ensemble du troupeau quelques vaches sont mises à l'attache en étable. D'après les éleveurs, la production est semblable à celle permise par les parcours en hivernage. Ceci est d'autant plus remarquable, que les vaches sur parcours en saison sèche ne produisent plus. Ainsi, il semble que toute l'année la production assure les besoins pour l'auto - consommation.

Dans la région de St Louis, nous avons relevé quelques exemples de rations.

L'école des pratiques d'élevage possède des vaches laitières Montbéliarde et Gobra produisant respectivement 6 à 8 l / j et 2 l / j. La ration vache laitière est composée de : Paille de riz ad libitum (7-8 kg) + SdR (villageois ou industriel) (2,8 kg) + Jarga (3 kg). Le coût de la ration est de 530 FCFA.

Chez deux éleveurs possédant des vaches laitières, zébus Gobra, la ration était composée de :

-1er : Paille de riz mélassée ad libitum (7-8 kg) + SgR (3 kg) + Jarga (1 kg); coût 330 FCFA. Pour mélanger sa paille, l'éleveur mélange 0,5 l de mélasse avec 15 l d'eau et 15 kg de paille (une botte);

-2ème : SgR (0,25 kg) + Jarga (0,25 kg) + TAA (0,1 kg) + Fanes d'arachides ad libitum; coût 305 FCFA.

Dans la région de Tambacounda sept éleveurs ont été enquêtés. Trois rations types peuvent être dégagées de ces enquêtes :

1ere : 2 kg de GC + 2,5-3 kg de fanes d'arachides (coût 205 FCFA).

2ème : 2 kg de GC + FdA (2,25 kg) + fourrage grossier (ad libitum) (paille de riz, paille de brousse, tige de maïs ou de niébè); coût 190 FCFA.

3ème : GC (1 kg) + SdMI ou SdMA (1 kg) + paille de brousse ou de maïs (ad libitum); coût de 50 à 100 FCFA.

Lorsque les animaux peuvent divaguer sur les pâturages en saison sèche, la complémentation ne nécessite pas un apport supplémentaire de glucides pariétaux. En revanche elle doit être axée sur les apports azotés sous forme de fourrages de bonne qualité (vert avec des feuilles) ou de concentrés riches en PDI.

#### 4.3.4. En élevage avicole

La plupart des aliments volailles sont achetés aux industriels. Seuls quelques rares aviculteurs fabriquent leurs aliments, telle l'unité avicole de Kolda (Keur Moussa). Les matières premières utilisées sont le maïs, le sorgho, le mil, la farine de poisson, le tourteau d'arachide SONACOS (non détoxifié), des coquilles d'huîtres, le son de riz industriel, un CMV et de la méthionine offerte par VSF. Le problème principal reste les ruptures d'approvisionnement en matières premières. Dans ce cas, les aliments sont achetés.

#### **4.4. Les aliments du bétail**

Les pratiques alimentaires des éleveurs intègrent souvent un aliment industriel.

Les Grands Moulins de Dakar fabriquent un aliment bétail (Jarga ou "Repass" en Wolof). Il contient du son de blé, du tourteau d'arachide industriel, du carbonate de calcium, un CMV etc.. SENTENAC propose aussi une gamme pour bétail.

Pour l'aliment volaille, il y a plusieurs industries (SEDIMA, C. A. de M'BAO, SENTENAC, SENDIS, SYDAPRA).

En 1993/1994 et 1994/1995 SENTENAC a produit 7 500 à 8 000t d'aliments volailles et 5 000t d'aliments bétail. Exceptionnellement en 1995, lors de l'opération sauvegarde du bétail, il a été vendu 200 t de son de Mil (Diop M., communication Personnelle).

#### **4.5. Le coût de l'alimentation**

D'après les enquêtes, le coût de l'alimentation des bovins varie de 50 à 530 FCFA / jour, la moyenne étant de 235 FCFA  $\pm$  131. L'étude de l'ensemble des coûts de production n'ayant pas été réalisée il est impossible d'estimer la part de l'alimentation dans le coût de production.

D'après Saulay J.C., (1994) le coût de la ration, pour l'embouche de moutons, était compris entre 0 et 40 FCFA, la moyenne étant de 15 FCFA. Par rapport aux intrants globaux le coût de l'alimentation est restreint. En effet, les éleveurs ont eu la possibilité de bénéficier d'aliments traditionnels gratuits. D'autre part, le coût de l'alimentation n'est pas corrélé au bénéfice par animal. L'activité d'embouche des béliers de Tabaski reste une activité essentiellement spéculative. La dépense d'achats d'aliments serait superflue.

Il a été relevé (Afrique et Agriculture, Fév 1994) que l'alimentation représente 46 % du coût de production d'un poulet de chair en 92 / 93.

D'après Dieng A., (1984), les opérations d'embouches bovines ou ovines pour la Tabaski sont rentables et liées à l'alimentation. L'alimentation représente dans une opération d'embouche bovine 28 % et dans une opération ovine 19 % du coût de production.

#### **4.6. Etude des productions permises par les rations à base de sous-produits**

##### **4.6.1. Rations utilisées par les éleveurs enquêtés**

Quelques rations à base de sous-produits ont été étudiées (Tableau 39) afin de connaître les productions théoriques permises. On a considéré un bovin de 250 kg en stabulation. Les besoins des animaux et les valeurs alimentaires des fourrages sont issus de Jarrige R., 1989. Les valeurs alimentaires des concentrés sont issues de l'étude du chapitre III.

