

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES  
(E.I.S.M.V.)

ANNEE 1997

N° 24



**ETUDE DE LA VALEUR NUTRITIVE  
DES MACROPHYTES DU LAC DE GUIERS  
(*TYPHA AUSTRALIS*, *PISTIA STRATIOTES*,  
*PHRAGMITES AUSTRALIS*,  
*POTAMOGETON SCHWEINFURTHII*)**

*THESE*

présentée et soutenue publiquement le 06 Août 1997  
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  
pour obtenir le grade de DOCTEUR VÉTÉRINAIRE  
(DIPLOME D'ÉTAT)

par

**Madame Lala DIASSE ép. SALL**  
née le 04 juin 1966 à Kaolack (Sénégal)

*JURY*

- |                   |   |
|-------------------|---|
| Président du Jury | : Monsieur Ibrahima WONE<br>Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  |
| Rapporteur        | : Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET<br>Maître de Conférences à L'EISMV de Dakar  |
| Membres           | : Monsieur Mamadou Badiane<br>Maître de Conférences Agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar<br>: Monsieur Yalacé Yamba KABORET<br>Maître de Conférences à l'EISMV de Dakar |
| Directeur         | : Monsieur Ayo MISSOHOU<br>Maître-Assistant à l'EISMV de Dakar  |
| Coo-Directeur     | : Monsieur Abou THIAM<br>Docteur ès-Sciences à l'ISE de Dakar   |

ECOLE INTER-ETATS  
DES SCIENCES ET MEDECINE  
VETERINAIRES DE DAKAR  
BIBLIOTHEQUE

# ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES DE DAKKAR

ANNEE UNIVERSITAIRE 1996-1997

## COMITE DE DIRECTION

### 1. LE DIRECTEUR

Professeur François Adébayo ABIOLA

### 2. LE DIRECTEUR ADMINISTRATIF ET FINANCIER

Monsieur Jean Paul LAPORTE

### 3. LES COORDONNATEURS

Professeur Malang SEYDI  
Coordonnateur des Etudes

Professeur Justin Ayayi AKAKPO  
Coordonnateur des Stages et Formation  
Post-Universitaires

Professeur Germain SAWADOGO  
Coordonnateur Recherche-Développement

# **LISTE DU PERSONNEL CORPS ENSEIGNANT**

☞ **PERSONNEL ENSEIGNANT EISMV**

☞ **PERSONNEL VACATAIRE (PRÉVU)**

☞ **PERSONNEL EN MISSION (PRÉVU)**

☞ **PERSONNEL ENSEIGNANT CPEV (PRÉVU)**

**I. PERSONNEL ENSEIGNANT EISMV**

**A. - DEPARTEMENT DE SCIENCES BIOLOGIQUES ET PRODUCTIONS ANIMALES**

**CHEF DU DEPARTEMENT**

**Professeur ASSANE MOUSSA**

**S E R V I C E S**

**1. - ANATOMIE-HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE**

**Kondi Charles AGBA  
Kossi ALOEYI**

**Professeur  
Moniteur**

**2. - CHIRURGIE-REPRODUCTION**

**Papa El Hassane DIOP  
Mohamadou YAYA  
Fidèle BYUNGURA**

**Professeur  
Moniteur  
Moniteur**

**3. - ECONOMIE RURALE ET GESTION**

**Cheikh LY  
Guy Anicet RERAMBYATH**

**Maître-Assistant  
Moniteur**

**4. - PHYSIOLOGIE-THERAPEUTIQUE-PHARMACODYNAMIE**

**ASSANE MOUSSA  
Mouhamadou CHAIBOU**

**Professeur  
Docteur Vétérinaire Vacataire**

**5. - PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES**

**Germain Jérôme SAWADOGO  
Aimable NTUKANYAGWE  
Toukour MAHAMAN**

**Professeur  
Moniteur  
Moniteur**

**6. - ZOOTECHNIE-ALIMENTATION**

**Gbeukoh Pafou GONGNET  
Ayao MISSOHOU  
Grégoire AMOUGOU-MESSI**

**Maître de Conférences  
Maître-Assistant  
Moniteur**

## **B.- DÉPARTEMENT DE SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT**

### **CHEF DE DEPARTEMENT**

Professeur Louis Joseph PANGUI

### **S E R V I C E S**

#### **1. - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE (H I D A O A)**

Malang SEYDI	Professeur
Mouhamadou Habib TOURE	Docteur Vétérinaire Vacataire
Etchri AKOLLOR	Moniteur

#### **2. - MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE-PATHOLOGIE INFECTIEUSE**

Justin Ayayi AKAKPO	Professeur
Rianatou ALAMBEDJI (Mme)	Maître-Assistante
Kokouvi SOEDJI	Docteur Vétérinaire Vacataire
Patrick MBA-BEKOUNG	Moniteur

#### **3. - PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES ZOOLOGIE APPLIQUEE**

Louis Joseph PANGUI	Professeur
Jean AMPARI	Moniteur
Rose (Mlle) NGUE MEYIFI KOMBE	Monitrice

#### **4. - PATHOLOGIE MEDICALE- ANATOMIE PATHOLOGIQUE- CLINIQUE AMBULANTE**

Yalacé Yamba KABORET	Maître de Conférences Agrégé
Pierre DECONINCK	Maître-Assistant
Balabawi SEIBOU	Docteur Vétérinaire Vacataire
Mohamed HAMA GARBA	Moniteur
Ibrahima NLANG	Moniteur

#### **5. - PHARMACIE-TOXICOLOGIE**

François Adébayo ABIOLA	Professeur
Patrick FAURE	Assistant
Abdou DIALLO	Moniteur

**II. - PERSONNEL VACATAIRE (Prévu)**

**. Biophysique**

**Sylvie (Mme) GASSAMA SECK**    **Maître de Conférences Agrégé**  
**Faculté de Médecine et de Pharmacie**  
**UCAD**

**. Botanique**

**Antoine NONGONIERMA**    **Professeur**  
**IFAN - UCAD**

**. Agro-Pédologie**

**Alioune DIAGNE**    **Docteur Ingénieur**  
**Département « Sciences des Sols »**  
**Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie**  
**(ENSA) - THIES**

**. Biologie Moléculaire**

**Mamady KONTE**    **Docteur Vétérinaire**  
**Chercheur ISRA**

**. Pathologie du Bétail**

**Mallé FALL**    **Docteur Vétérinaire**

**II - PERSONNEL EN MISSION (Prévu)**

**. Parasitologie**

- Ph. DORCHIES

Professeur  
ENV - TOULOUSE

- M. KILANI

Professeur  
ENMV - SIDI THABET (Tunisie)

**. Anatomie Pathologie Générale**

- G. VANHAVERBEKE

Professeur  
ENV - TOULOUSE (France)

**. Pharmacodynamie-Thérapeutique**

- M. GOGNY

Professeur  
ENV - NANTES (France)

**. Pathologie du Bétail**

- Th. ALOGNINOUBA

Professeur  
ENV - LYON - (France)

**. Pathologie des Equidés et Carnivores**

- A. CHABCHOUB

Professeur  
ENMV - SIDI THABET (Tunisie)

**. Zootechnie-Alimentation**

- A. BEN YOUNES

Professeur  
ENMV - SIDI THABET (Tunisie)

**. Denréeologie**

- J. ROZIER

Professeur  
ENV - ALFORT

- A. ETTRIQUI

Professeur  
ENMV - SIDI THABET (Tunisie)

**Physique et Chimie Biologiques et Médicales**

**- P. BENARD**

**Professeur**

**ENV - TOULOUSE (France)**

**Pathologie Infectieuse**

**- J. CHANTAL**

**Professeur**

**ENV - TOULOUSE (France)**

**Pharmacie-Toxicologie**

**- J.D. PUYT**

**Professeur**

**ENV - NANTES (France)**

**Chirurgie**

**- A. CAZIEUX**

**Professeur**

**ENV - TOULOUSE (France)**

**Obstétrique**

**- N. BEN CHEHIDA**

**Professeur**

**ENMV - SIDI THABET (Tunisie)**

**Alimentation**

**- F. BALAM**

**Professeur**

**Ministère de l'Élevage  
et de l'Hydraulique Pastorale  
NDJAMENA (Tchad)**

**Anatomie**

**- A. MATOUSSI**

**Professeur**

**ENMV - SIDI THABET (Tunisie)**

**Anatomie Pathologie**

**- P. COSTIOU**

**Professeur**

**ENV - NANTES (France)**

#### **IV. - PERSONNEL ENSEIGNANT CEPV**

##### **1 - MATHEMATIQUES**

- Sada Sory THIAM

**Maître-Assistant  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

##### **. Statistiques**

- Ayao MISSOHOU

**Maître-Assistant  
EISMV - DAKAR**

##### **2. - PHYSIQUE**

- Djibril DIOP

**Chargé d'Enseignement  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

##### **. Chimie Organique**

- Abdoulaye SAMB

**Professeur  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

##### **. Chimie Physique**

- Alphonse TINE

**Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

##### **TP. Chimie**

- Abdoulaye DIOP

**Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

### **3. BIOLOGIE VEGETALE**

#### **. Physiologie Végétale**

- K. NOBA

**Maître-Assistant  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

### **4. BIOLOGIE CELLULAIRE**

#### **. Anatomie Comparée et Extérieur des Animaux Domestiques**

- K. AGBA

**Professeur  
EISMV - DAKAR**

### **5. EMBRYOLOGIE ET ZOOLOGIE**

- Bhen Sikina TOGUEBAYE

**Professeur  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

### **6. PHYSIOLOGIE ET ANATOMIE COMPAREES DES VERTEBRES**

- ASSANE MOUSSA

**Professeur  
EISMV - DAKAR**

- Cheikh T. BA

**Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

### **7. BIOLOGIE ANIMALE**

- D. PANDARE

**Maître-Assistant  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

**- Jacques N. DIOUF**

**Maître-Assistant  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

## **9. GEOLOGIE**

**- A. FAYE**

**Chargé d'Enseignement  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

**- R. SARR**

**Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD**

## **10. TP**

**Abdourahamane DIENG**

**Moniteur**



**JE RENDS GRACE A ALLAH  
LE TOUT PUISSANT,  
LE MISERICORDIEUX, LE CLEMENT,  
CREATEUR DE LA TERRE ET DU CIEL,  
PRIE SUR SON PROPHETE  
MOHAMET (PSL)  
ET DEDIE CE MODESTE TRAVAIL A...**

**MON PERE**

*Pour tous les sacrifices que tu as consentis à mon éducation.  
Toute ma reconnaissance.*

**MA MERE**

*Les mots me manquent pour t'exprimer mes sentiments d'amour, reçois néanmoins ce modeste travail comme une infime récompense de tout ce que tu as fait pour ta fille.*

**MON CHARMANT ET FIDELE EPOUX**

*Tu a accepté de partager la vie avec moi pour le meilleur et pour le pire.  
Tout mon amour chéri.*

**A NOS FUTURS ENFANTS,**

*Que le plus persévérant fasse mieux que moi.  
Profonde admiration.*

**MES GRANDS PARENTS**

*In memorium.*

**PAPA ABDOULAYE DIOUF**

*In memorium.*

**CHEIKH AL EL HADJI IBRAHIMA NIASS**

*In memorium.*

*Reposez-vous en paix et que la terre vous soit légère.*

**EL HADJI ABDOULAYE NIASS, EL HADJI DAME NIASS, EL HADJI CHEIKH  
TIDIANE NIASS, EL HADJI HADY NIASS ET TOUTE LA FAMILLE NIASS**

*Merci pour vos prières*

**CHEIKH AL EL HADJI IBRAHIMA SALL ET TOUS LES TALIBES DE NOTRE  
DAHIRA.**

*Sincères remerciements.*

**MON GRAND FRERE ABDOULAYE DIASSE ET FAMILLE**

*Nous formons une famille soudée. Que notre solidarité et notre amour fraternel nous aident  
à regarder davantage dans la même direction.*

**MES PETITS FRERES, CHEIKH AL EL HADJI IBRAHIMA, MOUHAMADOU  
MOUSTAPHA, MOUHAMADOU LAMINE, MOUHAMADOU BACHIROU,  
MOUHAMADOU HABIB, ABOUBACAR, CHEIKH TIDIANE, MAME SAMBA  
DIASSE**

**MES SOEURS, MAME FATOU, OUMOU KHAIRY, ROKHY, SEYNABOU DIASSE  
ET MAME MARIE NIANG**

*« Les mains se lavent mutuellement ».*

*Unies, nous vaincrons dans le combat que constitue la vie.*

**MES TANTES,**

**MES ONCLES CHEIKH LO, IBOU PASCAL NIANG, IBOU THIAM, MAME COLLY NIANG, COLLY DIONE ET LEUR FAMILLE**

*Grâce à votre soutien et à l'affection dont vous m'avez comblé, j'ai surmonté les difficultés.*

**MES COUSINS PLUS PARTICULIEREMENT, MAMADOU DIOUF, ALIOU SARR, MAMADOU, GILBERT, LEOPOLD, ADRIEN SENGHOR ET LEUR FAMILLE**

*Soyez rassurés de ma profonde reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi.*

**MES COUSINES, PLUS PARTICULIEREMENT, FATOU ET AMY DIOUF**

*Notre lien de parenté s'est doublé d'une amitié indéfectible.*

**AMY BOYE DIEYE ET FAMILLE**

**KINE LO THIAM ET FAMILLE**

*Toute ma reconnaissance.*

**MA BELLE FAMILLE**

**MES BELLES SOEURS**

**ALIOUNE SALL, CHEIKH DIEYE, IBOU NDIAYE, DJIME WADE, SIDY DIAW ET MAMADOU KANE DIAW**

*Merci pour votre compréhension et soutien.*

**TOUTES MES AMIES, PLUS PARTICULIEREMENT FATOU MBAYE, AISSATOU NDIAYE, AWA KASSE, AISSATOU THIAM, KANGUE TALL, ASSIATOU NIANG, AMINATA BA, FATOUMATA BINETOU DIOP**

*Votre assistance morale m'a été d'un apport indispensable pour la réalisation de ce travail. Il est également le vôtre.*

**MES AMIS DE L'EISMV, EN PARTICULIER DR MALICK NDIAYE, DR SERIGNE SALL, DR SOULEYE ISSA NDIAYE, DR BABACAR SENE, DR ALY BA SOW, DR PAPA SECK, DR DAOUR DRAME, DR MAMADOU DIAGNE, SERIGE ABDOULAYE CISSE, THIAM DIA, ABDOULAYE NDIAYE, DR MAME BALLA SOW, DR ISSA KANE, CHAIBOU, SALISSOU, SOULEYMANE ABDOU GADO, DR DIARRA DIAKHATE, DR ANNA SOW, DR FATOU DIOP, CODOU LATYR FALL ...**

**TOUS MES AMIS DE L'UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR,**

**TOUS MES AMIES ET AMIS DE KAOLACK**

**MADAME DIATOU NDIAYE DE LA GUEULE TAPEE**

*En souvenir de soutiens et conseils maternels.*

**MONSIEUR MAMADOU NIANG**

*Maître, tu as assuré toutes mes études primaires avec disponibilité et amour.*

*Ce travail est sans aucun doute le fruit de tes efforts.*

*Je te l'offre en témoignage de l'affection que je porte pour toi.*

**TOUS LES ENSEIGNANTS DE L'EISMV**

**PROFESSEUR MOUSSA ASSANE, NOTRE REPONDEUR**

**MES CAMARADES DE LA 23E PROMOTION DE L'EISMV**

**PARRAIN DE NOTRE PROMOTION, PROFESSEUR AHMADOU LAMINE  
NDIAYE,**

**JEUNES DE MBASSIS**

**TOUTE LA NATION SENEGALAISE**

**TOUT LE CONTINENT AFRICAIN**

*Pour les sacrifices consentis.*

**TOUTE LA JEUNESSE AFRICAINE**

*Nous avons un grand défi à relever : le sous-développement.*

# REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier sincèrement les personnes suivantes:

**MALICK BOCAR HANE**, Technicien du Laboratoire de Zootechnie-Alimentation de l'EISMV.

**OUSSEYNOU NDIAYE, BABACAR CISSE ET TOUT LE PERSONNEL DE L'ISE.**

**IBRAHIMA CAMARA ET MAMADOU FAYE**, pour leur dévouement dans la récolte des plantes.

**MOUSSA, MADAME FALL, DJIBY FALL** qui ont assuré notre fourniture en eau distillée et matériel de laboratoire pour la réalisation de nos analyses bromatologiques, avec l'accord du Professeur **MAMADOU BADIANE** de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar.

**SOULEYMANE DIENG**, Technicien du Laboratoire d'analyse du Département des Productions animales de l'ENSA.

**OMAR BOUGHALEB**, Documentaliste à l'ISRA, pour l'aide apportée à la bibliographie et à la documentation.

**KORINE NIOX, MATY, FATOU KINE TALL, MOUSTAPHA HANN, ABDOULAYE SALL ET TOUS LES ETUDIANTS DE L'ENSA**, pour l'hospitalité qu'ils nous ont fait durant tout notre séjour à l'ENSA.

**ASSANE**, le Restaurateur de l'ENSA.

**DJIBRIL SONKO**, Infirmier à l'EISMV.

**MAMADOU TRAORE DIOP**, le Standardiste de l'EISMV.

**BARA DIAW**, l'Intendant de l'EISMV.

**YACK SENE**, du Service Engagement et Solde de l'EISMV.

**SAFIE SEYDI ET AMADOU COUMBA BA**, du Service de Physiologie - EISMV.

**MARIAM DIOUF**, Documentaliste à l'EISMV.

**KHADY DIATOU TALL**, pour la saisie de ce travail et ses conseils.

**PAPA DIALLO**, pour la qualité de la multiplication des documents.

**MAREMA DIALLO**, EISMV

**TOUS CEUX QUI, DE PRES OU DE LOIN, ONT CONTRIBUE A LA REALISATION DE CE MODESTE TRAVAIL.**

## **A NOS MAÎTRES ET JUGES**

### ***MONSIEUR IBRAHIMA WONE, PROFESSEUR A LA FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE L'UCAD***

Homme religieux, un croyant convaincu que la Foi est lumière et source d'énergie pour le service du prochain.

Vous nous faites un grand honneur en présidant ce jury de thèse.

Hommage respectueux.

### ***MONSIEUR GBEUKOH PAFOU GONGNET, MAITRE DE CONFERENCE A L'EISMV***

Vous avez accepté, malgré vos multiples occupations, de rapporter ce travail.

Votre goût du travail bien fait, vos qualités sociales et professionnelles suscitent le respect et l'estime.

Hommage de reconnaissance et de gratitude.

### ***MONSIEUR MAMADOU BADIANE, MAITRE DE CONFÉRENCES AGREGE A LA FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE L'UCAD***

Votre constante disponibilité, votre rigueur au travail et votre caractère très sociable ont toujours suscité notre admiration.

Nous vous assurons de notre profonde gratitude.

### ***MONSIEUR YALACE YAMBA KABORET, MAITRE DE CONFERENCE A L'EISMV***

Malgré un emploi du temps chargé, vous avez accepté de siéger dans notre jury.

Durant nos années d'études, nous avons pu bénéficier de la qualité et de la clarté de votre enseignement. C'est pour nous enfin l'occasion de vous exprimer notre profonde gratitude et notre profonde admiration.

### ***MONSIEUR AYAO MISSOHOU, MAITRE-ASSISTANT A L'EISMV***

Après nous avoir proposé et dirigé ce travail en collaboration avec l'ISE, il est le fruit de votre amour du travail et de votre souci de perfection.

Vos qualités scientifiques et humaines, votre simplicité et votre disponibilité constante, nous ont beaucoup marqué. Cher Maître, soyez assuré de notre profonde gratitude.

Très haute considération.

### ***MONSIEUR ABOU THIAM, DIRECTEUR DES ETUDES DE L'ISE***

Malgré vos multiples occupations, vous avez toujours accepté de faire des descentes fréquentes avec nous sur le terrain.

Votre simplicité, votre rigueur scientifique et votre participation financière, ont contribué positivement à l'exécution de ce travail. Votre caractère sociable font de vous une référence. Cher Maître, cette phrase d'HENRI IV à son Conseiller et compagnon PHILIPPE DE MORNAY, illustre bien nos rapports : « Comme Ami, je vous offre mon bras ; comme Maître, je vous promets justice ».

Soyez assuré de notre éternel attachement.

***MONSIEUR ABDOULAYE DIENG, CHEF DU DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES DE L'ENSA***

Vos immenses qualités humaines et scientifiques, votre rigueur dans le travail nous ont beaucoup marqué.

Durant tout notre séjour dans votre service, vous avez tenu à nous assurer une formation complémentaire.

Vous avez accepté nonobstant vos multiples sollicitations de nous guider pour les analyses statistiques de nos résultats. Vous rester pour nous un enseignant modèle.