Tableau 39 : Productions permises par les rations utilisées par les éleveurs

Aliment	Quantité (kg)	GMQ (kg)	Bil. PDIN	PL(l)	Bil. PDIN	Bil. Ca	Bil. P
PdMI	AL						
TAA	0,3	0,25	-	3,5	--	+	-
SdMI	2,0						
FdA	AL						
TAA	1,5	1,0	---	8,0	---	-	+
SdMI	2,0						
PdB	AL						
GC	1,0	0,5	--	5,0	--	-	+
SdMI	1,0						
PdB	AL						
SdMA	1,0	0,25	--	5,0	--	-	+
GC	1,0						

Bil. = Bilan; AL = Ad Libitum; - = non couverture des besoins; + = couverture des besoins

L'ensemble des rations présente un déficit en PDIN. Un apport d'azote non protéique permettrait l'amélioration des productions. Pour la production laitière on note des carences en Ca.

#### 4.6.2. Autres types de rations

Dieng A., (1984) propose pour l'entretien des bovins PdR 4,5 kg + FbR 1 kg + TAI 0,5 kg.

Fall S.T., et Richard D., (1991) proposent des rations pour les bovins et pour les volailles :

- Pondeuse (1er oeuf - réforme) : Céréales en semoule (74 %) + TAI broyé (12 %) + FdP (5 %) + CMV (9 %);

- Poulet de chair (0 à 4 semaines) : Céréales en semoule (65 %) + TAI broyé (20 %) + FdP (13,5 %) + CMV (1,5 %);

- Poulet de chair (5 semaine à l'abattage) : Céréales en semoule (68 %) + TAI et coques broyées (26 %) + FdP (1 %) + CMV (5 %);

- Production Laitière : Fourrage vert (ad libitum) + Son de blé (29 %) + Céréales broyées + TAI et CMV (11 %)

- Embouche semi-intensive (GMQ 230 g) : Pâturage de saison sèche + Son de riz (75 %) + GC (25 %)

D'après les besoins des bovins tropicaux (Jarrige R., 1989) il est possible de réaliser des rations (Tableau 40) pour des animaux à l'étable à partir de sous-produits :

Tableau 40 : Quantité d'aliments à distribuer en fonction des productions (en kg de MS)

Sous-produit	GMQ = 650 g	GMQ = 200 g	PL ~ 2 l	PL ~ 2 l
FdA	8	/	9	/
PdMI	/	5	/	6,2
SdMI ou SdMA	1,5	2,5	1,3	5

De même pour les volailles et les besoins estimés par Larbier M., Leclerq B., (1992) (Tableau 41).

Tableau 41 : Formules d'aliments volailles à base de sous-produits (en %)

<b>Sous-produit</b>	<b>Pondeuse*</b>	<b>Pondeuse**</b>	<b>Poulet chair ***</b>
<b>SdMI</b>	49	5	55
<b>SdMA</b>	/	10	/
<b>TAI</b>	11	25	/
<b>FdP</b>	15	15	20
<b>Maïs</b>	20	40	20
<b>CMV</b>	5	5	5

\* du 1er oeuf à la réforme, déficit en Ca; \*\* du 1er oeuf à la réforme, déficit en Ca; \*\*\* de 0 à 20 semaines, déficit de 200 kcal.

L'introduction d'issues de céréales, permet de réduire le taux d'incorporation du maïs.

#### **4.7. Contraintes liées à l'utilisation des sous-produits**

- Aucun des sous-produits ne constitue à lui seul un aliment complet;
- Les paysans n'ont pas de liquidité permettant d'acheter régulièrement et ou de stocker les aliments;
- Les problèmes de stockage;
- La mentalité de certains éleveurs qui favorisent les effectifs importants (signe de richesse) ou lieu de la productivité ce qui amplifie les problèmes d'alimentation (Dieng A., 1984);
- Des prix trop élevés;
- Des périodes de rupture d'approvisionnement;
- Le manque d'organisation dans les circuits de distribution.

#### **4.8. Conclusions sur l'utilisation des sous-produits par les éleveurs**

Ces enquêtes montrent que certains éleveurs utilisent régulièrement et de façon raisonnée des sous-produits industriels (GC, TAI, FbR) ou artisanaux (TAA, SdR, SdMA, SdMI). Pour cela ils doivent se situer dans la zone de production. Ceci est confirmé par l'étude réalisée par Fall S.T., et al., (1993).

Les sons de mil et de maïs, issus du pilage familial, sont distribués aux volailles et aux petits ruminants alors que les sous-produits incorporés dans les rations de complémentation intensive ou semi-intensive sont en général achetés.

L'ensemble des éleveurs utilisant des sous-produits, constatent des différences de qualité. Les sons de mil et de maïs sont très appréciés car considérés comme un aliment de bonne qualité. Il ressort que le son de riz artisanal (Niagass) est moins recherché (moins bonne qualité) que celui des usines (son vrai ou farine basse). Pour les farines basses il apparaît que les éleveurs préfèrent celles contenant les brisures.

### Utilisation des sous-produits par les éleveurs

On note que l'école pratique d'élevage de St Louis a remarqué la formation de sels de phosphates chez les petits ruminants après utilisation des sons de riz villageois ou industriels.

La qualité du TAA fait l'unanimité chez les éleveurs de ruminants. En aviculture le problème des aflatoxines persiste lors de l'utilisation du TAA surtout chez les jeunes. L'utilisation rapide, chez les adultes, des tourteaux artisanaux fraîchement pressés pourrait être envisageable afin de limiter une nouvelle contamination par *Aspergillus flavus* lors des phases de séchage et de stockage.

Pour la totalité des sous-produits, les stocks réalisés par les éleveurs sont toujours fonction du disponible financier. Ils varient de quelques kilos (1 semaine) à 1000 kg (GIE).

## CONCLUSION

Cette étude comporte quatre parties. On n'a pu introduire les résultats de la partie expérimentale, faute de temps. La seconde partie correspond à une étude de la filière et de la disponibilité des sous-produits. Enfin, on trouve une analyse qualitative des sous-produits et une observation des pratiques d'utilisation de ces sous-produits par les éleveurs.