Profond respect.

***A TOUS CEUX QUI ONT PARTICIPE A NOTRE FORMATION***

Hommage respectueux.

***AU FEU FRANCOIS DIENG***

Que la terre lui soit légère.

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

# TABLE DES MATIERES

	PAGES
INTRODUCTION .....	1
<b>PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>4</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE DU LAC DE GUIERS.....</b>	<b>5</b>
<b>I.1. LE MILIEU PHYSIQUE .....</b>	<b>5</b>
I.1.1. Le cadre géographique .....	5
I.1.2. La géologie .....	6
I.1.3. L'hydrographie et l'hydrologie du lac de Guiers .....	6
I.1.4. Le climat .....	8
I.1.4.1. Les précipitations .....	9
I.1.4.2. Les températures .....	8
I.1.4.3. Les vents .....	8
I.1.4.4. L'humidité relative .....	10
<b>I.2. LE MILIEU HUMAIN .....</b>	<b>10</b>
I.2.1. Situation démographique et groupes ethniques .....	10
I.2.2. Organisation socio-économique .....	13
I.2.2.1. Les wolofs .....	14
I.2.2.2. Les peuls .....	14
I.2.2.3. Les maures .....	14
<b>I.3. LE CHEPTTEL ET SON MODE D'ELEVAGE .....</b>	<b>13</b>
I.3.1. Le cheptel .....	13
I.3.2. Conduite du cheptel .....	15
<b>CHAPITRE II : LES MACROPHYTES DU LAC DE GUIERS .....</b>	<b>16</b>
<b>II.1. ETUDE BOTANIQUE .....</b>	<b>16</b>
II.1.1. <i>Pistia stratiotes</i> L .....	16
II.1.2. <i>Typha australis</i> .....	18
II.1.3. <i>Potamogeton schweinfurthii</i> .....	20
II.1.4. <i>Phragmites australis</i> .....	22
II.1.5. Les autres macrophytes .....	24
<b>II.2. PRODUCTIVITE .....</b>	<b>25</b>
II.2.1. La biomasse .....	25
II.2.2. Les problèmes liés à la prolifération .....	25
<b>II.3. POSSIBILITE D'UTILISATION .....</b>	<b>26</b>
II.3.1. Atouts des macrophytes aquatiques .....	26
II.3.2. Quelques exemples d'utilisation des plantes aquatiques en alimentation animale .....	28
II.3.3. Contraintes d'utilisation .....	28

<b>CHAPITRE III : VALEUR NUTRITIVE DES ALIMENTS .....</b>	<b>29</b>
<b>III.1. METHODOLOGIE D'ETUDE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE....</b>	<b>29</b>
III.1.1. Analyse chimique classique.....	29
III.1.1.1. L'eau .....	29
III.1.1.2. Les cendres et les minéraux.....	30
III.1.1.3. Les matières azotées totales (MAT).....	30
III.1.1.4. Les matières grasses (MG) .....	30
III.1.1.5. La cellulose brute de Weende (CB).....	30
III.1.1.6. Les critères simples en remplacement de la cellulose brute .....	31
III.1.1.6.1. La méthode de Van Soest (1967) .....	31
III.1.1.6.2. La méthode de Carré et Brillonet (1985) .....	32
<b>III.2. ESTIMATION DE LA VALEUR NUTRITIVE A PARTIR DE LA COMPOSITION CHIMIQUE .....</b>	<b>32</b>
III.2.1. Valeur énergétique des aliments .....	32
III.2.1.1. Apport énergétique des aliments .....	32
III.2.1.2. Valeur énergétique des aliments destinés aux animaux monogastriques ...	35
III.2.1.3. Valeur énergétique des aliments destinés aux ruminants.....	36
III.2.1.3.1. Les méthodes chimiques .....	37
III.2.1.3.2. Les méthodes enzymatiques .....	37
III.2.1.3.3. Les méthodes utilisant les micro-organismes du rumen .....	37
III.2.1.3.4. Les équations de prévision de la valeur énergétique .....	42
III.2.2. Valeur azotée des aliments.....	43
III.2.2.1. Valeur azotée des aliments pour les monogastriques .....	43
III.2.2.2. Valeur azotée des aliments pour les ruminants .....	43
III.2.2.2.1. Prévision de la solubilité des matières azotées.....	44
III.2.2.2.2. Prévision de la dégradabilité des matières azotées dans le rumen.....	46
<b>DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE .....</b>	<b>47</b>
<b>CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>46</b>
<b>I.1. MATERIEL .....</b>	<b>46</b>
I.1.1. Matériel de laboratoire .....	46
I.1.2. Matériel animal.....	46
I.1.3. Matériel végétal .....	46
<b>I.2. METHODES .....</b>	<b>48</b>
I.2.1. Méthodes de prélèvement des macrophytes aquatiques.....	48
I.2.2. Méthodes d'analyses chimiques.....	51
I.2.2.1. Détermination du taux de MS .....	51
I.2.2.2. Détermination de la teneur en matière organique et des cendres totales.....	51
I.2.2.3. Détermination de la teneur en MG.....	52
I.2.2.4. Dosage des PBT .....	52
I.2.2.5. Dosage du Calcium.....	53
I.2.2.6. Dosage du Phosphore .....	53
I.2.2.7. Détermination des cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique (Hcl) ....	53
I.2.2.8. Détermination de la FBT selon la méthode de Weende.....	54

I.2.2.9. Dosage du NDF et de l'ADF selon Van Soest .....	55
I.2.2.10. Dosage de la LBT selon Christian .....	56
I.2.3. Essai de dégradabilité .....	56
I.2.3.1. Mesure de la dégradabilité enzymatique : dégradabilité de la m.o. par la pepsine cellulase selon DE BOEVER .....	56
I.2.3.2. Mesure de la dégradabilité in sacco .....	57
I.2.3.2.1. Description de la technique .....	57
I.2.3.2.2. Analyses chimiques des résidus .....	59
I.2.4. Analyses statistiques .....	59
 <b>CHAPITRE II : RESULTATS, DISCUSSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>61</b>
<b>II.1. RESULTATS .....</b>	<b>61</b>
II.1.1. Composition chimique des macrophytes du Lac de Guiers .....	61
II.1.1.1. Valeur moyenne des constituants organiques et minéraux des macrophyte du Lac de Guiers .....	61
II.1.1.1.1. Teneur en humidité .....	61
II.1.1.1.2. Teneur en matière organique et en matière minérale .....	61
II.1.1.1.3. Matière protéique .....	62
II.1.1.1.4. Teneur en matières grasses .....	62
II.1.1.2. Valeur moyenne des constituants pariétaux des macrophytes du Lac de Guiers	64
II.1.2. Estimation de la valeur énergétique des macrophytes du Lac de Guiers .....	66
II.1.3. Etude de la dégradabilité .....	67
II.1.3.1. Dégradabilité enzymatique de la matière organique .....	67
II.1.3.2. Dégradabilité « in sacco » .....	68
II.1.3.2.1. Analyse de la variance de la dégradabilité de la matière sèche, matière organique et de la cellulose brute .....	68
II.1.3.2.2. Dégradabilité « in sacco » de la matière sèche .....	72
II.1.3.2.3. Dégradabilité « in sacco » de la matière organique .....	74
II.1.3.2.4. Dégradabilité « in sacco » de la cellulose .....	76
 <b>II.2. DISCUSSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>78</b>
II.2.1. Discussion .....	78
II.2.1.1. Composition chimique des macrophytes du Lac de Guiers .....	78
II.2.1.2. Teneur en énergie et dégradabilité .....	79
II.2.2. Perspectives .....	80
 <b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>83</b>
<b>ANNEXES</b>	

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## TABLEAUX

		PAGES
TABLEAU I	Données climatologiques de la zone du Lac de Guiers 1987-1996	9
TABLEAU II	Répartition des effectifs du cheptel dans la zone du Lac de Guiers	14
TABLEAU III	Dispositif initial de l'essai de l'analyse de la variance.....	60
TABLEAU IV	Composition moyenne en constituants organiques et minéraux des macrophytes du Lac de Guiers .....	63
TABLEAU V	Composition moyenne en constituants pariétaux des macrophytes du Lac de Guiers .....	65
TABLEAU VI	Valeur énergétique des macrophytes du Lac de Guiers .....	66
TABLEAU VII	Etablissement de groupes homogènes suivant la dégradabilité enzymatique de la matière organique après 48 h d'incubation....	67
TABLEAU VIII	Analyse de variance de la dégradabilité de la matière sèche .....	68
TABLEAU IX	Analyse de variance de la dégradabilité de la matière organique.	69
TABLEAU X	Analyse de variance de la dégradabilité de la cellulose .....	70
TABLEAU XI	Etablissement de groupes homogènes suivant le facteur animal ..	71
TABLEAU XII	Etablissement de groupes homogènes suivant la dégradabilité de la matière sèche après 48 h d'incubation.....	72
TABLEAU XIII	Etablissement de groupes homogènes suivant la dégradabilité de la matière organique après 48 h d'incubation .....	74
TABLEAU XIV	Etablissement de groupes homogènes suivant la dégradabilité de la cellulose après 48 h d'incubation .....	76

## FIGURES

FIGURE 1	Localisation du Lac de Guiers au Sénégal .....	5
FIGURE 2	Circulation de l'eau dans le delta du Fleuve Sénégal .....	7
FIGURE 3	Schéma des principales utilisations de l'espace .....	11
FIGURE 4	<i>Pistia stratiotes</i> .....	17
FIGURE 5	<i>Thypha australis</i> .....	19
FIGURE 6	<i>Potamogeton schweinfurthii</i> .....	21
FIGURE 7	<i>Phragmites australis</i> .....	23
FIGURE 8	Schéma général de l'utilisation de l'énergie brute des aliments par les animaux .....	34
FIGURE 9	Mode d'attachement des sachets nylon sur le tuyau en PVC destiné à l'incubation .....	40
FIGURE 10	Sites de prélèvement et différentes espèces rencontrées .....	47
FIGURE 11	Dégradabilité de la matière sèche aux temps 48 et 72 heures.....	73
FIGURE 12	Dégradabilité de la matière organique aux temps 48 et 72 heures	75
FIGURE 13	Dégradabilité de la cellulose aux temps 48 et 72 heures.....	77

## **PHOTOS**

PHOTO 1	Récolte de <i>Pistia stratiotes</i> .....	49
PHOTO 2	Récolte de <i>Potamogeton schweinfurthii</i> .....	49
PHOTO 3	Récolte de <i>Typha australis</i> .....	50
PHOTO 4	Conditionnement des échantillons.....	50
PHOTO 5	Ouverture de la cannule .....	58
PHOTO 6	Introduction des sachets de nylon dans le rumen.....	58

## INTRODUCTION

Malgré sa vocation pastorale, le Sénégal continue d'être déficitaire en protéines d'origine animale. Ainsi, on assiste à une dégradation continue de la consommation de viande *per capita* qui, de 21,5 kg en 1960, est passée à 13 kg en 1974 et 9,5 kg en 1985 (SENEGAL, 1988).

Les raisons de l'extension de cette sous-nutrition et de cette malnutrition sont d'une part, le fort taux démographique que connaît le pays et la faible productivité du cheptel, consécutive aux différents cycles de sécheresse de ces dernières années. En effet, la baisse de la pluviométrie et l'allongement de la saison sèche qui en découle, ont pour conséquence, une diminution drastique du disponible fourrager très néfaste à la productivité du cheptel. C'est ainsi que par exemple, dans le Ferlo, on estime la perte de poids chez les bovins à 32 kg / bovin adulte (IEMVT, 1971) et la mortalité chez les agneaux à 21 % (ZIEBE, 1996) pendant la saison sèche. Pouvoir mettre à la disposition du cheptel pendant les 2 à 3 mois précédant l'hivernage, des aliments d'une bonne valeur nutritive à moindre coût, reste un défi majeur à relever au Sénégal.

C'est dans ce contexte qu'une étude récente a montré que les zones humides sont des zones importantes de production de biomasses. Suite à l'aménagement des barrages de Diama et de Manantali, la végétation aquatique du Lac de Guiers a trouvé des conditions optimales pour son extension. En effet THIAM et al. (1993) estiment à 19 tonnes la quantité de matières sèches produite par hectare de certaines espèces de macrophytes au Lac de Guiers.

Une façon durable de lutter contre ces plantes aquatiques jugées indésirables par les pouvoirs publics, est de les valoriser en production animale.

Ce travail est entrepris pour étudier la valeur nutritive des macrophytes suivants du Lac de Guiers : *Typha australis*, *Phragmites australis*, *Pistia stratiotes* et *Potamogeton schweinfurthii*.

Il comprend deux parties :

- une partie bibliographique qui, après une présentation ducadre de travail, fait le point sur l'utilisation et les méthodes d'étude de la valeur nutritive des macrophytes ;

- une partie expérimentale qui présente le matériel, les méthodes utilisées et les résultats obtenus.

*PREMIERE PARTIE*

*SYNTHESE  
BIBLIOGRAPHIQUE*

# CHAPITRE I :

## PRESENTATION DE LA ZONE DU LAC DE GUIERS

Dans ce premier chapitre, nous nous proposons de faire une brève présentation du milieu physique de la zone du lac de Guiers, notamment les facteurs susceptibles d'influer sur la végétation aquatique, plus précisément sur les macrophytes.

### I.1. LE MILIEU PHYSIQUE

#### I.1.1. Le cadre géographique

Dépression allongée et limitée au sud par la digue de Keur Momar SARR et au Nord par l'embouchure de la Taouey, le lac de Guiers s'inscrit dans le quadrilatère formé par les méridiens  $16^{\circ}12'$  et  $16^{\circ}04'$  ouest et les parallèles  $16^{\circ}23'$  et  $15^{\circ}55'$  nord et se situe sur la rive gauche du fleuve Sénégal au niveau de Richard Toll (figure 1).

La vallée occupée par le lac de Guiers provient d'une expansion de la vallée du Ferlo maintenant appelée vallée fossile. Du nord au sud, le lac de Guies s'étire sur 50 km de long (30 km en fin de saison sèche) et une largeur de 7 km (4 km en fin de saison sèche) suivant une direction sud, sud-ouest-nord, nord-est et couvre une surface moyenne de 240 km<sup>2</sup> avec 300 km<sup>2</sup> au maximum et 100 km<sup>2</sup> au minimum.

En fonction des saisons, le volume du lac est de 390 millions de m<sup>3</sup> et sa profondeur moyenne est de 1,25 m. Il se présente sous forme d'une île importante dans la zone centrale et de nombreux îlots sableux dans la partie sud.

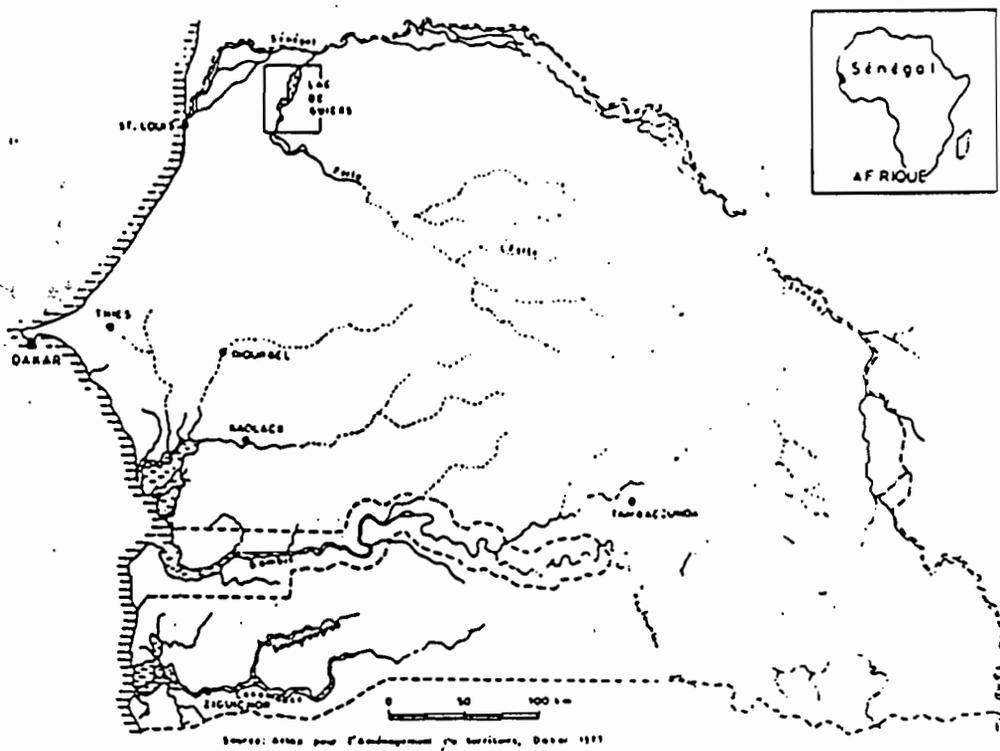


Figure 1 : Localisation du Lac de Guiers au Sénégal  
Source : THIAM et al. (1993)

### **I.1.2. La géologie**

Du point de vue géologique, la zone du lac de Guiers est dominée essentiellement par les formations tertiaires (l'éocène inférieur et le continental terminal) sur lesquelles reposent les formations plus récentes (BRGM, 1967).

### **I.1.3. L'hydrographie et l'hydrologie du lac de Guiers**

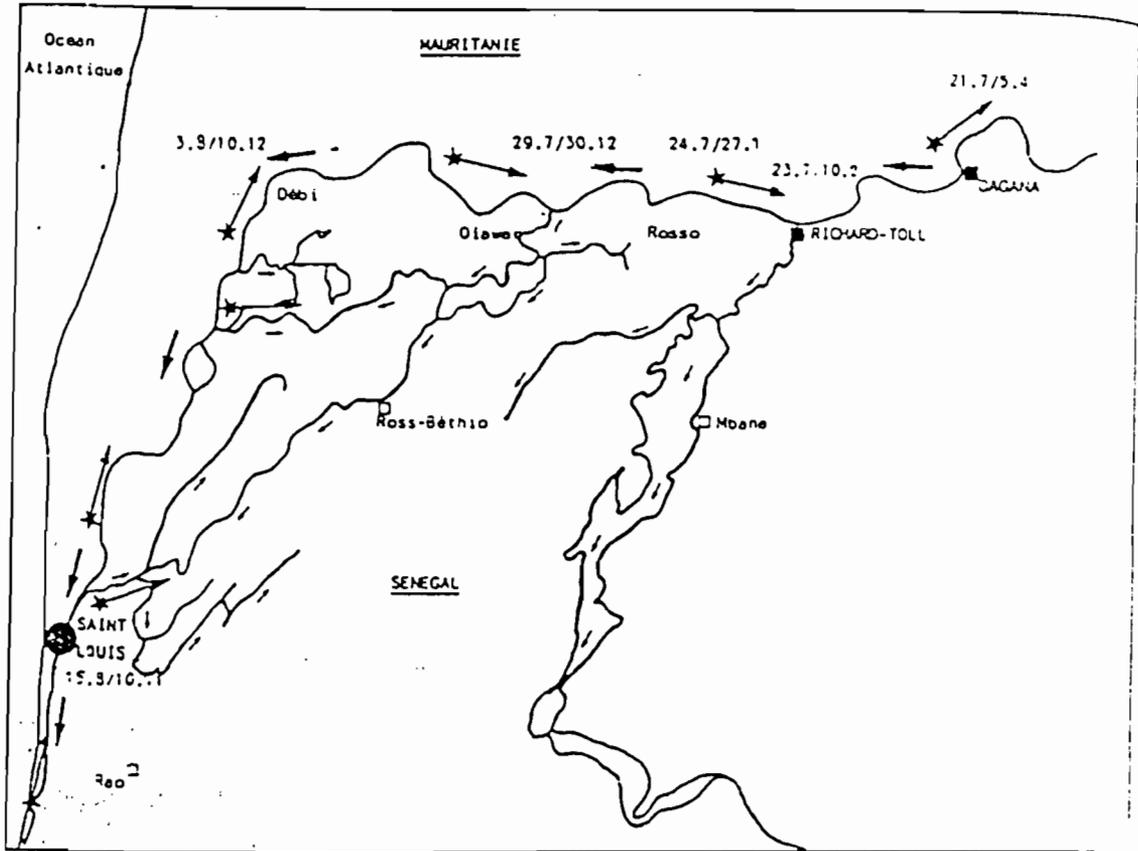
A l'origine, le lac de Guiers faisait partie du réseau hydrographique du Ferlo et son alimentation était assurée au nord (par l'intermédiaire de la Taouey) par le fleuve Sénégal et au sud par le Ferlo ; crues et décrues de l'amont et de l'aval engendraient remplissage ou déversement du lac selon les positions respectives des plans d'eau du fleuve, du lac et de la vallée du Ferlo (COGELS et GAC, 1982) (Figure 2).