Il ressort des différentes enquêtes que :

- la transformation alimentaire est majoritairement réalisée par le secteur artisanal;
- les productions des sons de mil et de maïs ne peuvent satisfaire la demande;
- seule la distribution des tourteaux industriels et des farines de poisson est assurée.

De ce fait, les éleveurs proches des lieux de production, sont les seuls à disposer rentablement des autres sous-produits.

Au niveau artisanal, malgré une base commune, il existe une grande variation des techniques de transformations. On note des effets significatifs de la transformation sur les valeurs bromatologiques (MM, MAT, MGE, CBW) en fonction des sous-produits. En revanche, les valeurs nutritionnelles semblent moins affectées. Le secteur industriel étant peu développé, les technologies sont peu variables.

Les FdP sont les sous-produits les plus riches en MAT, Acides Aminés essentiels, Ca et P et les moins riches en CBW. Elles se positionnent alors comme la matière première indispensable en alimentation avicole malgré son prix élevé.

Les TA, en particulier ceux de fabrication artisanale, sont de bonnes sources azotées et énergétiques pour les ruminants. Les problèmes des aflatoxines M1, dans le lait pour l'alimentation humaine, et des aflatoxines B1 pour les jeunes animaux persistent. L'introduction des TAI détoxifiés dans les aliments volailles pose le problème des résidus de NH<sub>3</sub>.

Quant aux sons de mil, maïs et FbR, ils se situent comme des sous-produits de qualité moyenne aussi bien pour les monogastriques que pour les polygastriques. Les SgR et les BdR sont les issues de moins bonne qualité utilisables pour l'alimentation des ruminants uniquement. Ce sont des sous-produits de secours lorsqu'il y a une rupture de production des issues industrielles.

En alimentation avicole il apparaît possible de substituer, en partie, les issues de céréales au maïs.

Seule une minorité d'éleveurs utilise les sous-produits de façon raisonnée et régulière. Aucun des sous-produits ne peut remplacer le fourrage, l'association fourrage / sous-produits est alors indispensable.

L'urbanisation croissante développe les filières semi-industrielles (exemple des minoteries de la SODEFITEX) de transformation du mil et du maïs. Ceci permettra dans un proche avenir de répondre à la demande des éleveurs. La demande en tourteau d'arachide industriel et en farine de poisson est inférieure à la production puisque les industries exportent.

Grace à l'utilisation des sous-produits, en particulier les sous-produits fourrage (drèches de brasserie et de tomates, il semble que l'alimentation animale en milieu péri-urbain ne soit plus un facteur limitant majeur à l'expansion des filières de productions animales.

## BIBLIOGRAPHIE

### A. Livres

1. **Göhl B., 1982.** Tropical Feeds. Feeds informations summaries and nutritive values. Rome, Food and agriculture Organisation of the United Nations : 333-336.
2. **Janssen, W.M.M.A., 1988.** European table of energy values for poultry feedstuffs. Grafischbedrijf Ponson & Loijen bv Wageningen, 2nd edition : 1-13.
3. **Jarrige R., 1978.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris.
4. **Jarrige R., 1980.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, 476p.
5. **Jarrige R., 1988.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, 476p.
6. **Jarrige R., 1989.** Ruminant nutrition : recommended allowances and feed tables. INRA, Paris, 1989.
7. **Larbier M., Leclercq B., 1992.** Nutrition et Alimentation des Volailles. INRA, Paris.
8. **Mémento de l'agronome, 1984.** Ministère de la Coopération et du développement. Collection "Techniques rurales en Afrique".

### B. Rapport

9. **Bellière J.F., 1993.** Rapport sur les exploitations agricoles du delta et leurs résultats technico économiques pour la production rizicole. SAED / DPDR / CIRAD.
10. **Fofana A., 1992.** Rapport d'expérimentation variétale multilocale sur le mil. ISRA - CNRA, Bambey.
11. **Saulay J.C., Ickowicz A., 1994.** Etude des résultats techniques et économiques des ateliers d'embouche de beliers de Tabaski dans le delta du fleuve Sénégal. Non publiée.

### C. Thèses et mémoires

12. **Dieng A., 1984.** Utilisation des sous-produits agricoles et agro-industriels disponibles le long du fleuve Sénégal (République du Sénégal). Thèse pour l'obtention du grade d'ingénieur agronome; orientation : Elevage. Faculté des sciences agronomiques de l'état de Gembloux (Belgique).
13. **Djoudeitingar D., 1993.** Valorisation des résidus de récolte et des sous-produits agro-industriels pour la production de viande au Sénégal. Thèse pour l'obtention du titre de docteur vétérinaire. EISMV.
14. **Fall, S.T., 1993.** Valeur nutritive des fourrages ligneux, leur rôle dans la complémentation des fourrages pauvres des milieux tropicaux. Thèse pour obtenir le Doctorat en Zootechnie; Option : Nutrition Animale. E.N.S.A, Montpellier.

15. **Grillet, C., 1992.** Les tourteaux de coprah et de palmiste. Mémoire pour obtenir le mastère : Sciences et Techniques des Productions animales. Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT, INRA, ENSAR, Avril 1992. 125 p.
16. **Kébé C., 1985.** Etude des protéines conventionnelles et non conventionnelles au Sénégal. Thèse pour l'obtention du titre de Docteur vétérinaire. Dakar.
17. **Le Grand D., 1989.** Les sous-produits de céréales : Composition chimiques et valeurs énergétiques des sons de maïs, mil et sorgho. Mémoire de stage. DESS Productions Animales en Régions Chaudes. CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort. 82 p.
18. **Loa C., 1988.** Utilisation des sous-produits agro-industriels en alimentation animale au Cameroun. Thèse pour l'obtention du titre de docteur vétérinaire. Dakar.
19. **Ly, C., 1986.** Utilisation des sous-produits du riz et élevage : étude préliminaire dans la région du fleuve Sénégal. Mémoire de Confirmation. I.S.R.A, Dakar.
20. **Widyobroto B.P., 1989.** Valeur alimentaires des issues de riz distribuées aux animaux domestiques. Mémoire de D.E.A. E.N.S.A, Université de Rennes I, I.E.M.V.T - C.I.R.A.D, Maisons-Alfort.