Avant la mise en service du barrage de Diama en 1988, le lac n'était rempli qu'une seule fois par an, en période de crue fluviale, entre août et octobre. A cause de la morphologie « lac plat » du lac de Guiers, ces fortes variations de niveau induisaient la mise à sec annuelle d'une frange très importante de rivage (COGELS et GAC, 1982 ; COGELS et al., 1990).

Depuis 1986, la mise en service du barrage de Diama empêche toute intrusion marine vers l'amont et l'eau est douce toute l'année à hauteur du canal de jonction fleuve-lac. A partir de 1992, le fonctionnement du barrage de Manantali en régime de croisière et la régulation hydrique partielle du fleuve permettent plusieurs remplissages du lac au cours de l'année et améliorent ainsi les conditions hydrologiques dans la basse vallée et la région du delta.

Les conséquences induites par l'amélioration hydrologique du lac se situent à plusieurs niveaux.

- Au niveau environnemental, avant 1986, la mise à sec annuelle d'une importante frange de rivage limitait le développement de la végétation aquatique. Aujourd'hui, le meilleur niveau de remplissage du lac et la baisse de la salinité, ont favorisé une explosion des plantes aquatiques qui colonisent de façon accélérée la zone peu profonde du sud.
- Au niveau social, on assiste à une amélioration des conditions de vie des populations riveraines, jusqu'alors entièrement dépendantes de l'importance des crues fluviales et soumises aux priorités de fourniture d'eau à l'agro-industrie.



- Circulation des eaux de la crue dans le fleuve
- - - Circulation des eaux de la crue dans les marigots
- ★ Remontée de la langue salée

15.8/10.11 Date d'arrivée : de la crue/de la langue salée

(9 années sur 10)

Figure 2 : Circulation de l'eau dans le delta du fleuve Sénégal  
Source : TOURAND (1993)

#### **I.1.4. Le Climat**

L'étude du climat présente un intérêt de tout premier plan dans la mesure où celui-ci constitue le facteur qui conditionne l'espace et ses ressources et, partant, son occupation et ses diverses utilisations. La zone du lac de Guiers appartient, du point de vue climatique, à la zone sahélienne qui est divisée selon la classification de MORAL (1965 et 1970) reprise par LEROUX (1973), en région capverdienne (de tendance maritime) et ferlienne (de tendance plutôt continentale).

Les caractéristiques (température, pluviométrie, humidité relative et vent) du climat de cette frange ferlienne en particulier dans la zone du lac de Guiers, sont présentées dans le tableau I.

##### **I.1.4.1. Les précipitations**

La principale caractéristique dans la zone du lac est la très grande irrégularité interannuelle des précipitations locales (JAMIN, 1986). Au cours de ces 10 dernières années, la pluviométrie moyenne relevée dans la zone du lac de Guiers est de 295,7 mm avec un minimum de 171,1 en 1996 et un maximum de 403,6 en 1992. Les pluies sont réparties sur la période allant de juillet à septembre soit sur une courte durée de 3 mois. De faibles pluies appelées « Heug », sans grande signification pour la végétation, tombent sporadiquement en janvier, février et mars (THIAM et al., 1993).

##### **I.1.4.2. Les températures**

Le régime des températures varie suivant que l'on se situe à l'est ou à l'ouest de la zone du lac de Guiers. La température moyenne annuelle au cours de ces 10 dernières années est de 26,7 avec des extrêmes allant de 27,7°C à 28,0°C.

A l'est de la zone du lac de Guiers, les températures maximales sont observées en mai et juin et secondairement en fin d'hivernage (octobre).

Les minima sont observés en hivernage. L'ouest, soumis aux influences maritimes, présente des températures plus basses avec un seul pic en fin d'hivernage et des variations journalières moins importantes.

##### **I.1.4.3. Les vents**

Le régime des vents est conditionné par les déplacements du FIT et des anticyclones (Açores et libyen) qui régissent le climat du lac de Guiers (OMVS, 1980).

**TABLEAU 1 : DONNEES CLIMATOLOGIQUES DE LA ZONE DU LAC DE GUIERS 1987-1996 (ASECNA 1997)**

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	MOYENNE
Température (en degré Celcius et dixième)	27,7	26,9	27,2	27,2	26,6	26,9	26,7	25,8	24,5	28,0	26,7
Pluviométrie (en mm et dixième)	348,7	394,7	357,2	240,9	215,5	403,6	304,8	252,5	268,0	171,1	295,7
Humidité relative maximale (en %)	81	79	83	80	84	83	85	83	83	87	83
Humidité relative minimale (en %)	40	42	39	43	39	37	39	38	40	36	39
Vents (m/s et dixième)	2,9	2,8	3,3	3,3	2,9	3,2	2,9	3,1	2,7	3,5	3,0

A l'est du lac, domine le vent de secteur nord-est appelé harmattan ou alizé continental qui est sec et fort. A l'ouest, à proximité de l'océan, la combinaison de l'alizé continental et des vents côtiers génèrent un vent de secteur nord, frais, fort et relativement humide, dénommé alizé maritime.

A ces deux vents vient s'ajouter la brise de mer, diurne, fraîche et humide, en principe limitée au littoral mais qui peut atteindre toute la zone.

La présence de cette brise est à l'origine du microclimat de type sub-sahélien de la zone du lac de Guiers.

En fin de saison sèche, le FIT remonte vers le nord, et s'installe progressivement le régime de mousson qui caractérise le début de l'hivernage.

En hivernage, les vents dominants sont de secteur sud, relativement faibles.

#### **I.1.4.4. L'humidité relative**

L'humidité relative est relativement faible. Les valeurs élevées se rencontrent en juillet, août, septembre et octobre (ASECNA, 1997). L'hygrométrie est conditionnée par le caractère sahélien du climat et l'harmattan qui connaît des températures plus élevées ; ce qui explique les oppositions notées entre les différents degrés hygrométriques mensuels enregistrés (MBENGUE, 1981).

## **I. 2. LE MILIEU HUMAIN**

### **I.2.1. Situation démographique et groupes ethniques**

La population de la zone du lac de Guiers s'élève à 40 000 habitants environ. Elle est composée surtout de jeunes qui forment par ailleurs l'essentiel de l'effectif des migrants.

On distingue trois groupes ethniques ayant chacun sa personnalité et sa culture propre mais façonnés chacun par son mode de production. Ces trois groupes ethniques sont :

- les wolofs,
- les peuls,
- les maures.

## **I.2.2. Organisation socio-économique**

### **I.2.2.1. Les wolofs**

Les wolofs ou « walo-walo » forment la majeure partie de la population (57 p.100 de l'effectif total). Ils habitent les rives et quelques villages situés à l'est du lac. L'agriculture est leur principale activité et source de revenus.

Leurs principales cultures sont le sorgho, le mil, le haricot et le riz dont les sous-produits sont exploités en alimentation animale (Figure 3). L'élevage représente une activité d'appoint et est basé sur les petits ruminants.

Outre ces activités, les wolofs s'adonnent à la pêche, à l'exploitation du bois et de certaines herbes dont le « diguitye » (*Cyperus* sp), le Typha, le Sep (*Vetiveria nigritana*) pour la construction des cases et à la cueillette des fruits et de la gomme (MBENGUE, 1981).

### **I.2.2.2. Les peuls**

Cette ethnie est disséminée dans toute la zone en une multitude de petits campements ou hameaux et représente 33 p.100 de la population. Leur principale activité est l'élevage extensif de bovins (zébu Gobra et Djakoré) dont la finalité est la reproduction physique et sociale (SALL, 1977). En effet, les peuls tirent du troupeau le lait qui est autoconsommé, vendu ou échangé et qui est la monnaie d'échange dans toutes relations.

L'agriculture chez eux se réduit dans ses objectifs à la satisfaction des besoins vivriers du ménage. L'apport des sous-produits agricoles dans l'alimentation du bétail reste marginal.

### **I.2.2.3. Les maures**

Les maures qui représentent environ 10 p.100 de la population rurale, occupent de petits campements fixes ou « gades » éparpillés sur l'ensemble de la zone du Guiers à proximité des points d'eau. Ils pratiquent des activités économiques plus variées allant de la pêche à la culture de subsistance en passant par le commerce et l'élevage extensif des petits ruminants. Comme les wolofs, ils pratiquent la cueillette de la gomme mais aussi la confection des nattes à partir d'espèces herbacées (*Typha*, sep) (MBENGUE, 1981).

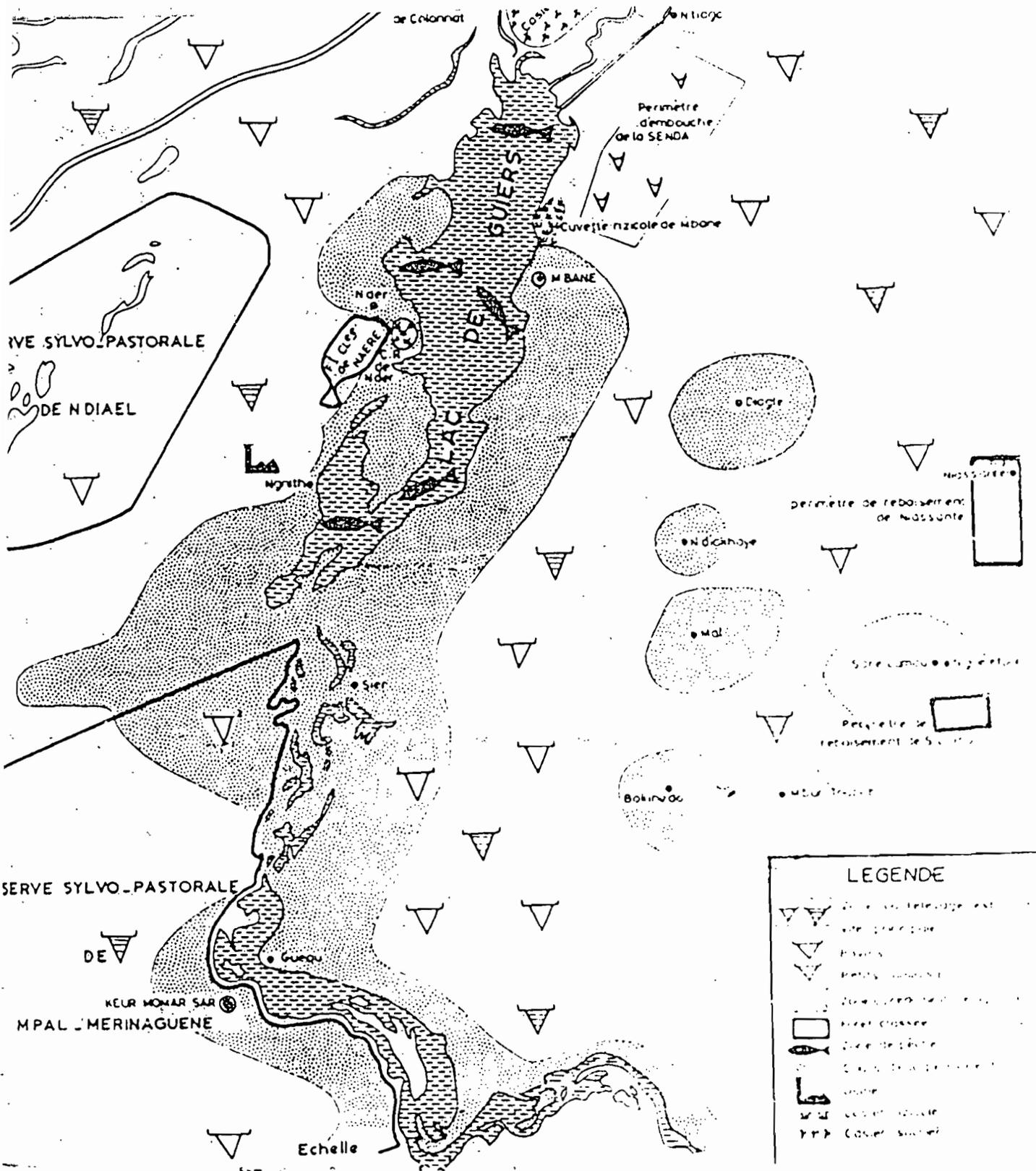


Figure 3 : Schéma des principales utilisations de l'espace  
 Source : MBENGUE (1981)

### **I.3. LE CHEPTTEL ET SON MODE D'ELEVAGE**

#### **I.3.1. Le cheptel**

Il est constitué de différentes espèces mais les plus importantes sont les bovins, les ovins, les caprins et les volailles. De plus de 200 sujets avant les deux cycles de sécheresse (1972/73, 1983/84), la taille du troupeau bovin tourne maintenant autour de 80 sujets malgré les efforts de reconstitution du cheptel mis en place (TOURRAND, 1993).

Les troupeaux de petits ruminants qui sont de taille plus modeste possèdent en moyenne 20-30 sujets chez les peuls agro-pasteurs.

Mais depuis 1990 jusqu'à 1996, on note une croissance numérique positive du cheptel (tableau II).

**TABLEAU II : REPARTITION DES EFFECTIFS DU CHEPTEL DANS LA ZONE DU LAC DE GUIERS**

Espèces	ANNEES						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Bovins	68 000	66 600	68 600	71 000	72 400	73 700	74 700
Ovins	35 000	36 400	37 900	39 600	41 200	42 800	44 500
Caprins	62 000	64 500	67 000	70 000	73 100	74 800	77 700
Porcins	0	0	0	0	0	0	0
Equins	2 100	2 160	1 450	2 460	2 480	2 490	2 500
Asins	16 500	17 000	17 700	17 790	18 050	18 370	18 600
Volailles	-	558 000	573 750	589 800	604 500	616 600	632 000

Source : **DIRECTION DE L'ELEVAGE, 1997**

### **I.3.2. Conduite du cheptel**

Chez les peuls, chaque concession assure la gestion de son cheptel ou possède un droit de regard important sur la gestion des animaux en confiage.

L'alimentation, essentiellement extensive est basée sur l'exploitation du pâturage de Jeeri en hivernage et de zones de décrue en saison sèche. La complémentation se fait à base de divers sous-produits agricoles ou agro-industriels, en particulier les produits d'usinage du riz paddy existant .

Chez les wolofs, le gros bétail est en grande partie confié aux éleveurs peuls ou maures. Le petit bétail est quant à lui gardé à l'attache et alimenté à l'auge avec des sous-produits agricoles et agro-industriels (paille de riz issues d'usinage du riz paddy, déchets de tomate et adventice de canne) (TOURRAUD, 1993). Toutefois, du fait du coût élevé de ces sous-produits, ils sont peu utilisés et sont réservés en priorité aux béliers et aux taurillons à l'engraissement.

A l'image du pays, la zone du lac de Guiers est caractérisée par un climat difficile à faible pluviométrie. Les problèmes d'accès à l'eau découlant d'une telle rigueur climatique font du lac de Guiers une « oasis » autour de laquelle se sont développées activités agricoles et pastorales. Bien que dans la zone on assiste à une certaine intégration de ces deux activités, l'insuffisance des sous-produits issus de l'agriculture et leur coût élevé font que l'élevage reste confronté à des problèmes d'alimentation. Dès lors, il s'impose la recherche de sources alternatives d'intrants.

## CHAPITRE II :

# LES MACROPHYTES DU LAC DE GUIERS : GENERALITES

Les macrophytes aquatiques sont des plantes qui vivent dans l'eau où elles effectuent leur cycle entier. Elles sont soit pourvues ou dépourvues de racines; et les racines, lorsqu'elles existent la plupart du temps, peuvent s'insérer dans le sol comme celles des plantes terrestres. Les feuilles peuvent être submergées, flottantes ou étalées à la surface de l'eau.

Les macrophytes appartiennent à diverses familles très nombreuses mais en ce qui nous concerne, notre étude portera uniquement sur les macrophytes aquatiques du lac de Guiers et plus précisément sur les quatre principales espèces.

Au lac de Guiers, jusqu'à la mise en fonction du barrage de Richard Toll en 1947, la végétation aquatique restait relativement limitée. L'adoucissement progressif du plan d'eau a provoqué la pullulation de *Typha australis* dans le lac à partir de 1956 (TROCHAIN, 1956 ; GROSMIRE, 1957). Elle est suivie de *Pistia stratiotes* dont l'important développement dans la partie sud du lac a constitué pour les autorités une menace pour l'exploitation des eaux du lac de Guiers. Deux autres macrophytes ont connu un important développement au cours de ces dernières années ; il s'agit de *Phragmites australis* et de *Potamogeton schweinfurthii*.

### II.1. - ETUDE BOTANIQUE

#### II.1.1. *Pistia stratiotes* L.

C'est une monocotylédone de la famille des Araceae et du genre *Pistia* dont elle est la seule espèce. Rencontrée dans les régions tropicales et subtropicales du monde, elle se présente sous la forme d'une herbe en rosette flottante, stolonifère, pérenne de plus de 15 cm de haut et 30 cm de large (THIAM et al., 1993). Elle porte des racines finement ramifiées plongeant dans l'eau et des feuilles vert-amandes, poilues, sessiles, largement ovales et longues de 10 à 15 cm (figure 4).

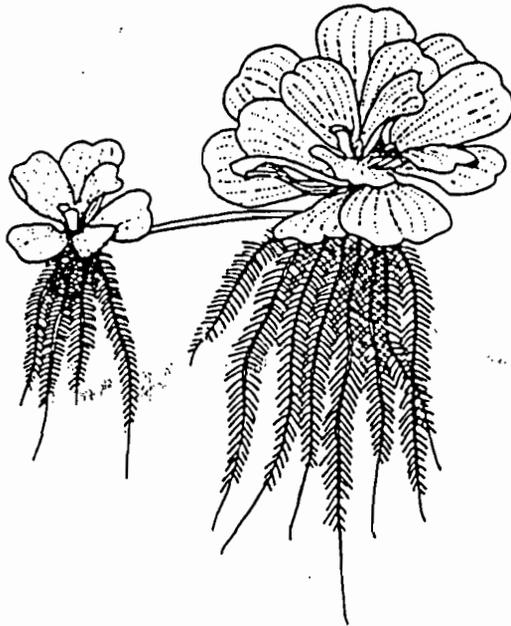


Fig. 6 : *Pistia stratiotes*

Figure 4 : *Pistia stratiotes*  
Source : THIAM et al. (1993)

Du fait des relations positives existant entre la teneur en cellulose, la teneur en parois et la teneur en lignine qui est le facteur originel fondamental d'ingestibilité des parois (DEMARQUILLY et al., 1981), la cellulose brute permet de déterminer la digestibilité des aliments.

Toutefois, du fait des insuffisances de la méthode à séparer les constituants glucidiques ou entités biochimiques et nutritionnelles, on a essayé de la remplacer par d'autres techniques.

### III.1.1.6. Les critères simples en remplacement de la cellulose brute

#### **III.1.1.6.1. La méthode de Van Soest (1963, 1967)**

La méthode de Van Soest est la plus répandue sur le plan international (SAUVANT, 1988). Elle est basée sur l'utilisation des détergents neutres et acides aboutissant à l'isolation de résidu qui représentent l'ensemble des parois végétales (RICHARD, 1989).

La méthode de Van Soest permet la distinction de trois résidus : NDF (Neutral Detergent Fiber), ADF (Acid Detergent Fiber) et ADL (Acid Detergent Lignin).

- ♦ Le résidu NDF (ou parois totales) est obtenu après hydrolyse en milieu neutre pendant une heure. Il est moins précis que la cellulose brute à prévoir la digestibilité des fourrages mais il est un critère d'appréciation de l'ingestibilité (VAN SOEST et MERTENS, 1977). Chez les monogastriques, le résidu NDF pourrait devenir le meilleur prédicteur de l'indigestible pariétal des aliments.

- ♦ Le résidu ADF (ou lignocellulose) obtenu par hydrolyse en milieu acide pendant une heure comprend la plus grande partie de la lignine, la cellulose et une petite partie des hémicelluloses. L'ADF peut être obtenu directement à partir de l'échantillon (méthode directe) ou à partir de résidu NDF (méthode séquentielle). En raison de la rapidité de sa détermination, il est le plus utilisé des critères proposés pour remplacer la cellulose brute. Sa meilleure précision et reproductibilité font que, dans les pays anglo-saxons en particulier, il est fortement pressenti pour remplacer la cellulose brute.

- ♦ Le résidu ADL est obtenu à partir de l'ADF soit par hydrolyse à l'acide sulfurique soit par extraction au permanganate. Il contient essentiellement la lignine qui, comme nous l'avons déjà évoqué, est le principal facteur de variation de la digestibilité des parois. L'ADL obtenu par le permanganate est plus riche en lignine, présente une étroite relation avec la digestibilité et

♦ L'énergie digestible (ED) est l'énergie des nutriments ayant passé la barrière intestinale. Après chaque ingestion des aliments, la première perte qui est de loin la plus importante est l'énergie contenue dans la partie non digérée de l'aliment et qui se retrouve dans les fécès. L'énergie des fécès (EF) pouvant être obtenue au moyen d'une bombe calorimétrique, l'énergie digestible s'obtient en déduisant de l'énergie brute l'énergie des fécès.

$$ED = EB - EF$$

♦ L'énergie métabolisable (EM) est l'énergie digestible après déduction des pertes à travers l'urine. Chez les ruminants, l'EM doit tenir compte des pertes d'énergie sous forme de gaz combustible occasionnées par la fermentation des gaz dans le rumen.

$$EM = ED - (EU + EG)$$

♦ L'énergie nette (EN) est celle qui est disponible pour l'entretien de l'organisme et pour les productions (croissance, lait...).

La consommation d'aliments, le processus de digestion et l'utilisation des aliments sont des sources de dissipation d'énergie sous forme de chaleur appelé extra-chaleur (C). L'énergie nette s'obtient en déduisant cette extra-chaleur de l'EM (PARIGI BINI, 1986)

$$EN = EM - C$$

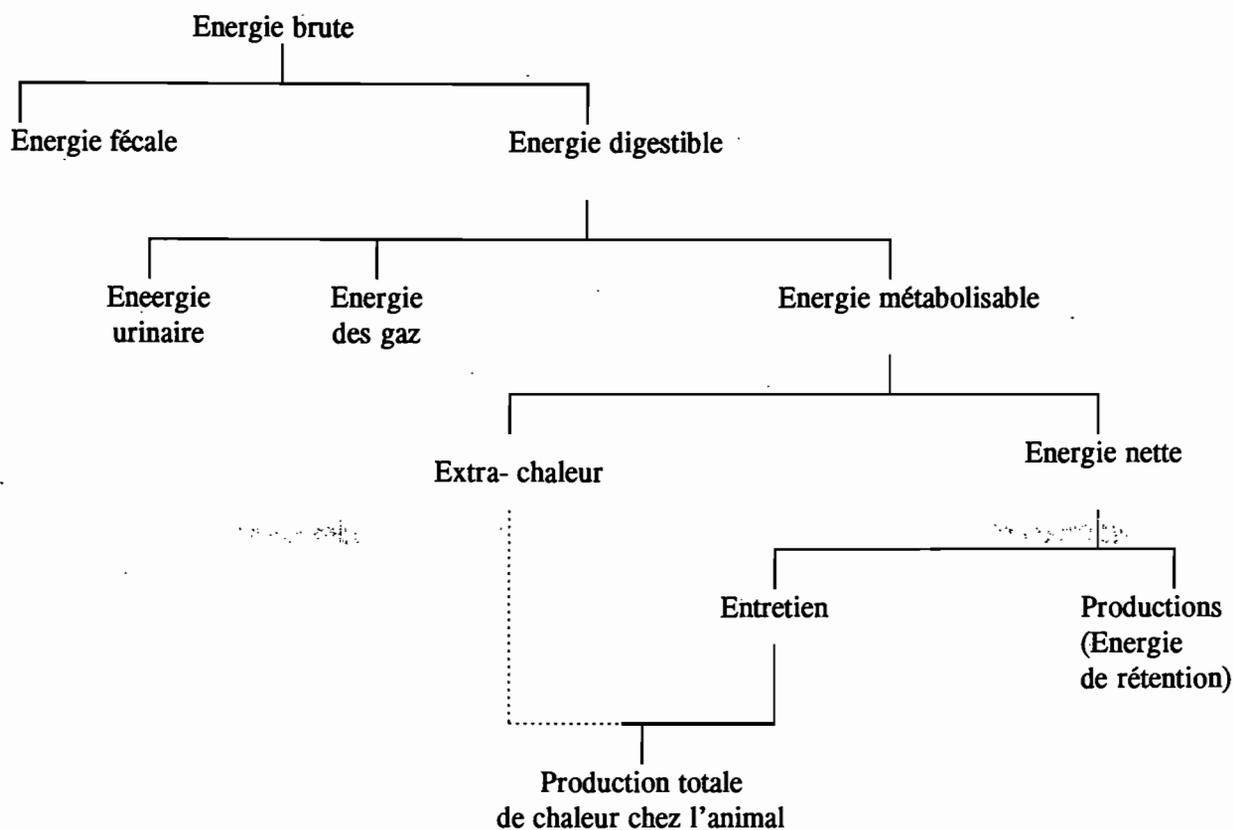


Figure 8 : Schéma général de l'utilisation de l'énergie brute des aliments par les animaux

Source : PARIGI BINI, 1986

TD97-24

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES  
(E.I.S.M.V.)

ANNEE 1997

N° 24



**ETUDE DE LA VALEUR NUTRITIVE  
DES MACROPHYTES DU LAC DE GUIERS  
(*TYPHA AUSTRALIS*, *PISTIA STRATIOTES*,  
*PHRAGMITES AUSTRALIS*,  
*POTAMOGETON SCHWEINFURTHII*)**

*THESE*

présentée et soutenue publiquement le 06 Août 1997  
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  
pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE  
(DIPLOME D'ETAT)

par

**Madame Lala DIASSE ép. SALL**  
née le 04 juin 1966 à Kaolack (Sénégal)

*JURY*

- Président du Jury** : **Monsieur Ibrahima WONE**  
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- Rapporteur** : **Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET**  
Maître de Conférences à L'EISMV de Dakar
- Membres** : **Monsieur Mamadou Badiane**  
Maître de Conférences Agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- : **Monsieur Yalacé Yamba KABORET**  
Maître de Conférences à l'EISMV de Dakar
- Directeur** : **Monsieur Ayao MISSOHO**  
Maître-Assistant à l'EISMV de Dakar
- Coo-Directeur** : **Monsieur Abou THIAM**  
Docteur ès-Sciences à l'ISE de Dakar

ECOLE INTER-ETATS  
DES SCIENCES ET MEDECINE  
VETERINAIRES DE DAKAR  
BIBLIOTHEQUE

### III.2.1.2. Valeur énergétique des aliments destinés aux monogastriques

Chez les monogastriques, l'EB peut être déterminée par calorimétrie ou estimée à partir de la composition chimique. On dispose de l'équation de régression suivante :

$$EB = 5,72 MAT + 9,5 MG + 4,79 CB + 4,17 ENA \pm \Delta_i$$

où

- EB = énergie brute (Kcal / kg MS)
- MAT = protéine brute (g/kg MS)
- MG = matière grasse (g/kg MS)
- CB = cellulose brute (g/kg MS)
- ENA = extractif non azoté (g/kg MS)
- $\Delta_i$  = facteur de correction pour certaines matières premières

Chez les oiseaux, c'est surtout l'énergie métabolisable qui est utilisée. En effet, du fait des particularités anatomiques du cloaque, il est difficile de séparer fèces et urines, ce qui rend la détermination de l'ED non commode. L'EM classique des volailles peut être corrigée pour la rétention azotée afin de permettre des comparaisons entre stades physiologiques différents ou pour les pertes endogènes urinaires et fécales.

Pour les volailles, les équations de prévision de l'EM applicables aux mélanges sont les suivantes :

$$EM = 36,1 PB + 72,6 MG + 40,6 A + 26,1 S$$

$$EM = 3251 + 54,4 MG - 88,7 CB - 40,8 CE$$

où

- EM = énergie métabolisable (Kcal/kg MS)
- PB = protéines brutes (en p.100)
- MG = matières grasses (en p. 100)
- A = amidon (en p.100)
- S = sucres libres (en p.100)
- CB = cellulose brute (en p.100)
- CE = cendres brutes (en p.100)

Chez les porcs, la valeur énergétique des aliments est généralement exprimée en ED en raison de la facilité de mesure de la digestibilité, mais on tend à

privilégier l'EN. Celle-ci est obtenue en appliquant à l'EM un coefficient global d'utilisation K qui recouvre l'utilisation pour l'entretien (Km) et pour la production (Kf). Les systèmes de calcul de l'EN utilisables chez le porc sont le système NEF de l'Allemand ROSTOCK, basé sur la composition chimique de l'aliment et le système de JUST basé sur une correction de l'EM à l'aide d'un terme constant.

#### - Système NEF

$$\text{NEF} = 2,49 \text{ PD} + 8,63 \text{ MGD} + 1,5 \text{ CBD} + 3,03 \text{ ENAD}$$

où

NEF	=	énergie nette (Kcal/kg)
PD	=	protéines digestibles (g/kg)
MGD	=	matières grasses digestibles (g/kg)
CBD	=	cellulose brute digestible (g/kg)
ENAD	=	extractif non azoté digestible (g/kg)

#### - Système de JUST

$$\text{EN} = 0,75 \text{ EM} - 450$$

où

EM et EN sont exprimées en Kcal/kg MS.

### III.2.1.3. Valeur énergétique des aliments destinés aux ruminants

Pour apprécier la valeur nutritive des aliments pour les ruminants, on doit prendre en compte la disponibilité des nutriments pour la flore ruminale et la quantité de nutriments absorbés. Pour la détermination de la valeur énergétique, on prend la digestibilité de la matière organique comme principal critère. La détermination de ses deux facteurs demande des expérimentations sur les animaux dont l'entretien est onéreux, la méthodologie des mesures *in vivo* lourde et le délai pour obtenir les résultats plus ou moins long.

Afin de surmonter ces contraintes, trois principales méthodes ont été initiées pour prévoir la digestibilité de la matière organique :

- les méthodes chimiques,
- les méthodes enzymatiques,
- les méthodes utilisant les micro-organismes

### III.2.1.3.1. *Les méthodes chimiques*

Ces méthodes visent à déterminer la fraction soluble des constituants glucidiques. Ce sont des méthodes qui font intervenir une extraction par l'eau chaude ou une hydrolyse acide après extraction par l'eau froide puis réaction avec du ferricyanide.

La mesure de la solubilité des constituants glucidiques des aliments connaît une difficulté qui réside dans l'absence d'une technique fiable permettant de quantifier la plupart des fractions glucidiques potentiellement digestibles (amidon, sucres), applicable pour un grand nombre d'aliments (NOCEK, 1988).

### III.2.1.3.2. *Les méthodes enzymatiques*

La rapidité des techniques de laboratoire, leur répétabilité, leur fiabilité pour prédire la dégradabilité des aliments ont motivé des chercheurs à utiliser les enzymes.

Ainsi JARRIGE et THIVEND (1969) ont cherché à reproduire l'activité cellulolytique du rumen (principale caractéristique de la population microbienne du rumen) en utilisant des enzymes cellulolytiques extraites de champignons. L'utilisation de « cellulase » (c'est en réalité un mélange d'enzymes attaquant la cellulose, les hémicelluloses, les pectines et l'amidon) avait une action comparable à celle de la population microbienne du rumen, mais de manière beaucoup moins intense. La matière sèche solubilisée pendant 24 h par cette cellulase dans un milieu tampon ou, corrélativement, le résidu qu'elle laisse permet de prévoir la digestibilité des principales catégories de fourrages avec une précision aussi bonne que la digestibilité *in vitro* mesurée selon la technique de TILLEY et TERRY (1963) et plus reproductible.

Certains auteurs ont obtenu une solubilisation de la matière sèche plus importante et une liaison avec la digestibilité *in vivo* presque indépendante de la famille botanique du fourrage et de son mode de conservation, en augmentant les concentrations en acide lors du traitement à la pepsine et en utilisant des creusets filtants.

### III.2.1.3.3. *Les méthodes utilisant les micro-organismes du rumen*

Elles sont au nombre de deux :

### ☛ La fermentescibilité *in vitro*

Elle consiste à incuber des échantillons en anaérobie en présence de jus de rumen prélevé sur des animaux fistulés. Depuis 1955, de très nombreuses méthodes de digestibilité *in vitro* ont été proposées (JOHNSON, 1969) mais seule la méthode de TILLEY et TERRY (1963) a été retenue car s'avérant la plus intéressante du point de vue de la comparaison.

Elle consiste en une incubation pendant 48 h de 0,5 g à 1 g d'aliment dans un mélange de salive artificielle en présence de jus de rumen, puis une deuxième incubation de 48 h dans une solution de pepsine HCl. Des tentatives de simulation des conditions ruminales ont été faites par l'utilisation du rumen artificiel mais ces systèmes engendrent une diminution, voire même une disparition totale du nombre de protozoaires.

Cette technique de fermentescibilité *in vitro* est intéressante car elle reproduit les conditions expérimentales proches du processus réel de la digestion dans le rumen mais elle ne permet pas l'étude de la cinétique de dégradation (VERITE et PEYRAUD, 1988).

### ☛ La dégradabilité *in sacco*

La dégradabilité *in sacco* est une technique qui utilise des sachets nylon suspendus dans le rumen. Elle dérive de la technique des poches de soie utilisées par QUIN et al. (1938) pour étudier l'influence de la nature de l'aliment consommé par l'animal sur la digestibilité de la cellulose dans le rumen. Elle a ensuite été utilisée par d'autres auteurs pour étudier soit la digestion de la cellulose soit la digestion de la matière sèche (LOWREY, 1969).

La technique de sachet de nylon est une des méthodes les plus satisfaisantes du point de vue nutritionnel. Les facteurs qui interviennent doivent être précis (poids de la matière sèche de l'échantillon, taille du sachet, ouverture des mailles du tissu nylon, temps de séjour et place dans le rumen, nature du régime consommé par l'animal) pour donner des résultats très reproductibles.

#### - La dimension des mailles et taille des sachets

La dimension de la maille des sachets doit être proportionnelle à la taille des micro-organismes du rumen en vue de faciliter leur entrée dans les sachets, l'évacuation des gaz accumulés et limiter au minimum les pertes des particules solides. En général, les mailles doivent avoir une dimension de 20 à 30  $\mu\text{m}$ , les sachets environ 140 mm de long et 90 mm de large, le diamètre intérieur des canules de 40 à 50 mm ; le diamètre de la canule du rumen est quelquefois fonction de la dimension du sac. Avec ce type de canule, il est possible d'incuber chez les bovins 10 échantillons dans le rumen. Les prises d'essai sont de l'ordre de 3 à 5 g d'échantillon sec (BA, 1997).

Dans la technique de **DEMARQUILLY** et **CHENOST** (1969), 3 g de fourrage broyé à la grille de 1 mm sont enfermés dans des sachets nylon à mailles fines (50  $\mu$ ). Ces sachets de 15 X 7 cm, remplis d'échantillon, sont pesés et 40 à 50 sachets sont attachés par un fil de nylon à un anneau de plomb de 1 kg qui est ensuite introduit dans le sac ventral du rumen d'une vache porteuse d'une large cannule. Après 48 h de séjour dans le rumen, les sachets sont retirés, soigneusement lavés, séchés puis pesés. Le pourcentage de matière sèche disparue est appelée digestibilité 48 h en sachets. Cette digestibilité en sachets est en étroite liaison avec la digestibilité *in vivo*, la précision de l'estimation étant supérieure à celle obtenue avec la digestibilité *in vitro* de **TILLEY** et **TERRY** (1963), (**CHENOST** et al., 1982).

#### - Position des sachets dans le rumen

En général les sachets doivent être fixés dans le rumen avec une corde en nylon de 25 cm au sommet de la cannule pour les moutons, et 50 cm environ pour les bovins. Cette longueur doit permettre le déplacement libre des sachets dans le rumen si non il y aura risque de formation et de création de micro-environnement dans le sac qui va engendrer des réponses négatives.

Actuellement la méthode utilisée consiste à fixer les sachets sur un tube en nylon (figure 9). Ce tube en nylon peut contenir 4 sachets en même temps pour les ovins.

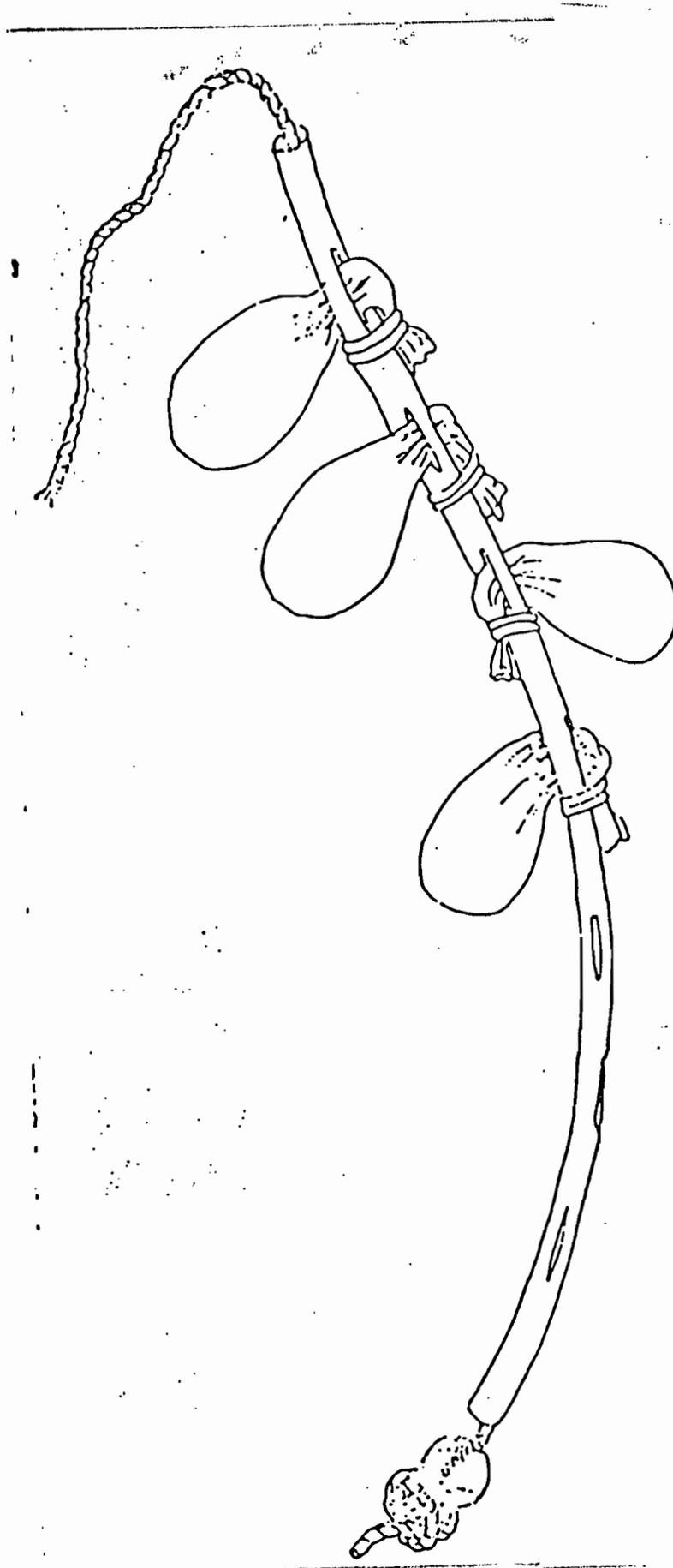


Figure 9 : Mode d'attachement des sachets nylon  
sur le tuyau en PVC destiné à l'incubation  
Source: FAO (1985)

#### - Le temps d'incubation

Le temps d'incubation varie selon l'aliment ; pour les suppléments protéiques, le retrait se fait en général à 2, 6, 12, 24 et 36 heures et donne une description adéquate. Pour les foin, les pailles et autres matières fibreuses, des incubations plus longues sont observées et le retrait se fait à 12, 24, 38, 48 et 72 heures. C'est ainsi que **BA (1997)** a étudié la dégradabilité de la paille de brousse et de la fane d'arachide et a fait des retraits après 48 et 72 h d'incubation.

#### - Le nombre de répétition

Il est nécessaire d'utiliser plus d'un animal pour avoir des estimations précises pour un aliment donné. Le nombre de répétition constitue la plus importante source de variation entre les composantes animales (**FAO, 1985**).

#### - L'emploi des animaux

Les résultats obtenus par certains auteurs sur l'emploi des animaux suggèrent que des ovins et bovins nourris avec les mêmes aliments présentent peu ou pas de différence sur les taux de dégradation mesurés à partir des sachets nylon. Très peu de comparaison ont été faites à ce niveau.

Cependant l'emploi de bovin est plus avantageux dans la mesure où il permet l'utilisation d'un grand nombre de sachets.

### III.2.1.3.4. *Les équations de prévision de la valeur énergétique*

La prévision se fait à partir de la digestibilité de la matière organique et de la teneur en énergie nette.