## **E. Articles et périodiques**

21. **Actualités tertiaires, 1993.** Le bulletin de la communication pédagogique d'Afrique Francophone. n° 17. Dakar.
22. **Afrique et Agriculture, Jan 1994.** Sénégal : graves déséquilibres. n° 211.
23. **Arachide infos, 1989.** Quelques rappels ...IRHO - CIRAD. La lettre du réseau de la CORAF. n° 2 juin.
24. **Briantais G., 1984.** Aflatoxines : un contrôle systématique. Revue de l'alimentation animale n°377.
25. **Fall S.T., Cissé M., Richard D., Ditaroh D., 1993.** Systèmes d'alimentation pour la production intensive de viande au Sénégal. I.S.R.A, Dakar.
26. **Fall S.T., Guérin H., Sall C., Mbaye N., 1989.** Les pailles de céréales dans le système d'alimentation des ruminants au Sénégal. Collection "Etudes et Documents". I.S.R.A et Michigan State University. Vol 2 n°1.
27. **Fall S.T., Richard D., Mbaye Nd., 1991.** Rations alimentaires : Volailles, Bovins, Ovins, Cheval. Fiches techniques. Vol 2 n°1. ISRA.
28. **Tandia D., Havard M., 1992.** La transformation du paddy dans la vallée du fleuve Sénégal. Collection "Etudes et Documents". I.S.R.A et Michigan State University. Vol 5 n 1.

## **F. Autres**

29 **CSAAD, 1992.** Cours Supérieurs d'Alimentation des Animaux Domestiques. INA-PG, Paris.

30 **Dir., Agri., 1995.** Résultats définitifs de la campagne agricole 1994/1995. Direction de l'agriculture, division des statistiques agricoles. Fév 1995. Dakar.

31 **Dir., El., 1995.** Evaluation du cheptel. Direction de l'élevage, division des statistiques. Dakar.

32 **Direction de l'océanographie et des pêches maritimes, 1995.** Rapport annuel. Dakar.

33 **FAO/BAD, 1990.** Annuaire des Productions 1990, Vol 44. Rome, FAO, 1991. 286 p. (Statistiques, 99).

34 **IO7, 1994.** Banque de données de l'alimentation animale AFZ. Convention SYPRAM.

## **Annexe 1**

### Questionnaires d'enquêtes

ENQUETE MATIERE PREMIERE  
INDUSTRIES ALIMENTS

IDENTIFICATION

\*N° d'échantillon

\*Date

\*Lieu

1 / 2 / 3 / 4 / 5

\*Matières premières

Nom vernaculaire

Nom "scientifique"

\*Variétés?

\*Aliments? Bov / Ov / Cp / Eq

Pou Ch Démarr / Pou Ch Finit

Poulette / Pou Pond

\* Farine / Granulé

\*Fournisseur

1 / 2 / 3 / 4 / 5

Artisans

Industries

Eux - mêmes

1 / 2 / 3 / 4 / 5

\*Toujours le même

Si non Pourquoi?

1 / 2 / 3 / 4 / 5

\*Ruptures de MP?

Quand?

Substitution?

1 / 2 / 3 / 4 / 5

\*Quantité de sp

utilisé par an

\*Fabrication des aliments

1 / 2 / 3 / 4 / 5

\*Farine / Granulé

\*Broyage

Type de machine

Fabricant

Age

\*Mélangeuse

Type de la machine

Fabricant

Age

\*Presse

Type de machine

Fabricant

Age

1 / 2 / 3 / 4 / 5  
\*Stockage  
Quantité?  
Durée?  
Couvert / Non couvert?  
Sol / Béton?  
Vrac / Sac?

\*Qualité du stockage  
Insectes?  
Moisisures?

1 / 2 / 3 / 4 / 5  
\*Prix d'achats  
Min  
Max

1 / 2 / 3 / 4 / 5  
\*Période des prix  
Min  
Max

1 / 2 / 3 / 4 / 5

\*Quel transport utilisé?

1 / 2 / 3 / 4 / 5  
\*Coût du transport?

\*Quel moyen de contrôle de la qualité des aliments?

\*Existe-t-il une variation de la qualité des aliments?

\*Quel sont les problèmes rencontrés lors de leurs utilisation?

\*Quel sont les MP qu'ils préfèrent utiliser?

\*Courbes de productions au cours de l'année?  
Mois de la forte production  
Mois de la faible production

ENQUETE MATIERE PREMIERE (SON)  
PRODUCTEUR

IDENTIFICATION

\*N°d'échantillon  
\*Date  
\*Lieu  
\*Date d'achat /Date de récolte  
\*Matière première  
Nom vernaculaire  
Nom "scientifique" Gros / Moyen / Fin

\*Remarques diverses :

MODE DE PRODUCTION

\*Individuel, Groupe

\*Artisanal / Industriel

Son : Variété de la semence  
Origine de la semence  
Moyen de transport utilisé  
Coût de transport  
Difficulté d'approvisionnement  
Facile / Moyennement / Très difficile  
Stockage des grains Oui / Non  
Quantité  
Sac / Vrac  
Couvert / Non couvert  
Sol / Béton / Autres  
Durée  
Lutte contre les prédateurs  
Quoi?  
Comment?  
Périodicité