#### - Digestibilité de la matière organique

La digestibilité de la matière organique peut être prévue à partir des résultats de l'analyse chimique et des résultats de dégradabilité enzymatique (ZOURE, 1991). Pour les sous-produits agro-industriels, les meilleures équations sont obtenues en utilisant les critères de parois cellulaires comme prédicateur :

$$\text{DMO} = 92,07 - 0,227 \text{ NDF} - 1,547 \text{ ADL} \quad (\text{SAUVANT, 1981})$$

(p.100 MO)                      (p.100 MO)

DMO = digestibilité de la matière organique

NDF = neutral detergent fiber

ADL = acid detergent fiber

MO = matière organique

### - Teneur en énergie nette

Des équations<sup>2</sup> adaptées aux sous-produits agro-industriels, basées sur l'analyse chimique, ont été proposées par SAUVANT (1981). Ces équations permettent de prédire directement la teneur en EN exprimée en Kcal ou en unités fourragères.

$$\text{UFL} = 1,1987 + 0,0010 \text{ MAT} + 0,00134 \text{ MG} - 0,0070 \text{ CB} - 0,0232 \text{ ADL}$$

(UF/kg MO) (p.100 MO)

$$\text{UFV} = 1,2147 + 0,0005 \text{ MAT} + 0,0132 \text{ MG} - 0,0084 \text{ CB} - 0,0281 \text{ ADL}$$

(UF /kg MO) (p. 100)

avec :

UFL = unité fourragère lait

UFV = unité fourragère viande

Kg MO = kilogramme de matière organique

## III.2.2. Valeur azotée des aliments

### III.2.2.1. Valeur azotée des aliments pour les monogastriques

Pour les monogastriques, la valeur azotée d'un aliment dépend de sa teneur en acides aminés essentiels qui est essentiellement absorbée au niveau de l'intestin grêle.

### III.2.2.2. Valeur azotée des aliments pour les ruminants

Chez les ruminants, la flore microbienne dégrade une partie des aliments, les transforme en protéines microbiennes et utilise l'azote non protéique (ANP) pour synthétiser des protéines. Les protéines alimentaires non dégradées au niveau du rumen et les protéines microbiennes sont digérées et les acides aminés absorbés au niveau de l'intestin grêle par des processus proches de ceux des monogastriques. Une partie non digérée se retrouve dans les fèces (VERITE et PEYRAUD, 1988).

La dégradabilité des protéines dans le rumen et leur digestibilité réelle dans l'intestin grêle sont les principaux critères d'évaluation de la valeur azotée des aliments.

### III.2.2.2.1. *Prévision de la solubilité des matières azotées*

Des méthodes faisant intervenir la solubilité de l'azote dans une salive artificielle ont été utilisées ; ceci aboutit à une grande variabilité des résultats due aux différences entre les solvants, de par leur nature, leur pH, la température du milieu et la durée d'extraction (AUFRERE et CARTAILLER, 1988).

### III.2.2.2.2. *Prévision de la dégradabilité des matières azotées dans le rumen*

Elle se fait suivant deux méthodes :

- La méthode de la dégradabilité *in sacco* qui est celle qui représente le plus les conditions réelles de digestion des matières azotées dans le rumen, convient pour l'étude des cinétiques de dégradation. Elle est de plus adaptée pour prévoir la dégradabilité théorique des protéines dans les différents systèmes d'évaluation de la valeur nutritive des aliments, notamment dans le système des PDI en France.

- Les méthodes enzymatiques dans lesquelles des enzymes protéolytiques d'origine microbienne ou bactérienne ont été utilisées. Une technique mise au point par AUFRERE et CARTAILLER (1988) fait appel à l'action d'une protéase bactérienne extraite de *Streptomyces griseus*, dans une solution tampon borate-phosphate à pH 8.

Ce chapitre que nous venons de survoler nous montre l'existence de plusieurs méthodes pour prédire ou évaluer la valeur nutritive des aliments et le choix de l'une ou l'autre de ces méthodes dépend :

- de la simplicité et de la rapidité de la méthode,
- du degré d'équipement du laboratoire,
- de la fiabilité des résultats désirés.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE  
EXPERIMENTALE

# CHAPITRE I :

## MATERIEL ET METHODES

### I.1. MATERIEL

#### I.1.1. Matériel de laboratoire

Il s'agit du matériel technique classique de laboratoire et des produits chimiques utilisés pour réaliser les différentes analyses bromatologiques des échantillons.

#### I.1.2. Matériel animal

L'essai de dégradabilité a été mené sur quatre moutons Peul-peul adultes, mâles, castrés.

Avant le démarrage de l'expérience, les animaux ont été lavés à l'eau javéalisée et au savon liquide (cotel), les cannules désinfectées avec de la bétadine.

L'alimentation est essentiellement composée de la paille de brousse, de la mélasse, de l'aliment grand moulin et du tourteau de coton. L'abreuvement est « ad libitum ». La ration est distribuée deux fois par jour (matin à 8 h 30 et le soir à 15 h).

#### I.1.3. Matériel végétal

Il s'agit de plantes aquatiques entières de 4 espèces de macrophytes dont :

- *Pistia stratiotes*,
- *Potamogeton schweinfurthii*,
- *Typha australis*,
- *Phragmites australis*.

Les plantes ont été prélevées sur 14 sites différents (Figure 10). Au total, 40 échantillons ont fait l'objet d'une analyse chimique complète au laboratoire de Nutrition et Alimentation Animales du Service de Zootechnie-Alimentation de l'École Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires (EISMV) de Dakar. Des essais de dégradabilité enzymatique et « *in sacco* » ont été également réalisés avec ces plantes au Département de Productions Animales de l'École Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) de Thiès.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> C'est une école située à 4 km de Thiès sur la route de Khombole

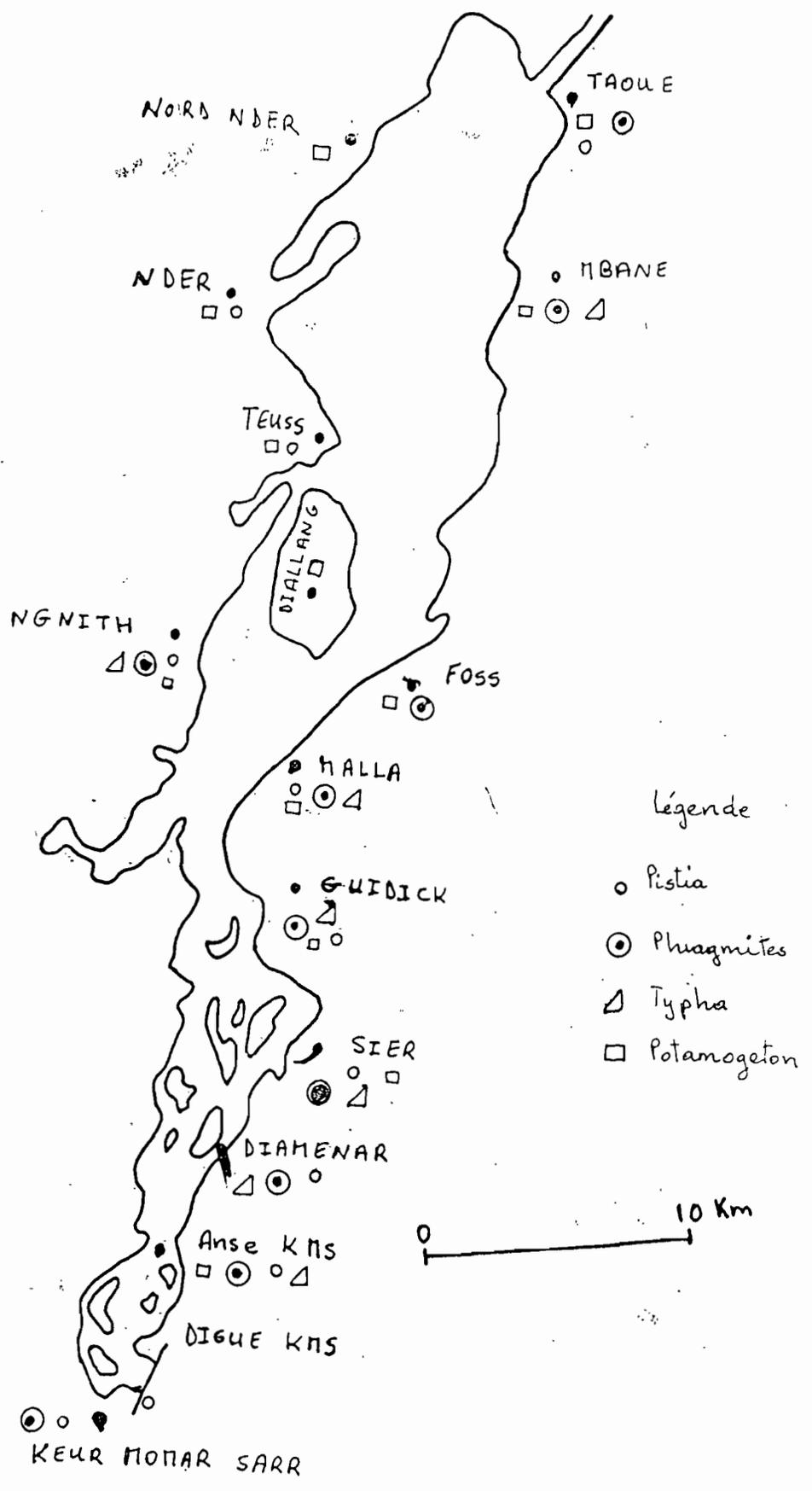


Figure 10 : Sites de prélèvement et différentes espèces rencontrées

## I.2. METHODES

### I.2.1. Méthodes de prélèvement des macrophytes aquatiques

Selon qu'il s'agit de plantes flottantes, submergées ou immergées, le prélèvement se fait de manière différente.

Pour les espèces flottantes comme *Pista stratiotes*, la récolte se fait par simple ramassage manuel (photo 1).

Cependant, pour *Potamogeton schweinfurthii*, il faut ramasser la plante à la surface de l'eau certes, mais il faut tirer pour pouvoir l'arracher du sol ; les racines étant souterraines (photo 2).

Par contre, la récolte de *Typha australis* Schum et Thonn et *Phragmites australis* se fait à l'aide d'un sécateur (photo 3).

Après prélèvement, les échantillons ont été mis dans des sachets imperméables (pour éviter des échanges d'eau avec l'extérieur) sur lesquels sont mentionnés le nom de l'espèce, le numéro d'ordre de récolte, la date et le site de prélèvement (photo 4).



Photo 1 : Récolte de *Pistia stratiotes*

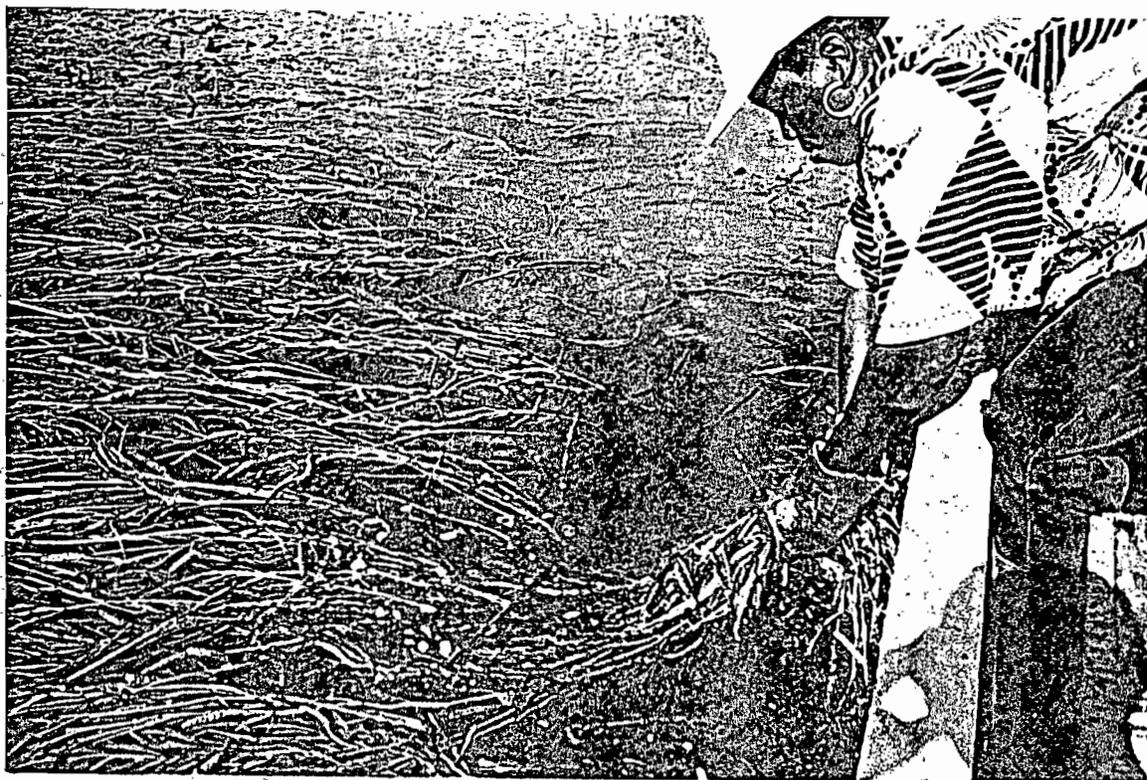


Photo 2 : Récolte de *Potamogeton schweinfurthii*



Photo 3 : Récolte de *Typha australis*



Photo 4 : Conditionnement des échantillons

## I.2.2. Méthodes d'analyses chimiques

### I.2.2.1. Détermination du taux de matière sèche (MS)

La matière sèche est d'abord déterminée sur la « matière fraîche ». Ainsi les échantillons sortis de leur emballage imperméable sont pesés et étuvés à 105°C pendant 24 heures. Elle a également été déterminée sur le matériel sec (après fanage) pour pouvoir exprimer la composition chimique des plantes par rapport à la matière sèche.

C'est ainsi que des creusets en porcelaine préalablement séchés et tarés, contenant 10 à 20 g de matière moulue sont placés dans une étuve réglée à 105°C pendant 24 heures. La matière restée après ces étuvages correspondent à la matière sèche. La perte de poids enregistrée correspond, quant à elle, à l'humidité de l'échantillon. La teneur en matière sèche de l'échantillon est obtenue par le calcul suivant :

$$MS = 100 - p.100 \text{ d'humidité}$$

### I.2.2.2. Détermination de la teneur en matière organique et des cendres totales

On fait incinérer 2 g de matière moulue dans un four réglé à 550°C pendant au moins 8 heures. Après refroidissement dans un dessiccateur, le résidu d'incinération est pesé et la teneur en cendres totales s'obtient par le calcul suivant :

$$C = \frac{P_2 - T_s}{P_1 - T_s} \times 100$$

Avec :

- T<sub>s</sub> = tare du creuset sec (g)
- P<sub>1</sub> = poids du creuset et de la matière sèche à 105°C (g)
- P<sub>2</sub> = poids du creuset et du résidu de calcination (g)
- C = teneur en cendres (en p.100 de la MS)

De la teneur en cendres totales de l'échantillon, on déduit celle en matière organique.

$$MO = 100 - C$$

MO = teneur en matière organique (en p. 100 de la MS)

### 1.2.2.3. Détermination de la teneur en matière grasse (MG)

On extrait les matières grasses en faisant agir de l'éther éthylique anhydre sur 5 g d'aliment placés dans une cartouche pendant 6 heures. L'extrait recueilli dans un ballon préalablement taré est passé à l'étuve pendant une nuit.

Après refroidissement dans un dessiccateur contenant du silicagel, l'augmentation de poids du ballon représente le poids de matière grasse contenue dans la prise d'essai.

### 1.2.2.4. Dosage des protéines brutes totales (PBT)

Pour doser les protéines brutes totales par la méthode de Kjeldahl, on minéralise d'abord 0,5 g de matière moulue par l'acide sulfurique concentré ( $H_2SO_4$ , 96 p.100) en présence de catalyseur (Sélénium). On effectue la minéralisation à  $420^\circ C$  jusqu'à obtenir une solution incolore ou jaune pâle transparente (environ 30 mn à 2 h suivant la nature de l'échantillon). On laisse refroidir les tubes pendant 5 mn puis on y ajoute prudemment 75 ml d'eau distillée.

Le minéralisat est alcalinisé par une solution de soude à 33 %. Il se produit une libération d'ammoniac qui est entraîné par distillation et recueilli dans 25 ml d'acide borique à 4 p.100, puis titré par de l'acide sulfurique 0,1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur gris-neutre.

Soit :

PE = prise d'essai (g)

N = normalité de la solution titrante

V = volume de la solution titrante nécessaire à l'obtention du virage (ml)

MS = teneur en matière sèche de la matière analysée (%)

PBT = teneur en protéine brute totale de la matière analysée (en % de la MS)

Alors

$$PBT = \frac{1,4 \times N \times V}{PE} \times 6,25 \times \frac{100}{MS}$$

### I.2.2.5. Dosage du Calcium

Après incinération de 2 à 5 g d'échantillon au four à 550°C pendant 8 h, les cendres sont recueillies dans un bécher et soumises à une attaque avec de l'acide acétique et d'oxalate d'ammonium. Après filtration, le résidu est récupéré puis soumis à une deuxième attaque à l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à 20 p.100.

On laisse reposer au bain-marie pendant 10 mn et on titre avec du permanganate de potassium ; le pourcentage du calcium s'obtient par le calcul suivant :

$$\% \text{ Calcium} = \frac{\text{nombre de cc versé} \times 2,004}{\text{poids de la MS pesée} \times 1000} \times 100$$

➤ NB : 1 cc de KMnO<sub>4</sub> (0,1N) correspond à 2,004 mg de calcium

### I.2.2.6. Dosage du Phosphore

On minéralise 1 g d'échantillon par de l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) et de l'acide perchlorique (HClO<sub>4</sub>). Après refroidissement, le minéralisat est traité avec le réactif vanado-molibdique pendant 10 mn et la lecture se fait au spectrophotomètre à 430 nm.

### I.2.2.7 Détermination des cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique(Hcl)

Les cendres totales provenant de la calcination de 2,5 g de matière moulue sont additionnées de quelques ml d'HCl 1N. On laisse bouillir pendant 15 mn puis après filtration, creuset et papier filtre sans cendres sont mis à incinérer à 550°C pendant 2 h. On laisse refroidir puis on pèse pour déterminer le pourcentage des cendres insolubles.

Soit :

- M<sub>0</sub> = poids du creuset vide
- M<sub>1</sub> = poids du creuset vide + matière fraîche
- M<sub>2</sub> = poids du creuset vide + cendres insolubles
- M<sub>3</sub> = poids de la matière sèche

$$\% \text{ cendres insolubles} = \frac{M_1 - M_2}{M_3} \times 100$$

### 1.2.2.2. Détermination de la cellulose brute selon la méthode de Weende

0,5 à 0,6 g de matière moulue sont pesés dans des creusets filtrants de porosité n°2. Deux extractions à chaud sont faites avec une solution bouillante d'acide sulfurique 1,25 p.100 et une solution bouillante d'hydroxyde de sodium à 1,25 p.100 pendant 30 min chacune. Après la deuxième attaque, on rince 3 fois à l'eau distillée chaude sur l'unité d'extraction à chaud puis à l'acétone sur l'unité d'extraction à froid. Le résidu final est pesé après passage à l'étuve à 105°C pendant au moins 16 h puis calciné à 550°C pendant 4 h. Le résidu d'incinération est pesé et la variation de poids entre les deux pesées représente la quantité de cellulose brute.

Soit :

- PE = prise d'essai (g)
- P<sub>1</sub> = poids du creuset et de son contenu après étuve (g)
- P<sub>2</sub> = poids du creuset et de son contenu après incinération (g)
- MS = teneur en matière sèche de la matière analysée (%)
- CB = teneur de l'échantillon en cellulose brute (en % de la MS)

Alors

$$CB = \frac{P_1 - P_2}{PE \times MS} \times 100$$

### I.2.2.9. Dosage du Neutral Detergent Fiber (NDF) et de l'Acid Detergent Fiber (ADF) selon Van Soest

On introduit 1 g de matière moulue dans un creuset de porosité n°2 (séché et taré pour l'ADF). Creuset et contenu sont placés sur l'unité d'extraction à chaud. On y ajoute :

- 100 ml de solution détergent neutre à base de dodécyl sulfate et d'EDTA pour le NDF. Le dodécyl sulfate solubilise la plus grande partie du contenu cellulaire et l'EDTA les substances pectiques ;

- 100 ml de solution détergent acide à température ambiante pour l'ADF. La solution détergent acide à base de cetyltriméthyl ammonium bromure (CTAB) hydrolyse les constituants cytoplasmiques, les hémicelluloses et les protéines.

Dans les deux cas, on ajoute 3 gouttes d'octanol comme antimousse. On porte le tout sur l'unité d'extraction à chaud pendant 1 h puis on lave 3 fois à l'eau distillée bouillante puis 3 fois à l'acétone sur l'unité d'extraction à froid. Après séchage à l'étuve pendant au moins 16 h, on les pèse puis on passe à l'incinération à 550°C pendant 3 h. Le calcul des résultats se fait de la manière suivante.

Soit :

- $T_s$  = tare du creuset sec (g)  
 $PE$  = prise d'essai (g)  
 $P_1$  = poids du creuset et de son contenu après étuve (g)  
 $P_2$  = poids du creuset et de son contenu après incinération (g)  
 $MS$  = teneur en MS de la matière analysée (%)  
 $NDF$  = teneur de l'échantillon en neutral detergent fiber (% de la MS)  
 $ADF$  = teneur de l'échantillon en acid detergent fiber (% de la MS)

Alors :

$$NDF = \frac{P_1 - P_2}{PE \times MS} \times 100$$

$$ADF = \frac{P_1 - P_2}{PE \times MS} \times 100$$

### 1.2.2.10. Dosage de la lignine brute totale selon Christian

1 g de matière moulue et 1 g de célite sont pesés dans un bécher et recouverts de 20 ml de l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à 72 p.100. Les béchers sont placés au bain-marie à 25°C pendant 1 h puis leur contenu est additionné de 200 ml de CTAB 2 p.100 et de trois gouttes d'octanol. On met ensuite à bouillir à reflux. Une ébullition douce doit se poursuivre pendant 2 h. Ensuite le contenu du bécher est filtré sur un creuset filtrant préalablement taré, sec, suivi d'une filtration à vide. Le résidu est rincé 3 fois à l'eau distillée bouillante puis trois fois à l'éthanol.

Soit :

- PE = prise d'essai (g)
- PC = poids du célite introduit dans le bécher (g)
- Ts = tare du creuset sec (g)
- P<sub>1</sub> = poids du creuset et de son contenu après étuve (g)
- P<sub>2</sub> = poids du creuset et de son contenu après incinération (g)
- MS = teneur en MS de l'échantillon analysé (%)
- LBT = teneur en lignine brute totale de l'échantillon analysé (en % de la MS)

Alors

$$\text{LBT} = \frac{P_2 - P_1 - 0,001159 \text{ PC}}{\text{PE} \times \text{MS}} \times 100$$

➤ NB : 0,001159 est un facteur tenant compte de la perte de célite à la calcination.

### 1.2.3. Essai de dégradabilité

#### 1.2.3.1. Mesure de la dégradabilité enzymatique : dégradabilité de la matière organique par la pepsine cellulase selon DE BOEVER

0,3 g d'échantillon moulu avec un tamis de 1 mm de diamètre sont pesés dans un creuset préalablement détaré et emboîté. On y ajoute 30 ml de la solution pepsine - Hcl préchauffée à 39°C. On couvre le creuset avec du parafilm puis on incube au bain-marie à 39°C pendant 24 h puis à 80°C pendant 45 mn. Le contenu du creuset est rincé avec de l'eau distillée chaude, filtrée à vide.

On referme le creuset en-dessous et on ajoute 30 ml de solution enzymatique préchauffée à 39°C. Le creuset est à nouveau couvert de parafilm et on passe à l'incubation pendant 24 h. On filtre et on rince à nouveau avec de l'eau distillée chaude. Après séchage à l'étuve à 105°C, on pèse le creuset et on incinère à 550°C pendant 2 h ; le résidu d'incinération est refroidi au dessiccateur puis pesé. La dégradabilité de la matière organique s'obtient à partir de la formule suivante :

$$\text{DMOC} = 100 - \left[ \frac{(P_1 - P_2) \cdot 10\,000}{\text{PE} \cdot (\text{MSA} - \text{C})} \right]$$

Avec :

- DMOC = dégradabilité de la matière organique
- P<sub>1</sub> = masse du creuset et résidu après étuve (g)
- P<sub>2</sub> = masse du creuset et résidu après incinération (g)
- PE = prise d'essai (g)
- MSA = matière sèche de la matière analysée (%)
- C = cendres totales (%)

### I.2.3.2. Mesure de la dégradabilité "in sacco"

#### *I.2.3.2.1. Description de la technique*

Après broyage au moulin avec un tamis de 4 mm de diamètre, les aliments sont à nouveau broyés au cyclotex. Ce deuxième broyage permet d'homogénéiser et d'obtenir des particules de 1 mm de diamètre.

Une prise d'essai de 5 g est introduite dans un sachet nylon de 20 X 17 mm, de maille constante de 42 µm, fermé et taré. Les sachets sont ensuite attachés à une corde passée dans un tuyau en plastique parsemé de trous et sont incubés par immersion dans le rumen (photos 5 et 6) ; l'incubation se fait le matin une demi-heure avant la distribution du repas afin d'éviter un remplissage trop important du rumen pouvant entraîner une perte de jus de rumen à travers la cannule.

Ainsi placés, les sachets sont soumis aux mouvements péristaltiques du rumen, ce qui les met donc dans des conditions physiologiques identiques à celles des aliments ingérés.



Photo 5 : Ouverture de la cannule ruminale

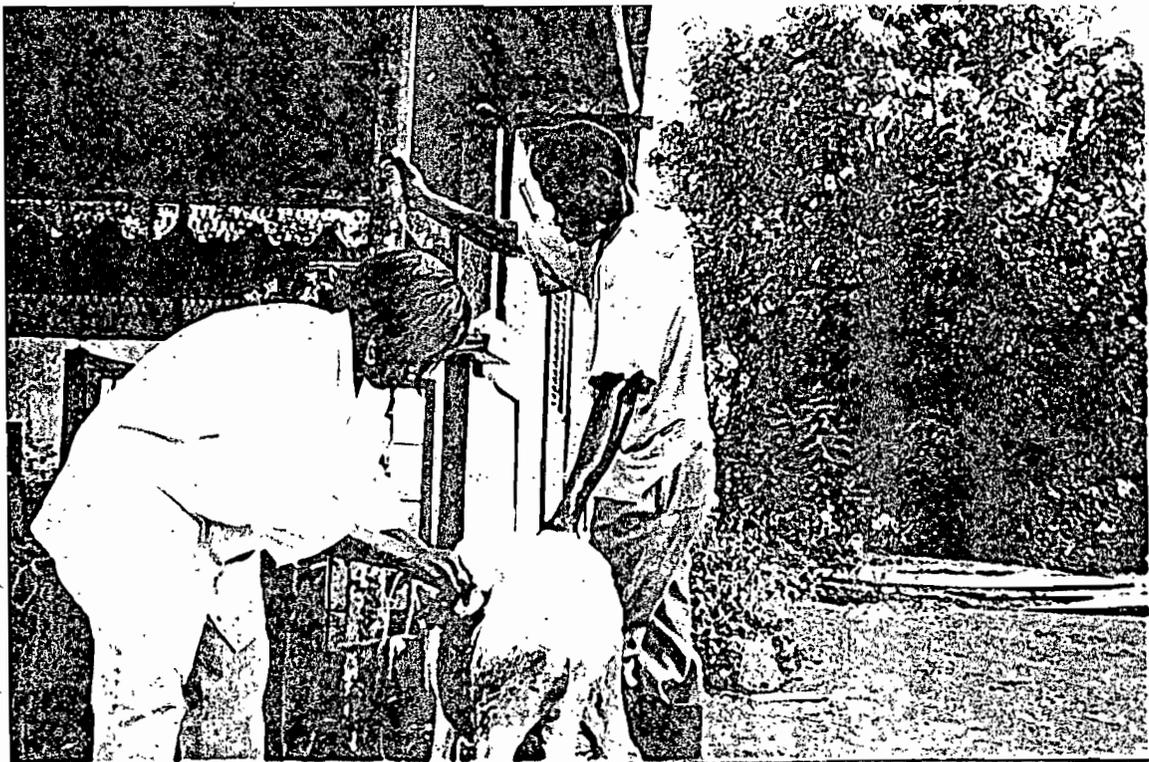


Photo 6 : Introduction des sachets de nylon dans le rumen

Les sachets retirés du rumen après 48 et 72 heures d'incubation, sont lavés sous un courant d'eau froide, à la température ambiante. Ce premier lavage permet d'éliminer tous les débris provenant du rumen. Les sachets sont ensuite lavés à la machine pour une deuxième fois, séchés à l'étuve à 60°C pendant 48 h puis les résidus sont collectés dans des bocaux en plastique.

Deux répétitions par semaine ont été réalisées avec chaque aliment sur quatre moutons , soit six répétitions pour chaque temps d'incubation.

#### ***1.2.3.2.2. Analyses chimiques des résidus***

Suite à l'éclatement répété de plusieurs sachets au cours de l'incubation dans le rumen, les six répétitions prévues ont été modifiées aboutissant ainsi à la réalisation de 4 répétitions par aliment, par animal et par temps d'incubation : soit 128 échantillons sur lesquels des analyses de laboratoire portant sur la matière sèche et la matière organique ont été effectuées.

Par contre, la détermination de la cellulose brute a été faite sur 32 échantillons issus du regroupement des résidus par animal, par aliment et par temps d'incubation. Les méthodes d'analyse sont les mêmes que celles que nous avons utilisées précédemment.

#### **1.2.4. Analyses statistiques**

L'analyse statistique a été faite uniquement sur les résidus de dégradation des macrophytes du Lac de Guiers. Notre objectif est de mettre en évidence les facteurs de variation susceptibles d'influer sur la dégradabilité des macrophytes analysés afin de pouvoir les classer dans des groupes homogènes. Ainsi une analyse de la variance avec un dispositif en bloc a été utilisée. Ce dispositif comporte trois facteurs que sont l'aliment, le temps d'incubation et l'animal. Le facteur 1 (type aliment) présente 4 niveaux :

1. *Thypha australis*
2. *Phragmites australis*
3. *Pistia stratiotes*
4. *Potamogeton schweinfurthii*

Le facteur 2 (temps d'incubation) présente 2 niveaux ; l'incubation pendant 48 h et l'incubation pendant 72 h et le facteur 3 (type animal) présente 4 niveaux: mouton N°34, mouton N°38, mouton N°55 et mouton N°137 (tableau III).

**TABLEAU III : DISPOSITIF INITIAL DE L'ESSAI DE L'ANALYSE  
DE LA VARIANCE**

N° Facteur	Facteur	Nombre de niveaux	Niveaux	Codes
1	Aliment	4	<i>Typha australis</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Pistia stratiotes</i> <i>Potamogeton schweinfurthii</i>	AL 1 AL2 AL3 AL4
2	Temps d'incubation	2	48 heures 72 heures	48 h 72 h
3	Animal	4	Mouton N°34 Mouton N°38 Mouton N°55 Mouton N°173	M34 M38 M55 M137

A la suite de cet aperçu sur le matériel et les méthodes utilisés pour réaliser le travail expérimental, nous allons dans le chapitre suivant, exposer les principaux résultats.

## CHAPITRE II

# RESULTATS, DISCUSSION ET PERSPECTIVES

## II.1. RESULTATS

### II.1.1. Composition chimique des macrophytes du Lac de Guiers

#### II.1.1.1. Valeur moyenne des constituants organiques et minéraux des macrophytes du Lac de Guiers

La composition moyenne en constituants organiques et minéraux des macrophytes du Lac de Guiers figure au tableau IV.

##### II.1.1.1.1. *Teneur en humidité*

La teneur en humidité sur la plante fraîche est en général très élevée chez les 4 macrophytes étudiés. *Typha* est la plante la moins riche en eau ( $30,54 \pm 11 \%$ ) alors que *Potamogeton* possède la teneur en eau la plus élevée ( $48,4 \pm 5\%$ ). La teneur en eau des plantes semble en relation directe avec le niveau de leur immersion. Elle est plus faible chez les plantes émergées (*Thypha* et *Phragmites*), intermédiaire chez *Pistia* qui est une plante flottante et élevée chez *Potamogeton* qui est une plante submergée.

Chez les plantes émergées, il existe une forte variation de la teneur en eau (47 et 34 % respectivement), variation qui est plus faible chez les plantes flottantes et submergées.

##### II.1.1.1.2. *Teneur en matière organique et en matière minérale*

La teneur en matière organique est variable d'une plante à l'autre. Les plantes émergées ont plus de matière organique (plus de 70%) que les autres (autour de 50%).

Logiquement, elles ont moins de matière minérale (14,91 % pour *Typha*, 11,81 % pour *Phragmites*) que *Potamogeton* (34,94 %) et *Pistia* (37,39 %). La

richesse de Phragmites en matière minérale est surtout le résultat d'une contamination par du sable (8,6 % d'insoluble chlorhydrique).

Chez Pistia, bien que cette contamination soit également élevée, elle reste faible par rapport à la teneur globale en minéraux et témoigne chez certaines plantes aquatiques de l'existence d'un véritable phénomène de concentration des sels minéraux. Ces sels minéraux sont le calcium qui atteint 1,71 % chez Pistia et 1,65 % chez Potamogeton contre seulement 0,43 % et 0,95 % respectivement chez Phragmites et Typha. Ce sont également le phosphore qui est absent chez Typha mais qui atteint jusqu'à 1,73 chez Pistia.

#### **II.1.1.1.3. Matière protéique**

La teneur en matière protéique des plantes aquatiques du Lac de Guiers est relativement élevée ; elle dépasse 10 % chez Pistia. Des variations importantes existent surtout pour Phragmites et Potamogeton où des coefficients de variations respectifs 35 et 49 % ont été observés.

#### **II.1.1.1.4. Teneur en matière grasse**

Elle est moyenne chez Pistia (4,28 %) et Potamogeton (4,17 %) mais faible chez Typha (2,46 %) et Phragmites (3,9 %). Elle constitue le nutriment le plus variable avec des coefficients de variation allant de 32 à 81 %.

**TABLEAU IV : COMPOSITION MOYENNE EN CONSTITUANTS ORGANIQUES ET MIINERAUX  
DES MACROPHYTES DU LAC DE GUIERS**

Espèces	H		MS		MO		MAT		MG		MM		Ca		P		Ich	
	Moy.	CV(%)	Moy.	CV(%)	Moy.	CV(%)	Moy.	CV(%)	Moy.	CV(%)	Moy.	CV(%)	Moy.	CV(%)	Moy.	CV(%)	Moy.	CV(%)
<i>Typha australis</i>	30,54 ± 11	47	69,45 ± 11	21	84,33 ± 5	11	8,06 ± 1,25	21	2,46 ± 1	32	14,91 ± 3	32	0,95 ± 0,32	50	-	-	0,76 ± 1	90
<i>Phragmites australis</i>	41,09 ± 9	34	65,50 ± 8	19	79,58 ± 10	30	8,41 ± 2	35	3,9 ± 1,6	43	11,81 ± 5	61	0,43 ± 0,26	95	1,35 ± 0,17	14	8,61 ± 6	98
<i>Pistia stratiotes</i>	45,63 ± 63	19	54,36 ± 5	16	55,61 ± 3	17	10,72 ± 1	15	4,28 ± 2	53	37,39 ± 5	37	1,71 ± 0,2	19	1,73 ± 0,3	26	7,00 ± 3	53
<i>Potamogeton schweinfurthii</i>	48,44 ± 3	10	51,56 ± 3	9	61,52 ± 3	15	9,83 ± 3	49	4,17 ± 3	81	34,98 ± 1	9	1,65 ± 0,3	30	1,48 ± 0,16	16	3,50 ± 1,4	60

- H = humidité
- MS = matière sèche
- MO = matière organique
- MAT = matière azotée totale
- MG = matières grasses
- MM = matière minérale
- Ca = calcium
- P = phosphore
- Ich = insoluble chlorhydrique
- Moy = moyenne
- CV = coefficient de variation

### II.1.1.2. Valeur moyenne des constituants pariétaux des macrophytes du Lac de Guiers

Pistia et Potamogeton sont pauvres en cellulose mais riches en lignine (tableau V). L'examen de ce tableau montre que Typha et Phragmites sont des plantes à très forte teneur en cellulose et en NDF. La teneur en ADF est faible chez Pistia alors que celle en ADL est surtout élevée chez Potamogeton et chez Pistia.

**TABLEAU V : COMPOSITION MOYENNE EN CONSTITUANTS PARIETAUX DES MACROPHYTES  
DU LAC DE GUIERS**

Espèces	CB		NDF		ADF		ADL	
	Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)
<i>Typha australis</i>	45,49 ± 9	25	70,27 ± 3	5	39,96 ± 6	18	11,53 ± 2	18
<i>Phragmites australis</i>	37,12 ± 10	43	66,39 ± 6	13	39,74 ± 14	54	10,81 ± 4	52
<i>Pistia stratiotes</i>	19,02 ± 2	14	41,65 ± 4	14	34,57 ± 11	16	15,92 ± 9	29
<i>Potamogeton schweingurthii</i>	18,99 ± 2	16	45,07 ± 2	7	47,74 ± 5	15	16,14 ± 4	33

MS = matière sèche  
 CB = cellulose brute  
 NDF = neutral detergent fibre  
 ADF = acide detergent fibre  
 ADL = acide detergent lignine  
 Moy. = moyenne  
 CV = coefficient de variation

### II.1.2. Estimation de la valeur énergétique des macrophytes du Lac de Guiers

La valeur énergétique des macrophytes du Lac de Guiers peut être déterminée à partir de la formule suivante proposée par PARIGI BINI (1986), et généralement utilisée pour déterminer l'énergie des fourrages.

$$EB = 4531 + 1,735 \text{ MAT} \pm 38$$

où

EB = énergie brute (Kcal / kg MO)

MAT = matières azotées totales (g/kg MO)

MO = matière organique

Rapportée au Kcal / kg MS, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau VI.

**TABLEAU VI : VALEUR ENERGETIQUE DES MACROPHYTES  
DU LAC DE GUIERS**

Espèces	Energie brute (Kcal/kg MS)
<i>Typha australis</i>	3960,65 ± 38
<i>Phragmites australis</i>	3739,71 ± 38
<i>Pistia stratiotes</i>	2700,49 ± 38
<i>Potamogeton schweinfurthii</i>	2957,84 ± 38

Kcal = kilocalorie

KgMS = kilogramme de matière sèche

L'examen de ce tableau montre que les macrophytes étudiés ont une teneur en énergie élevée, ce qui pourrait faire d'eux des fourrages de valeur moyenne à élevée.

### II.1.3. Etude de la dégradabilité

Deux méthodes de dégradabilité ont été utilisées : la dégradabilité enzymatique et la dégradabilité « *in sacco* ».

#### II.1.3.1. Dégradabilité enzymatique de la matière organique

Elle a été étudiée uniquement pour le temps d'incubation 48 h. Les résultats de dégradabilité obtenus nous permettent de classer les aliments à partir de leur taux de dégradabilité (tableau VII).

Ainsi Potamogeton est la plante la plus dégradable (61,37 %). Elle est suivie de Pistia (60,71 %). Les plantes les moins dégradables sont Phragmites (36,74 %) et Typha (32,26 %).

**TABLEAU VII : ETABLISSEMENT DE GROUPES HOMOGENES  
SUIVANT LA DEGRADABILITE ENZYMATIQUE  
DE LA MATIERE ORGANIQUE APRES 48 H D'INCUBATION**

Aliment	DMOC (Moyenne)	Groupes homogènes
Potamogeton	61,37	A
Pistia	60,71	A
Phragmites	36,74	B
Typha	32,26	C

DMOC = dégradabilité enzymatique de la matière organique

### II.1.3.2. *Dégradabilité « in sacco »*

#### II.1.3.2.1. *Analyse de variance de la dégradabilité de la MS, MO et CB*

Les tableaux VIII, IX, et X présentent les résultats d'analyse de variance de la dégradabilité.