Qualité de la conservation  
Insectes Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Moisissures Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Rancissement Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Séchage / Cuisson  
Oui / Non  
Type de l'appareil  
Marque  
Durée  
T°C

Décorticage  
Oui / Non  
Manuel / Mécanique  
Type de l'appareil  
Marque  
Type des rouleaux

Mode de Séparation grains / sons  
Tamissage / Triage / Autres  
Taille de la maille du tamis  
Type de l'appareil  
Marque  
Degré de mélange

Stockage du son Oui / Non  
Sac / Vrac  
Quantité  
Couvert / Non couvert  
Sol / Béton / Autres  
Durée

Lutte contre les prédateurs  
Quoi?  
Comment?  
Périodicité

Qualité de la conservation  
Insectes Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Moisissures Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Rancissement Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

\*Estimation des rendements :

\*Courbes de productions pendant l'année

Mois de la plus forte production

Mois de la plus faible

Tendance d'année en année

\*Existe-t-il des ruptures de stocks / production

\*Remarque diverse :

**PRIX A LA DATE D'ENQUETE**

De vente du sous produits  
D'achats des graines

**VARIATION DES PRIX**

Oui / Non

Minimum / Mois

Maximum / Mois

Tendance lors des années précédentes

ENQUETE MATIERE PREMIERE (TOURTEAU)  
PRODUCTEUR

IDENTIFICATION

\*N°d'échantillon  
\*Date  
\*Lieu  
\*Date d'achat /Date de récolte  
\*Matière première  
Nom vernaculaire  
Nom "scientifique"

\*Remarques diverses :

MODE DE PRODUCTION

\*Individuel, Groupe  
\*Artisanal / Industriel

Tourteau : Variété de la semence  
Origine  
Moyen de transport utilisé  
Coût de transport  
Difficulté d'approvisionnement  
Facile / Moyennement / Très difficile  
Stockage des graines Oui / Non  
Quantité  
Sac / Vrac  
Couvert / Non Couvert  
Sol / Béton / Autres  
Durée  
Lutte contre les prédateurs  
Quoi?  
Comment?  
Périodicité  
Qualité de la conservation

Insectes Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Moisissures Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Rancissement Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Séchage des graines  
Oui / Non  
Méthode naturelle / Artificielle  
Type de l'appareil  
Marque  
Durée  
T°C

Décorticage, séparation  
Oui / Non  
Manuel / Mécanique  
Type de l'appareil  
Marque

Broyage  
Oui / Non  
Mécanique / Manuel  
Type de l'appareil  
Marque

Ajout des coques  
Pourcentage  
Systématique? Oui Pourquoi?  
Non? Pourquoi?

Chauffage de la pâte  
Oui / Non  
Feux / Solaire / Mécanique  
Type de l'appareil  
Marque

Pression  
Manuel / Mécanique  
Type de presse  
Marque

Extraction  
Oui / Non  
Type de solvant  
Type de l'appareil  
Marque

Stockage du tourteau  
Oui / Non  
Quantité  
Sac / Vrac  
Couvert / Non couvert  
Sol / Béton / Autres  
Durée

Lutte contre les prédateurs  
Quoi?  
Comment?  
Périodicité

Qualité de la conservation  
Insectes Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Moisissures Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Rancissement Oui / Non  
Peu Moyen Beaucoup

Détoxication  
Oui / Non  
Type de l'appareil  
Marque  
Méthode

Tannage  
Oui / Non  
Type de l'appareil  
Marque  
Méthode

\*Estimation des rendements :

\*Courbes de productions pendant l'année

Mois de la plus forte production

Mois de la plus faible

Tendance d'année en année

\*Existe-t-il des ruptures de stocks / production

\*Remarque diverse :

**PRIX A LA DATE D'ENQUETE**

De vente du sous produits  
D'achats des graines

**VARIATION DES PRIX**

Oui / Non

Minimum / Mois

Maximum / Mois

Tendance lors des années précédentes



\*Période de rupture de production

\*Réalisation de stocks

Oui / Non

Quantité

Sac / Vrac

Couvert / Non couvert

Sol / Béton / Autres

Durée

Lutte contre les prédateurs

\*Qualité de la conservation

Insectes Oui / Non

Moisissures Oui / Non

ENQUETE MATIERE PREMIERE

ELEVEUR

IDENTIFICATION

\*N° d'échantillon  
\*Date  
\*Lieu  
\*Individuel / groupe  
\*Matière première

Nom vernaculaire

Nom "scientifique"

\*Remarque diverse :

UTILISATION PAR L'ELEVEUR

\*Système d'exploitation Extensif / Intensif

\*Animaux OV / BV / CP / EQ  
Pond / PoulChair

Etat physiologique : Tous / Mâle non castré / Mâle castrés  
/ Femelle gestantes / Femelles non gestantes / Femelles lactantes  
/ Femelles Taries / Jeunes / Animaux malades

\*Aliment de : Complémentation 1 2 3 4  
Ration de Base

\*Période de complémentation 1 2 3 4  
Tout le temps  
Temporaire  
Mois

\*Moyen de transport utilisé  
Coût de transport  
Difficulté d'approvisionnement  
Facile / Moyennement / Très difficile

\*Fournisseur Qui? Artisan 1 2 3 4  
Industriel  
Lui-même  
Toujours le même?  
Si changement, pourquoi?  
Prix trop élevé  
Mauvaise qualité  
Rupture du stock  
Mélange des produits des différents producteurs

*Mode de distribution	1	2	3	4
Ad libitum				
Rationné				
*Quantité distribuée	1	2	3	4
Poids/animal/jour				
Proportion par rapport a la ration de base				
*Réalisation de stocks	1	2	3	4
Oui / Non				
Quantité				
Sac / Vrac				
Couvert / Non couvert				
Sol / Béton / Autres				
Durée				
Lutte contre les prédateurs				
*Qualité de la conservation	1	2	3	4
Insectes Oui / Non				
Moisissures Oui / Non				
	1	2	3	4
RIX A LA DATE D'ENQUETE				
D'achat				
VARIATION DES PRIX	1	2	3	4
Oui / Non				
Minimum				
Mois				
Maximum				
Mois				
*Jugement sur la qualité du sous-produit?				
*Existe-t-il une variation de la qualité?				
*Raison du choix				
*Autres préférence				

ENQUETE MATIERE PREMIERE  
VENDEUR

IDENTIFICATION

\*N° d'échantillon

\*Date

\*Artisanal / Industriel / Pilleuse

\*Lieu

\*Individuel / groupe

\*Matière première

Nom vernaculaire

Mélange?

Nom "scientifique"

\*Date d'achat au producteur

\*Qui achète les sous-produits?

\*Fournisseur des graines

Qui? Artisan / Industriel / Lui-même

Toujours le même? Oui / Non

Mélange des produits des différents  
producteurs

Si changement, pourquoi?

Prix trop élevé

Mauvaise qualité

Période de rupture de MP

\*Moyen de transport utilisé

Coût de transport

Difficulté d'approvisionnement

Facile / Moyennement / Très difficile

\*Remarque diverse :

\*Rendement de la machine:

CONDITIONS DE STOCKAGE

Son / Tourteau :

Stockage du sous-produit

Quantité

Sac / Vrac

Couvert / Non couvert

Sol / Béton / Autres

Durée

Lutte contre les prédateurs

Quoi?

Comment?

Qualité de la conservation

Périodicité

Insectes Oui / Non

Peu Moyen Beaucoup

Moisissures Oui / Non

Peu Moyen Beaucoup

Rancissement Oui / Non

Peu Moyen Beaucoup

Mode de séparation grains, balles :  
Tamis : taille des mailles du tamis

Orpailleur

**PRIX A LA DATE D'ENQUETE**

De vente du sous-produit

/ Variation des prix

D'achat des graines

**VARIATION DES PRIX des graines**

Minimum

/ Mois

Maximum

/ Mois

## Annexe 2

Teneurs en aflatoxines B1 admissibles dans les aliments du bétail  
 (en ppb; 1 ppb = 1 µg/kg) : Arrêté de 1992 (Dauvillier P., Com. Pers. 1995).

1 : Aliments destinés à l'utilisation directe par les éleveurs	
-aliments simples -----	20
-aliments complets (bovins, ovins et caprins (sauf bétail laitier, veaux et agneaux) -----	50
-aliments complets pour porcins et volailles (sauf jeunes animaux) -----	20
-autres aliments complets -----	10
-aliments complémentaires pour le bétail laitier -----	05
-aliments complémentaires pour porcins et volailles (sauf jeunes animaux)-----	30
2 : Aliments simples utilisés en tant que matière première (par les fabricants d'aliments du bétail) -----	100

## Annexe 3

Liste des rizeries de la vallée du fleuve Sénégal (01 / 02 / 95)

Nom	Localisation	Année de création	Volume usiné en 93 / 94 (t)
SAISL 1 (ex SAED)	Ross Bethio	1971	1535
SAISL 2 (ex SAED)	Richard Toll	1983	4329
DELTA 2000 - 1	Podor / Guia	1986	4501
DELTA 2000 - 2	Ross Bethio	1992	1884
GIE SODERIGA	Ross Bethio / Tellel	1992	3700
GIE CEEBU WAALO	Ronkh	1993	3409
EIC	Richard Toll / Tiabakh	1993	861
CSS	Richard Toll	1993	/
GIE DEVOIR	Savoigne	1993	865
GIE TRANSACT-SERVICE	N'Diaye	1993	590
GIE YAAKAAR	N'Diaye / Mberesse	1993	734
GIE Fraternité St LOUIS	Bokhol	1993	1538
MABI S.A.	Dagana	1993	922
GIE DIAGNE & FRERES	Colonnat	1993	1200
ENDA AGRO SERVICES	Richard Toll	1993	895
GIE GAABE MAARO	Aere lao	1993	1325
GIE DIEYENNE	Bounduom Barrage	1993	2225
GIE TAIF	Pt - Gendarme	1994	125
GIE PROMO-VALLEE	Ndiaoudoune	1994	/
SODEA	Ourossogui	1995	/
SEC. VILLAG. de THIAGO	Thiago	1991	309
GIE femme BOK DIOM	Ronkh	1990	1903
GIE TAMAKH	Ross Bethio	1992	1034
Etablissement A. A. FALL	Ross Bethio	1992	0
GIE AGRICOPREST	Diagamal	1992	1068
KALOM	Rosso-Sénégal	1994	340
ALBERT HASSAN	Richard Toll	1993	829
DELTA 2000 - 3	Ross Bethio	1994	/
Etablissement DIAWAR	Diawar	1994	/

Bellières J.F., 1993.

## Annexe 4

## Valeurs des DT, dr, dMO des sous produits ( en %)

	dr	dMO	DT	Référence
<b>PdMI</b>	65	46	60	949(2)
<b>PdB</b>	14	50	60	915 (2)
<b>PdR</b>	50	57	60	950 (2)
<b>FdA</b>	71	64	60	943 (2)
<b>GC</b>	73	58	90	649 (4)
<b>FdP</b>	90	90	45	(4)
<b>TAA</b>	90	80	73	(5)
<b>TAI</b>	90	80	53	(5)
<b>SvR</b>	57	67	76	(3)
<b>SgR</b>	57	67	76	(3)
<b>FbR</b>	69	73	76	(3)
<b>SdMI</b>	66 (6)	73 (6)	70 (6)	(5)
<b>SdMA</b>	90	90	45	(5)

(1) = calculées à partir des SFU de Jarrige R., (1989) à l'aide des équations de passage du CSAAD, (1992).