**TABLEAU VIII : ANALYSE DE VARIANCE DE LA DEGRADABILITE DE LA MATIERE SECHE**

	Somme des carrés des écarts	Degré de liberté	Carrés moyens	Test Fischer	Probabilité	Ecart type	Coefficient de variation
Variance totale	33324,84	125	266,60				
Variance du facteur 1	29660,12	3	9886,71	465,45	0,0000		
Variance du facteur 2	598,89	1	599,89	28,20	0,0000		
Variance du facteur 3	252,13	3	84,04	3,96	0,0107		
Variance de l'interaction F1 * F2	21,90	3	7,30	0,34	0,7965		
Variance de l'interaction F1 * F3	308,10	9	34,23	1,61	0,1230		
Variance de l'interaction F2 * 3	137,98	3	45,99	2,17	0,0961		
Variance de l'interaction F1 * F2 * F3	340,76	9	37,86	1,78	0,0818		
Variance des blocs	72,00	3	24,00	1,13	0,3415		
Variance résiduelle	1932,93	91	21,24			4,61	8,4 %

Facteur 1 = aliment

Facteur 2 = temps d'incubation

Facteur 3 = animal

**TABLEAU IX : ANALYSE DE VARIANCE DE LA DEGRADABILITE  
DE LA MATIERE ORGANIQUE**

	Somme des carrés des écarts	Degré de liberté	Carrés moyens	Test Fischer	Probabilité	Ecart type	Coefficient de variation
Variance totale	37643,53	125	301,15				
Variance du facteur 1	32797,96	3	10932,66	423,35	0,0000		
Variance du facteur 2	1035,15	1	1035,15	40,08	0,0000		
Variance du facteur 3	367,37	3	122,46	4,74	0,0042		
Variance de l'interaction F1 * F2	58,40	3	19,47	0,75	0,5261		
Variance de l'interaction F1 * F3	393,00	9	43,67	1,69	0,1020		
Variance de l'interaction F2 * 3	163,79	3	54,60	2,11	0,1024		
Variance de l'interaction F1*F2*F3		9	43,77	1,69	0,1011		
Variance des bloes	83,92	3	27,97	1,08	0,3609		
Variance résiduelle	2350,02	91	25,82			5,08	10,2 %

Facteur 1 = aliment

Facteur 2 = temps d'incubation

Facteur 3 = animal

**TABLEAU X : ANALYSE DE VARIANCE DE LA  
DEGRADABILITE DE LA CELLULOSE**

	Somme des carrés des écarts	Degré de liberté	Carrés moyens	Test Fischer	Probabilité	Écart type	Coefficient de variation
Variance totale	32199,51	125	257,60				
Variance du facteur 1	26454,25	3	8818,08	346,01	0,0000		
Variance du facteur 2	638,74	1	638,74	25,06	0,0000		
Variance du facteur 3	442,67	3	147,56	5,79	0,0013		
Variance de l'interaction F1 *F2	121,14	3	40,38	1,58	0,1971		
Variance de l'interaction F1 * F3	399,07	9	44,34	1,74	0,0907		
Variance de l'interaction F2 * 3	348,54	3	116,18	4,56	0,0052		
Variance de l'interaction F1*F2*F3	1319,50	9	146,61	5,75	0,0000		
Variance des blocs	156,47	3	52,16	2,05	0,1113		
Variance résiduelle	2319,13	91	25,48			5,05	10,2 %

Facteur 1 = aliment

Facteur 2 = temps d'incubation

Facteur 3 = animal

Il ressort de ces différents tableaux que :

- les 4 macrophytes diffèrent très significativement ( $P < 0,0000$ ) au plan de la dégradabilité de la matière sèche, de la matière organique et de la cellulose ;

- des différences hautement significatives ( $P < 0,000$ ) existent entre les deux temps d'incubation pour les 4 aliments ;

- le test concernant le comportement des animaux est significatif pour la matière sèche ( $P < 0,0107$ ), très hautement significatif ( $P < 0,0042$ ) pour la matière organique et pour la cellulose ( $P < 0,0013$ ). L'établissement des groupements homogènes, en utilisant comme facteur de variation, le facteur animal, donne les résultats suivants (tableau XI).

**TABLEAU XI : ETABLISSEMENT DE GROUPES HOMOGENES  
SUIVANT LE FACTEUR ANIMAL**

	MS	MO	CB
Animal N°55	A	A	A
Animal N°137	B	B	B
Animal N°38	B	B	B
Animal N°34	B	B	B

MS = matière sèche

MO = matière organique

CB = cellulose brute

L'animal N°55 a un comportement différent des autres, tant pour la dégradabilité de la matière sèche, de la matière organique que de la cellulose, ce qui explique la signification de ce facteur et de celle de certaines

interactions. La suppression de l'animal N°55 a permis de ne considérer que les facteurs 1 et 2 et leur interaction.

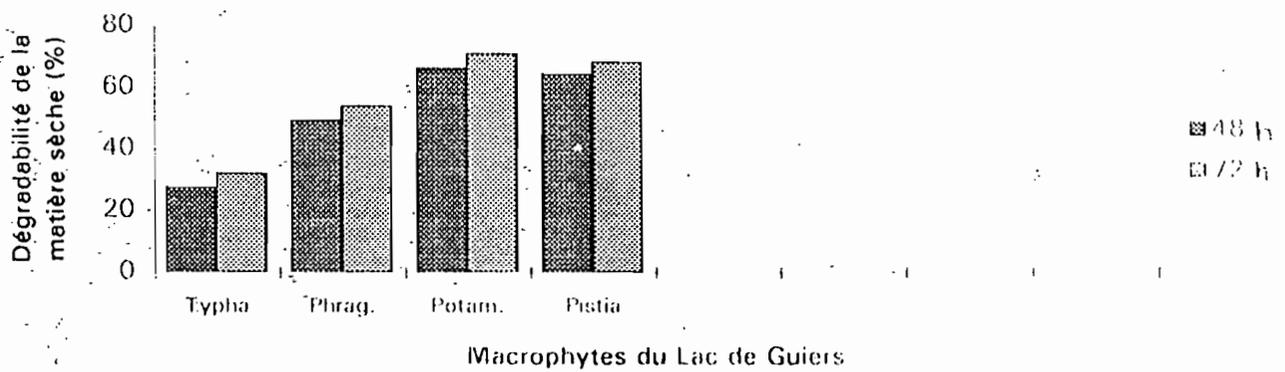
#### II.1.3.2.2. Dégradabilité « in sacco » de la matière sèche

Le test de Newman-Keuls au seuil 5 % montre que les 4 aliments présentent des dégradabilités très différentes (tableau XII). En effet, au terme de 48 heures d'incubation dans le rumen, Potamogeton a été le plus dégradé (66,49 %) et Typha, le moins dégradé (27,44 %). Entre 48 h et 72 h d'incubation, la dégradabilité ne s'est améliorée de 7 % chez Potamogeton, 6 % chez Pistia, 9 % chez Phragmites et 17 % chez Typha (figure 11).

**TABLEAU XII : ETABLISSEMENT DE GROUPES HOMOGENES SUIVANT LA DEGRADABILITE DE LA MATIERE SECHE APRES 48 HEURES D'INCUBATION**

Aliments	Moyenne	Groupes Homogènes
Potamogeton	66,49	A
Pistia	64,48	A
Phragmites	49,41	B
Typha	27,44	C

Figure 11: Dégradabilité de la matière sèche aux temps 48 et 72 heures



### H.1.3.2.3. Dégradabilité « in sacco » de la matière organique

Comme dans le cas précédent, le test de Newman-Keuls au seuil 5 %, montre que les 4 aliments présentent des dégradabilités différentes (tableau XIII).

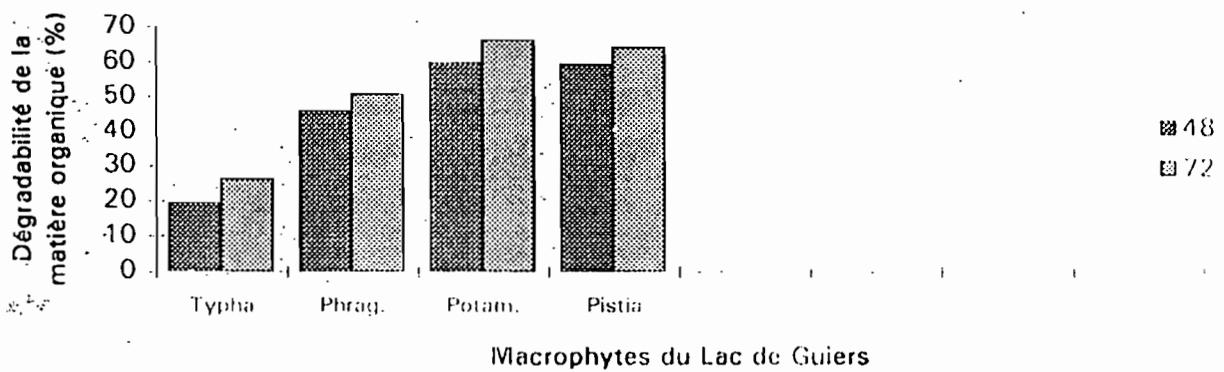
**TABLEAU XIII : ETABLISSEMENT DE GROUPES HOMOGENES SUIVANT LA DEGRADABILITE DE LA MATIERE ORGANIQUE APRES 48 H D'INCUBATION**

Aliments	Moyenne	Groupes homogènes
<i>Potamogeton</i>	59,74	A
<i>Pistia</i>	59,42	A
<i>Phragmites</i>	45,92	B
<i>Typha</i>	19,35	C

La dégradabilité à 48 heures de *Potamogeton* et de *Pistia* ne diffèrent pratiquement pas, alors qu'elle diffère de celle de *Typha* et de *Phragmites*. Au bout de 72 heures, elle atteint respectivement 66,40 %, 64,08 %, 50,81 % et 26,2 % (figure 12).

Le dispositif utilisé n'a pas permis d'étudier la relation entre la dégradabilité enzymatique de réalisation simple et la dégradabilité « in sacco » de la matière organique. En se référant aux moyennes, on note la nette supériorité à 48 heures de la méthode enzymatique sur la méthode « in sacco ».

Figure 12: Dégradabilité de la matière organique aux temps 48 et 72 heures



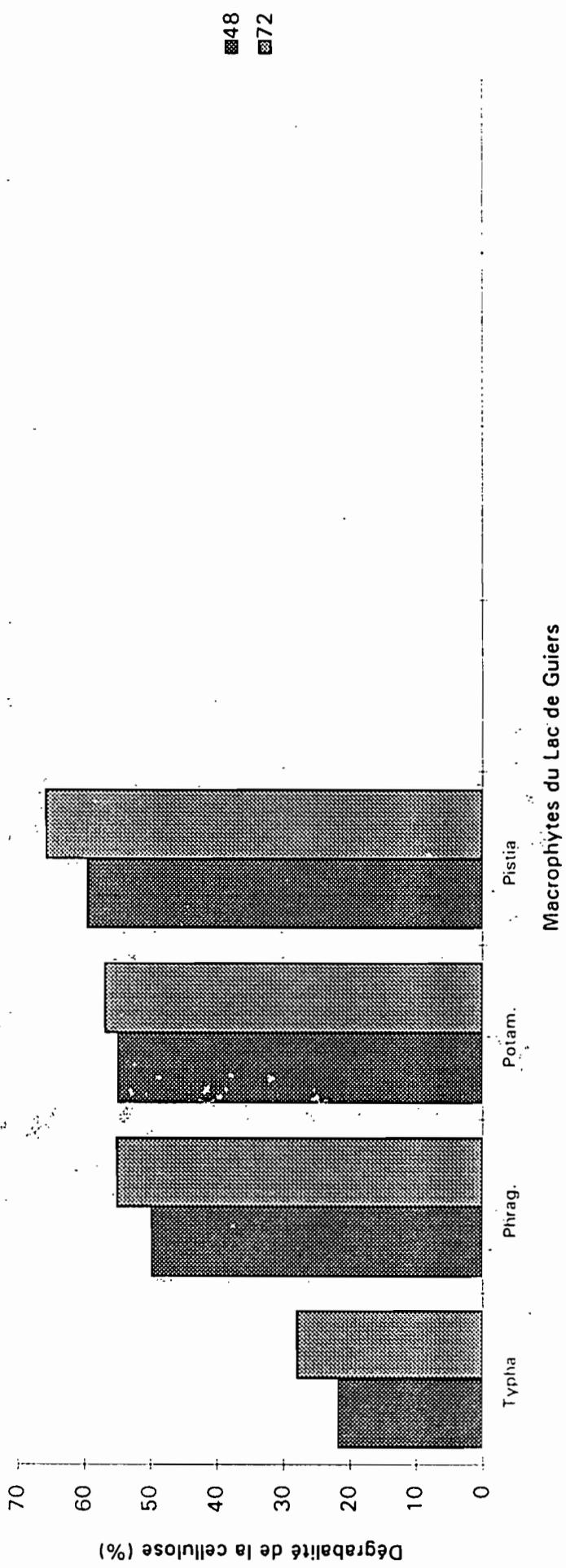
#### II.1.3.2.4. Dégradabilité « in sacco » de la cellulose

Le test de Newman-Keuls, au seuil 5 %, montre que les 4 aliments présentent des dégradabilités très différentes (tableau XIV ). La cellulose a été mieux dégradée chez Pistia avec un taux de 59,5 %, contrairement aux cas précédents, et Typha, le moins dégradé (21,67). Entre les deux temps d'incubation, la dégradabilité de Potamogeton ne s'est améliorée que de 3 %, celle de Typha de 30 %, alors que Phragmites et Potamogeton ont connu 11 et 10 % de dégradabilité supplémentaire (figure 13).

**TABLEAU XIV : ETABLISSEMENT DE GROUPES HOMOGENES  
SUIVANT LA DEGRADABILITE DE LA CELLULOSE  
APRES 48 H D'INCUBATION**

Aliments	Moyenne	Groupes homogènes
Pistia	59,53	A
Potamogeton	54,86	B
Phragmites	49,80	C
Typha	21,67	D

Figure 13: Dégradabilité de la cellulose aux temps 48 et 72 heures



## II.2. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

### II.2.1. Discussion

#### II.2.1.1. Composition chimique des macrophytes du Lac de Guiers

Nos résultats montrent que les macrophytes du Lac de Guiers sont des plantes riches en eaux, et conformément aux résultats rapportés par **BERGER** et al. (1991).

Des fortes variations observées chez *Typha* et *Phragmites* pourraient s'expliquer par le lieu de prélèvement des plantes ; les plantes excentrées étant moins humides que celles directement en contact avec l'eau. Elles pourraient aussi être la conséquence de différence dans le stade d'évolution des plantes prélevées.

Cette forte teneur en eau pose le problème de leur conservation. Leur utilisation éventuelle en alimentation animale peut se faire à l'état frais ou à défaut sous forme ensilée ou séchée. Ce dernier procédé de conservation, outre sa simplicité pourrait avoir un effet favorable sur la qualité sanitaire des macrophytes grâce à la destruction des gastéropodes, potentiels vecteurs de la schistosomiase.

La composition minérale obtenue dans la présente étude est proche de celle de **BOYD** et **WICKERS** (1971) qui, chez *Eichhornia crassipes*, ont obtenu une teneur en phosphore de 1,02 %. La forte teneur<sup>en</sup> matière minérale est le résultat, chez certaines plantes, comme *Phragmites*, d'une contamination par du sable. Un prélèvement plus précautionneux, ou un lavage juste après prélèvement devrait permettre de réduire la contamination de ces plantes et améliorer leur valeur alimentaire.

Chez les autres, elle est le résultat d'une richesse intrinsèque en éléments minéraux.

Le fait que les plantes immergées soit les plus riches, confirme bien le phénomène de concentration en certains minéraux, rapportés chez certains macrophytes (**BERGER** et al., 1991).

La teneur en calcium (1,73) obtenue chez nos macrophytes est proche de la teneur moyenne de cet élément obtenue par **THIAM** et al. (1993) (2,12 et 1,35 %). Mais celle en phosphore (1,76 %) est plus élevée que les résultats de

ce même auteur (0,16 et 0,14 %) sur les feuilles et racines de la même plante et sur le même site.

Ces données, ajoutées aux forts coefficients de variation qui accompagnent nos résultats, témoignent de la forte variabilité spaciale et temporelle de la composition. Cette richesse en phosphore et calcium pourrait faire des macrophytes du Lac de Guiers de bonnes sources de complémentation minérale chez la vache laitière et chez la poule pondeuse.

#### II.2.1.2. Teneur en énergie et dégradabilité

La teneur en énergie observée dans la présente étude est élevée. L'estimation de la teneur en énergie brute de la paille de brousse (aliment très grossier) et de la fane d'arachide (bon foin) proposé par **BA (1997)** donne les résultats respectifs suivants : 3874,2 Kcal/kg MS et 3891,7 Kcal/kg MS.

Mise à part Pistia et Potamogeton, les autres macrophytes du Lac de Guiers ont une teneur en énergie brute comparable ou supérieure à celle obtenue par **BA (1997)** sur la paille de brousse et sur la fane d'arachide. Selon cet auteur, la dégradabilité respective de la MO de ces deux aliments après 48 heures d'incubation est de 37,2 p.100 pour la paille de brousse et de 66,47 p.100 pour les fanes d'arachide.

A l'exception de Typha, la dégradabilité de la matière organique est meilleure que celle de la paille de brousse et même proche des fanes d'arachide. Cette comparaison montre que les macrophytes du Lac de Guiers ont une valeur si non supérieure ou moins égale à celle de la paille de brousse dont la disparition en fin de saison sèche froide, est la principale cause de diminution de la productivité du cheptel.

La meilleure dégradabilité de la matière organique obtenue chez Pistia et Potamogeton qui ont les plus fortes teneurs en ADL, est contraire aux résultats bibliographiques. En effet, il est bien connu que la digestibilité, et par voie de conséquence la dégradabilité « in sacco » qui en est une simulation, diminue avec la teneur en lignine.

Toutefois, selon **DEMARQUILLY et JARRIGE (1981)**, il faut nuancer le rôle de ce constituant pariétal, en fonction de la famille, de l'espèce et du cycle.

C'est ainsi qu'à teneur égale de lignine, les graminés qui ont une lignine plus condensée, sont moins dégradables que les légumineuses. Les macrophytes, du point de vue de leur dégradabilité, ne semblent pas se comporter comme les

autres fourrages. Les résultats déjà disponibles n'étant donc pas directement transférables à ces nouveaux « fourrages », une étude plus approfondie des facteurs de variation de la dégradabilité est un passage obligé vers l'utilisation en alimentation animale de ces macrophytes.

### **II.2.2. Perspectives**

Au Sénégal, comme dans les autres pays du Sahel, le pâturage très verdoyant à la fin de l'hivernage jaunit puis disparaît progressivement, pour ne laisser en fin de saison sèche froide que des sols dénudés, où les bovins et ruminants, faute de nourriture, paient souvent un lourd tribut. Les zones humides qui restent des pôles permanents et importants de production de biomasse peuvent aider à réduire la pénurie alimentaire à laquelle le bétail est confronté, surtout pendant les 2 à 3 mois précédant l'hivernage. Mais cela passe par :

- une meilleure connaissance de la valeur nutritive. En effet, cette étude constitue une première étape dans un nouveau domaine de recherche qui mérite d'être complétée, notamment par l'étude des facteurs de variation de la dégradabilité.

Des essais de digestibilité et de consommation volontaire doivent également être entrepris ;

- l'effet de l'utilisation des macrophytes sur la productivité du bétail.

Il s'agira, à travers différents essais, d'étudier les performances de croissance, de reproduction et de production laitière, dues aux plantes aquatiques. Dans ce volet, la toxicité éventuelle, les risques sanitaires (Schistosomose) liés à ces plantes doivent être pris en compte.

## CONCLUSION GENERALE

Les Pays du Sahel, en général, le Sénégal, en particulier, sont des zones traditionnelles d'élevage en Afrique de l'Ouest. L'importance numérique du cheptel et la parfaite maîtrise des pratiques pastorales en font des sources d'approvisionnement en viande et produits carnés de bien des pays de la sous-région. Mais les cycles de sécheresse des années 70 et 80 ont durement éprouvé ces systèmes de production confrontés à une raréfaction croissante du disponible fourrager. C'est ainsi qu'une étude récente de la CFD (1996) a montré que les pays sahéliens, aujourd'hui exportateurs de viande seraient importateurs en l'an 2010.

Au Sénégal, les zones humides peuvent contribuer à réduire le déficit fourrager, à travers leur forte production de biomasse et la persistance de celle-ci pendant la saison sèche.

C'est dans ce cadre que cette étude portant sur la valeur nutritive des macrophytes du Lac de Guiers, a été entreprise.

Elle a porté sur 4 espèces, à savoir *Typha australis*, *Phragmites australis*, *Pistia stratiotes* et *Potamogeton schweinfurthii*, prélevées à différents endroits du lac.

La composition chimique de ces macrophytes a été déterminée par les techniques d'analyse bromatologique classique. La dégradabilité a été étudiée par la méthode enzymatique et la méthode « in sacco » sur 4 moutons Peul-peul adultes.

Il ressort de ces travaux que :

- la teneur en constituants organiques est élevée et celle en constituants minéraux variable, et élevée chez les plantes submergées .

- les taux de dégradabilité pour la matière sèche et la matière organique sont respectivement (69,16 %, 66,54 %, 53,85 %, 30,70 %) et (63,79 %, 61,90 %, 50,14 %, 23,67 %) chez Potamogeton, Pistia, Phragmites et Typha.

- les taux de dégradabilité pour la matière sèche et la matière organique sont respectivement (69,16 %, 66,54 %, 53,85 %, 30,70 %) et (63,79 %, 61,90 %, 50,14 %, 23,67 %) chez Potamogeton, Pistia, Phragmites et Typha. Pour la cellulose brute, nous avons obtenu un taux de dégradabilité de 63,32 % chez Pistia, 56,81 % chez Potamogeton, 54,01 % chez Phragmites et 25,77 % chez Typha.