(2) Jarrige R., (1989).

(3) calculées d'après Jarrige R., (1988).

(4) Jarrige R., (1988).

(5) calculées d'après les résultats d'analyse des expériences de digestibilités du CIRAD-IEMVT / ISRA, Dakar. Programme ABT.

## Annexe 5

Equations de prédiction**1. Pour les ruminants**

## 1.1. Energie Brute pour les différents sous-produits (en kcal / kg de MS)

$$*EB = 5,72 \text{ MAT} + 9,5 \text{ MG} + 4,79 \text{ CB} + 4,17 \text{ ENA} + \text{Delta} \quad \% \text{ MS}$$

(Hoffmann, 1971; in Jarrige R., 1978)

Delta = 0 pour les tourteaux d'arachides

$$*EB = 3320 + 24 * \text{MAT} + 37 \text{ CB} + 71 * \text{MGE} - 66 * \text{MM} \quad \% \text{ MS}$$

$r^2 = 0,78$ ; ETR = 100; n = 15 (IO7, 1994)

## 1.2. Energie Métabolisable (en kcal / kg MS)

$$*EM = 32,6 \text{ MO} + 4,55 \text{ MAT} + 35,17 \text{ MG} - 40,37 \text{ CB} \quad \% \text{ MS}$$

(Sauvant, 1978; in Jarrige R., 1978)

$$*EM = 2967 + 61 * \text{MGE} - 61 * \text{CB} \quad (\text{animaux adultes}) \quad \% \text{ MS}$$

(CVB, 1993)

## 1.3. Estimation de la digestibilité de l'énergie

$$*DE = \text{MOD} + h$$

h est donnée par la table de Jarrige R., 1989 pour un certain nombre de matière première. Dans le cas contraire il est préconisé de prendre  $h = -1,6$

## 1.4. Estimation des UFV et UFL (par kg de MS)

$$*UFV/\text{kg MS} = (1,21 \text{ MO} + 0,05 \text{ MAT} + 1,32 \text{ MG} - 0,84 \text{ CB} - 2,81 \text{ ADL}) / 100 \quad \% \text{ MS}$$

(Sauvant, in Jarrige R., 1980)

$$*UFL/\text{kg MS} = (1,2 \text{ MO} + 0,1 \text{ MAT} + 1,34 \text{ MG} - 0,7 \text{ CB} - 2,32 \text{ ADL}) / 100 \quad \% \text{ MS}$$

(Sauvant, in Jarrige R., 1980)

## 1.5. Estimation des PDI (en g/kg MS)

$$*PDIN = 7,44 \text{ MAT} - 2 \text{ MAS} + 0,012 \text{ MO} \quad \% \text{ MS}$$

$$*PDIE = 5,14 \text{ MAT} - 4,8 \text{ MAS} - 0,8 \text{ CB} + 0,688 \text{ MO} \quad \% \text{ MS}$$

MAS = Matière Azotée Soluble =  $\text{MAT} * \text{NS} / 100$

NS : Azote Soluble

## 1.6. Estimation de la dégradabilité de l'azote

Cette dégradabilité peut être prédite à partir des dégradabilités enzymatiques mesurées à 1 heure (DE1) et à 24 heures (DE24) exprimées en % de N.

$$*DT \text{ in vivo} = Cst1 + 0,39 DE1 \quad R^2 = 0,97, N = 37, ETR = 2,6$$

$$*DT \text{ in vivo} = Cst2 + 0,37*DE1 + 0,5 DE24 \quad R^2 = 0,98, N = 37 \quad ETR = 2,3$$

$$Cst1 \text{ pour Tourteau d' Arachide} = 49,4$$

$$Cst2 \text{ pour Tourteau d'Arachide} = 6,3$$

(Aufreere et al., 1991)

## 2. Pour les volailles

L'EMAN est exprimée en kcal / kg MS.

### 2.1. Les tourteaux d'arachides

$$*EMAN = (1242 + 25,5 MG - 25,47 CB) / 0,418 \quad \% \text{ MS}$$

(Janssen, 1988)

### 2.2. Les issues de céréales

\*Sous - produits du maïs.

$$EMAN = (1772 - 17,72 MM - 9,931 MAT + 11,73 MG - 69,34 CB) / 0,418 \quad \% \text{ MS}$$

(Janssen, 1988)

\*Sous - produits du riz.

$$EMAN = (1954 - 19,54 MM - 29,10 MAT + 17,97 MG - 34,29 CB) / 0,418 \quad \% \text{ MS}$$

(Janssen, 1988)

\*Sons de mil.

$$EM = 0,79 * (17,72 MS - 17,72 MM - 9,931 MAT + 11,73 MGE - 69,34 CB) + 503$$

etr = 265, r = 0,934  
(Le Grand D., 1989). g / kg

\*Farines de poissons.

$$EMAN = (1501 - 14,26 MM + 17,61 MG) / 0,418 \quad \% \text{ MS}$$

(Janssen, 1988)

## LISTES DES FIGURES ET DES TABLEAUX

### Liste des figures

<u>Figure 1</u> : Carte des zones de production des céréales et de l'arachide.....	4
<u>Figure 2</u> : Schéma de la filière des issues de riz, mil et maïs.....	7
<u>Figure 3</u> : Schéma de la filière des tourteaux.....	8
<u>Figure 4</u> : Schéma d'un décortiqueur Engelberg.....	12
<u>Figure 5</u> : Décortiqueur à mil à (8 disques abrasifs, 2 ouvertures).....	13
<u>Figure 6</u> : Décortiqueur à mil à (8 disques abrasifs, 1 ouverture).....	13
<u>Figure 7</u> : Décortiqueur à mil à (13 disques abrasifs, 1 ouverture).....	13
<u>Figure 8</u> : Schéma d'une rizerie.....	13
<u>Figure 9</u> : Meule à décortiquer.....	13
<u>Figure 10</u> : Décortiqueuse à rouleaux combinée à un blanchisseur.....	13
<u>Figure 11</u> : Presse à huile artisanale.....	15
<u>Figure 12</u> : Processus industriel d'extraction de l'huile (SONACOS).....	15
<u>Figure 13</u> : Presse à huile industrielle.....	16
<u>Figure 14</u> : Présentation des issues de riz.....	19
<u>Figure 15</u> : Schéma d'un grain de riz paddy.....	19
<u>Figure 16</u> : Schéma d'un grain de mil.....	20
<u>Figure 17</u> : Schéma d'un grain de maïs.....	20
<u>Figure 18</u> : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des issues de riz.....	26
<u>Figure 19</u> : Echantillons de Niagass, Son vrai et Farine basse de riz.....	29
<u>Figure 20</u> : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des sons de mil.....	32
<u>Figure 21</u> : Echantillons de son de mil issus du pillage et du moulin.....	32
<u>Figure 22</u> : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des sons de maïs.....	35
<u>Figure 23</u> : Echantillons de son de maïs issus du pillage et du moulin.....	36
<u>Figure 24</u> : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des farines de poissons.....	38
<u>Figure 25</u> : Représentation du cercle de corrélation et du plan 1-2 de l'ACP des les tourteaux d'arachides.....	41

### Liste des tableaux

<u>Tableau 1</u> : Rations utilisées pour les digestibilités.....	5
<u>Tableau 2</u> : Chiffres de production nette (-15% pertes et semences).....	11
<u>Tableau 3</u> : Estimations des apports extérieurs en 94/95 .....	11
<u>Tableau 4</u> : Quantité de riz, mil, maïs et arachide subissant la transformation alimentaire.....	11
<u>Tableau 5</u> : Répartition entre les différents secteurs d'activités .....	21
<u>Tableau 6</u> : Rendements des différents secteurs.....	21
<u>Tableau 7</u> : La production des sous-produits sur l'année 94/95.....	22
<u>Tableau 8</u> : Equivalents en valeurs alimentaires.....	22
<u>Tableau 9</u> : Répartition géographique des équivalents en valeurs alimentaires.....	23

<u>Tableau 10</u> : Teneurs en constituants organiques des différentes issues de riz de la population..	27
<u>Tableau 11</u> : Teneurs en constituants minéraux des différentes issues de riz de la population.....	28
<u>Tableau 12</u> : Teneurs en acides aminés essentiels des issues de riz de la population.....	29
<u>Tableau 13</u> : Teneurs en constituants chimiques des issues de riz récoltées.....	30
<u>Tableau 14</u> : Comparaison de moyenne entre les issues de riz récoltées et celles de la population.....	31
<u>Tableau 15</u> : Teneurs en constituants organiques des sons de mil de la population.....	31
<u>Tableau 16</u> : Teneurs en constituants minéraux des sons de mil de la population.....	31
<u>Tableau 17</u> : Teneurs en constituants chimiques des sons de mil récoltés .....	33
<u>Tableau 18</u> : Comparaison de moyenne entre les sons de mil récoltés et ceux de la population.....	33
<u>Tableau 19</u> : Teneurs en constituants organiques des sons de maïs de la population.....	34
<u>Tableau 20</u> : Teneurs en constituants minéraux des sons de maïs de la population.....	34
<u>Tableau 21</u> : Teneurs en acides aminés essentiels des issues de maïs de la population .....	34
<u>Tableau 22</u> : Teneurs en constituants chimiques des sons de maïs récoltés .....	36
<u>Tableau 23</u> : Comparaison de moyenne entre les sons de maïs récoltés et ceux de la population.....	37
<u>Tableau 24</u> : Teneurs des constituants chimiques des farines de poisson .....	37
<u>Tableau 25</u> : Teneurs en acides aminés essentiels des farines de poissons.....	37
<u>Tableau 26</u> : Teneurs en constituants chimiques en fonction des espèces de poissons .....	39
<u>Tableau 27</u> : Teneurs en constituants organiques des tourteaux d'arachides industriels.....	41
<u>Tableau 28</u> : Teneurs en constituants minéraux des tourteaux d'arachides industriels.....	42
<u>Tableau 29</u> : Teneurs en acides aminés essentiels des tourteaux d'arachides industriels .....	42
<u>Tableau 30</u> : Teneurs en constituants chimiques des tourteaux d'arachides artisanaux.....	43
<u>Tableau 31</u> : Teneurs en constituants minéraux des tourteaux d'arachides artisanaux d'origines diverses.....	43
<u>Tableau 32</u> : Comparaison de moyenne entre les TAA récoltés et ceux de la population.....	44
<u>Tableau 33</u> : Equations de prévisions des teneurs en minéraux à partir de la MM.....	45
<u>Tableau 34</u> : Equations de prédictions des teneurs en constituants organiques chimiques .....	45
<u>Tableau 35</u> : Equations de prédictions des unités fourragères à partir des constituants chimiques .....	46
<u>Tableau 36</u> : Valeurs alimentaires des sous-produits .....	46
<u>Tableau 37</u> : Effectif du cheptel Sénégalais.....	49
<u>Tableau 38</u> : Prix des aliments relevés lors des enquêtes.....	50
<u>Tableau 39</u> : Productions permises par les rations utilisées par les éleveurs.....	54
<u>Tableau 40</u> : Quantité d'aliments à distribuer en fonction des productions.....	54
<u>Tableau 41</u> : Formules d'aliments volailles à base de sous-produits .....	55