- la teneur en énergie, bien que moyenne chez Pistia et Potamogeton, reste supérieure ou égale à celle de la paille de brousse, principal aliment de base de la ration des ruminants au Sénégal.

L'utilisation des macrophytes en alimentation animale peut être envisagée, sous réserve :

- d'une meilleure connaissance de la dégradabilité et de la digestibilité,
- de l'étude de leur consommation volontaire et de leur facteur de variation,
- d'une bonne appréhension de l'effet de l'ingestion de ces plantes sur les performances et la santé des animaux.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **AGENCE POUR LA SECURITE DE LA NAVIGATION AERIEENNE (ASECNA) (1997)**  
Données climatologiques de la zone du lac de Guiers  
*Dakar : ASECNA..- pag. mult.*
2. **AUFRERE J. ; CARTAILLER D. (1988)**  
Mise au point d'une méthode de laboratoire de prévision de la dégradabilité des protéines alimentaires des aliments concentrés dans le rumen.  
*Ann. Zootech., 37(4) : 255-270.*
3. **BA Y. (1997)**  
Cont ribution à l'étude de la dégradabilité par la méthode « in sacco » des principales sources de fibres disponibles au Sénégal chez le Zébu de race Gobra.  
*Mémoire : Agronomie : Thiès (ENSA) : 74 p.*
4. **BERGER P. ; CASSAGNES E. (1991)**  
Utilisation des plantes aquatiques.  
Laboratoires associés de recherches agricoles.  
*Toulouse.- pag. mult.*
5. **BOYD C.E. ET VICKERS D.H. (1971)**  
Variation in the Elemental Content of *Eichornia crassipes*.  
*Hydrobiologia, 38 ; 409 p.*
6. **BUREAU DE LA RECHERCHE GEOLOGIQUE ET MINIERE (1967)**  
Notice explicative de la carte géologique du Sénégal au 1/200000e.  
Etude réalisée par le BRGM pour le compte du Gouvernement du Sénégal - Direction des Mines et de la Géologie (Ministère du Commerce, de l'Industrie et de l'Artisanat)  
*Dakar : BRGM*
7. **CAISSE FRANCAISE DE DEVELOPPEMENT (1996)**  
La relance du secteur élevage dans les pays de la zone franc après la dévaluation.  
Ministère de la Coopération  
*Paris.- 107 p.*
8. **CARRE B. (1985)**  
Les Parois végétales, significations chimique et nutritionnelle chez les volailles. (13-25). In : Compte-rendu Conférence avicole WPSA - SIMAVIP SEMAVIP., Paris 18 octobre 1985.  
*Cahier n°1 : Valeur énergétique et qualité des aliments.*

9. **CHENOST M. ; GRENET E. ; DEMARQUILLY C. ; JARRIGE R. (1982)**  
The use of nylon bag technique for study of forage digestion in the rumen and for predicting feed value. (697-701).  
In : Proceeding of 11th International-Grossland-Congress.
  
10. **COGELS F.X. ET GAC J.Y. (1982)**  
Le lac de Guiers. Bilans hydriques et évaporation d'une nappe d'eau libre en zone sahalienne (Sénégal)  
*Cahier ORSTOM, Série Géologie, XII.- (1) : 21-43.*
  
11. **COGELS F.X. ; GAC J.Y. ; APPAY J.L. . EVORA N. ; LABROUSSE B. (1990)**  
Fonctionnement et bilans hydrologiques du lac de Guiers de 1976 à 1989.  
*Dakar :ORSTOM : 60 p.*
  
12. **DEMARQUILLY C., JARRIGE R. (1981)**  
Panorama des méthodes de prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages.  
In : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants.  
*Paris : INRA .-*
  
13. **ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR ET L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (FAO) (1985)**  
Better utilization of crop residues and by products in animal feeding : research guide lines. 1 state of Knowledge and health paper.  
*Rome : FAO.- 213 p.*
  
14. **GROSMAIRE G. (1957)**  
Eléments de politique sylvo-pastorale au Sahel sénégalais.  
Gouvernement du Sénégal - Saint-Louis : Inspection forestière du Fleuve - Service des Eaux et Forêts - 10 Fascicules.  
*Saint-Louis.- 56 p.*
  
15. **GUIRAL D. (1993)**  
Situation, étude et contrôle des végétations aquatiques dans le parc national du Djoudj.- Montpellier.  
*Paris :ORSTOM.- 33 p.*
  
16. **INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX (IEMVT) (1971)**  
Valorisation du cheptel bovin en zone sylvopastorale de la République du Sénégal.  
*Maisons-Alfort : IEMVT.- (580 p.).*

17. **JAMIN Y.J. (1986)**  
La double culture du riz dans la vallée du fleuve Sénégal : mythe ou réalité ?  
*Cah. Rech. Déve.*, (12) : 581-593.
18. **JARRIGE R. ; THIVEND, P. (1969)**  
Action d'une cellulose fongique sur les membranes et son intérêt pour prévoir la digestibilité des plantes fourragères.  
*Ann. Biol.- Anim.*, 9 : 171-190.
19. **JOHNSON R.R. (1969)**  
The development and application of in vitro rumen fermentation methods for forage evaluation (205-213).  
In : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants.  
Paris : INRA.- 471 p.
20. **LEMEE A. (1934)**  
Dictionnaire descriptif et synonymique des genres de plantes phanérogames.  
*Rest. Tomé V.*- 525 p.
21. **LEROUX M. (1973)**  
La Dynamique des précipitations au Sénégal.  
*Notes Africaines, (Université de Dakar) (140) : 105-108.*
22. **LOWEREY R.S. (1969)**  
The nylon bag technique for the estimation of forage quality. Proc. Nat. Conf. on Forage Quality (109-111).  
In Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants.  
Paris : INRA.- 471 p.
23. **MBENGUE A. (1981)**  
Populations et utilisations actuelles de l'espace dans la région du lac de Guiers.  
*Mémoire de DEA. : Dakar (ISE).*- 139 p.
24. **Mc LEOD M.N. ; MINSON D.J. (1972)**  
The effect of method of determination of acid detergent fiber on its relationship with the digestibility of grass.  
In : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants.  
Paris : INRA.- 471 p.
25. **MORAL P. (1970)**  
Le Climat du Sénégal. Dossiers Pédagogiques Documentaires de l'Ecole Normale Supérieure.  
Dakar : ENS.- 14 p. mult.
26. **MORAL P (1965)**  
Le climat du Sénégal.  
*Revue de géographie de l'Afrique Occidentale n° 1, 2, 3 : Dakar.*- 14 p multi.

27. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1976)  
Making Aquatic Weeds Useful : Some perspectives for developing countries.-  
*Washington D.C.*- 171 p.
28. NOCEK J.E. (1988)  
In Situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility :  
a review.  
*J. Dairy Sci.*, 71 (8) : 2051-2069.
29. ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL  
(OMVS) (1980)  
Etude socio-économique du bassin du Fleuve Sénégal.  
*Saint-Louis :OMVS.*- 6 tomes.
30. PARIGI BINI R., 1986  
Les Bases de l'alimentation animale.  
*Pise :Université de Pise.*- 292 p.
31. QUINN J.I. ; WANDER WATH J.G. ; MYBURGHS (1938)  
Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. IV. Description of  
experimental technique.  
*Onderstepoort, J. Vet. Sci. and Animal Ind.*, 11 : 341-387.
32. RAYNAL-ROQUES, A. (1980)  
Les Plantes aquatiques. (63-152)  
*In* : Flore et Faune aquatique de l'Afrique Sahélo-Soudanienne. Tome 1.  
*Paris : Eds ORSTOM. (Collection Initiations - Documentation technique, 44).*
33. RICHARD D. (1989)  
Intérêt de la connaissance de la composition chimique des fourrages. Choix des  
analyses en fonction des objectifs.  
*Maisons Alfort : IEMVT.*- 820 p.- (*Etudes et synthèses de l'IEMVT ; 30*).
34. SALL A. (1977)  
Eléments pour un programme d'intervention dans le milieu pastoral Nord-Ferlo  
(Sénégal).  
*Dakar : Secrétariat d'Etat à la Promotion Humaine ; ENDA ; Genève : Union  
Internationale pour la Protection de l'Enfance.*-480 p.
35. SAUVANT D. (1988)  
Composition et analyse des aliments. (305-313).  
*In* : JARRIGE R. Ed. Alimentation des bovins, ovins et caprins.  
*Paris : INRA.*- 471 p.
36. SENEGAL (1988)  
Plan d'Action pour l'élevage.  
Ministère chargée des ressources animales.- 74 p.

37. THIAM A. et al. (1995)  
Macrophytes aquatiques du lac de Guiers et groupements végétaux aquatiques de la basse Vallée du Ferlo. Echanges hydrologiques entre les eaux du lac de Guiers et la nappe alluviale superficielle sousjacente.  
*Rapport Projet - ISE/FUL, Dakar : Université Cheikh Anta Diop/ISE .- 73 p.*
38. THIAM A ; NDIAYE R. ; WATTAR A.M. (1993)  
Macrophytes aquatiques et zooplancton du lac de Guiers (Sénégal).  
*Rapport Projet - ISE/FUL, Dakar : Université Cheikh Anta Diop/ISE .- 53 p.*
39. TILLEY J.M.A. ; TERRY R.A. (1963)  
A two stage technique for the in vitro digestion of forage corps.  
*J. Br. Grassland Soc., 18 : 104-111.*
40. TOURRAND J.F. (1993)  
L'Élevage dans la révolution agricole au Waalo. Ruptures et continuité.  
*Thèse Agronomie : Université - Paris XII Val de Marne, Créteil.- 416 p.*
41. TROCHAIN J. (1956)  
Le Problème de la pullulation des Typha dans le Lac de Guiers.  
*Rapport préliminaire de mission botanique au Sénégal. Montpléllier.- 74 p.*
42. VAN SOEST P.J. ; MERTENS D.R. (1977)  
Analytical parameters as guides to forages quality. (50-52)  
*In : Proceeding meeting of animal production from temperate grasslands.- Dublin : Ed B. Gilsman.*
43. VERITE R. ET PEYRAUD J.L. (1988)  
Nutrition azotée. (75-88)  
*In : Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris : INRA.- 471 p.*
44. ZIEBE R. (1996)  
Étude des systèmes d'élevage et de la productivité des petits ruminants en milieu traditionnel dans la zone sylvopastorale (Linguère, Sénégal).  
*Thèse : Méd. Vét.- Dakar ; 21.*
45. ZOURE G.M. ; HONORAT (1991)  
Les Tourteaux de coton.  
Composition - Valeur alimentaire. Dégradabilité des matières azotées.  
*Paris : INRA-INAPG ; Maisons-Alfort : IEMVT .- 203 p.*

# ANNEXES

**COMPOSITION CHIMIQUE DES MACROPHYTES AQUATIQUES DU LAC DE GUIERS  
(EN P.100 MS)**

**1. Pistia stratiotes**

N°	Echantillon	%H	% MS	% MO	%MM	% MAT	% MG	% CB Weende	% Ca	% P	% Ich	% NDF	% ADF	% ADL
1	Pist. (Ngnitt)	30,56	69,44	36,3	33,14	11,78	7,24	17,28	1,58	2,08	11,9	38,88	30,68	13,39
2	Pist (Nder)	40,80	59,20	24,86	34,34	8,58	-	16,28	1,51	1,91	-	38,23	-	-
3	Pist. (Mbane)	41,14	58,86	33,61	25,25	12,54	-	14,60	1,78	1,34	-	42,52	32,92	11,85
4	Pist (Taouey)	49,83	50,17	25,01	25,16	9,03	-	-	1,99	1,37	-	-	-	-
5	Pist (Teuss)	42,82	57,18	27,18	30,00	11,19	-	15,99	1,50	2,49	8,09	-	-	-
6	Pist. (Keur Momar Sarr)	52,53	47,47	21,04	26,43	11,8	-	18,92	1,60	1,78	12,50	45,51	27,68	18,44
7	Pist. (Guidick)	41,67	58,33	32,05	26,28	13,13	-	18,92	1,06	8,50	-	-	-	-
8	Pist (Anse de Keur Momar Sarr)	51,56	48,35	27,48	20,87	10,58	2,50	23,68	2,14	-	0,36	43,06	32,52	18,12
9	Pist. (Diaménar)	40,13	59,87	32,67	27,20	11,71	-	20,96	1,71	-	-	46,52	36,08	10,61
10	Pist. (Sier)	59,11	40,89	36,81	4,08	10,97	2,32	23,52	1,95	-	4,66	44,95	45,61	24,25
11	Pist. (Malla)	58,64	41,36	32,01	9,35	9,35	3,16	19,50	1,42	-	-	40,57	36,55	14,81
12	Pist. (Digue de Keur Momar Sarr)	38,79	61,21	33,81	27,40	8,09	6,22	19,50	2,28	1,18	-	34,61	-	-
Moyenne		45,63	54,36	30,23	24,12	10,72	4,28	19,02	1,71	1,73	7,00	41,65	34,57	15,92
Ecart Type		8,65	8,65	5,03	8,97	1,61	2,28	2,72	0,33	0,46	3,72	5,85	5,73	4,70
Minimum		30,56	48,89	21,04	4,08	8,09	2,32	14,60	1,06	1,18	0,36	34,61	27,68	10,61
Maximum		59,11	69,44	36,81	34,34	13,13	7,24	23,68	2,98	2,49	12,5	46,52	45,61	24,25
Cofficient de Variation		19	16	17	37	15	53	14	19	26	53	14	16	29

H = humidité  
MS = matière sèche  
MO = matière organique  
MM = matière minérale  
MAT = matière azotée totale

MG = matière grasse  
CB = cellulose brute de Weende  
Ca = calcium  
P = phosphore  
Ich = insoluble chlorhydrique

NDF = neutral detergent fiber  
ADF = acid detergent fiber  
ADL = acid detergent lignin

**COMPOSITION CHIMIQUE DES MACROPHYTES AQUATIQUES DU LAC DE GUIERS  
(EN P. 100 MS)**

**2. *Potamogeton Schweinfurthii***

N°	Echantillon	%H	% MS	% MO	%MM	% MAT	% MG	% CB Weende	% Ca	% P	% Ich	% NDF	% ADF	% ADL
13	Pg. ((Diallang)	46,14	53,86	31,78	22,08	19,74	2,35	18,69	2,99	1,64	4,29	47,12	59,68	27,80
14	Pg. Foss)	43,45	56,55	33,75	22,80	10,31	4,11	19,33	1,45	1,24	1,38	42,68	45,44	17,51
15	Pg (Nord Nder)	54,45	54,55	24,68	20,87	9,20	-	15,48	11,97	1,05	-	44,51	39,63	10,81
16	Pg (Nder)	52,73	47,27	28,42	18,85	11,62	-	16,80	1,36	1,55	5,70	-	-	-
17	Pg (Mbane)	44,03	55,97	38,33	17,64	8,22	10,75	19,36	1,38	1,39	4,12	48,08	44,17	15,28
18	Pg (Taouey)	54,11	45,89	25,92	19,97	9,36	1,21	15,35	1,19	1,55	-	45,27	-	-
19	Pg (Teuss)	47,56	52,44	32,43	21,01	11,4	-	20,03	1,94	1,82	5,26	41,05	47,93	12,93
20	Pg (NG ith)	53,34	46,56	27,74	18,82	9,35	-	18,39	1,54	-	0,47	41,21	52,28	15,65
21	Pg (Guidick)	46,67	53,33	33,53	19,80	12,56	-	20,97	1,47	-	6,05	51,60	51,60	17,39
22	Pg (Malla)	49,82	50,18	33,3	16,88	11,73	3,40	18,17	1,62	-	1,00	44,68	44,68	11,76
23	Pg (Sier)	40,34	59,56	40,08	19,58	13,69	5,60	26,39	1,30	1,66	3,24	44,50	44,50	-
Moyenne		48,44	51,56	31,72	19,84	9,83	6,06	18,99	1,65	1,48	3,50	45,07	47,74	16,14
Ecart Type		4,72	4,80	4,85	1,85	4,82	4,32	3,06	0,50	0,23	2,10	3,22	7,09	5,32
Minimum		40,34	45,55	27,74	17,64	8,22	1,21	15,35	1,19	1,05	0,47	41,21	39,63	10,81
Maximum		54,45	59,56	40,08	22,80	13,69	10,75	26,39	2,99	1,82	5,70	51,60	59,68	27,80
Coefficient de Variation		10	9	15	9	49	71	16	30	16	60	7	15	33

H = humidité  
 MS = matière sèche  
 MO = matière organique  
 MM = matière minérale  
 MAT = matière azotée totale

MG = matière grasse  
 CB = cellulose brute de Weende  
 Ca = calcium  
 P = phosphore  
 Ich = insoluble chlorhydrique

NDF = neutral detergent fiber  
 ADF = acid detergent fiber  
 ADL = acid detergent lignin

**COMPOSITION CHIMIQUE DES MACROPHYTES AQUATIQUES DU LAC DE GUIERS  
(EN P.100 DE MS)**

**3. *Phragmites australis***

N°	Echantillon	%H	% MS	% MO	%MM	% MAT	% MG	% CB Weende	% Ca.	% P	% Ich	% NDF	% ADF	% ADL
24	Phrag. (Ngvith)	38,35	61,65	12,1	49,55	9,39	-	32,64	0,29	1,17	8,45	72,42	39,92	7,28
25	Phrag. (Foss)	44,96	55,04	14,18	40,24	8,99	-	31,25	0,45	1,59	9,95	68,39	35,74	6,34
26	Phrag. (Taouey)	43,12	56,88	8,6	48,28	4,56	4,16	39,56	0,18	1,16	2,45	73,03	39,34	10,69
27	Phrag. (Keur Momar Sarr)	31,06	68,94	31,28	37,66	5,67	1,18	30,81	0,96	1,30	7,99	64,93	30,44	6,62
28	Phrag. (Guidick)	18,86	81,14	9,96	71,18	7,55	3,62	60,01	0,21	-	5,22	72,46	38,86	7,42
29	Phrag (Anse de Keur Momar Sarr)	37,25	62,75	22,9	39,85	8,29	-	23,73	1,64	-	-	46,03	54,04	22,48
30	Phrag. (Diamenar)	38,83	61,17	8,86	57,31	14,72	16,77	24,60	0,31	-	-	67,67	41,47	15,65
31	Phrag. (Sier)	51,22	48,78	11,87	36,91	5,42	-	31,49	0,35	-	9,72	66,19	38,13	10,01
32	Phrag. (Digue de Keur Momar Sarr)	73,38	92,62	8,81	83,81	10,27	5,44	68,10	0,22	-	3,38	-	-	-
33	Phrag. (Malla)	33,94	66,06	7,69	58,37	9,29	5,00	39,08	0,23	1,56	2,62	-	-	-
Moyenne		41,09	65,50	13,62	52,31	8,41	8,28	37,12	0,43	1,35	8,61	66,39	39,74	10,81
Ecart Type		14,28	12,89	8,12	15,59	2,93	5,65	16,00	0,41	0,19	8,47	8,77	21,51	5,62
Minimum		18,86	48,78	7,69	37,66	4,56	1,18	23,73	0,18	1,16	2,45	46,03	30,44	6,34
Maximum		73,38	92,62	31,28	71,18	14,27	16,77	68,10	1,64	1,59	9,95	73,03	54,04	22,48
Cofficient de Variation		34	19	61	30	35	68	43	95	14	98	13	54	52

H = humidité  
MS = matière sèche  
MO = matière organique  
MM = matière minérale  
MAT = matière azotée totale

MG = matière grasse  
CB = cellulose brute de Weende  
Ca = calcium  
P = phosphore  
Ich = insoluble chlorhydrique

NDF = neutral detergent fiber  
ADF = acid detergent fiber  
ADL = acid detergent lignin

**COMPOSITION CHIMIQUE DES MACROPHYTES AQUATIQUES DU LAC DE GUIERS  
(EN P.100 MS)**

**4. *Typha australis***

N°	Echantillon	°H	% MS	% MO	%MM	% MAT	% MG	% CB Weende	% Ca	% P	% Ich	% NDF	% ADF	% ADL
34	Typha (Mbane)	36,37	63,63	46,00	17,63	10,07	2,71	33,22	1,21	-	1,95	66,68	32,37	11,50
35	Typha (NCrith)	19,33	80,67	71,67	9,00	5,39	-	66,28	1,16	-	0,77	72,89	46,24	9,52
36	Typha (Anse de Keur Momar Sarr)	47,67	52,33	43,62	8,71	7,21	-	36,42	0,96	-	0,34	70,98	29,41	10,39
37	Typha (Diamenar)	26,62	93,38	80,73	12,65	9,52	18,33	52,88	1,00	-	1,16	65,43	44,6	13,64
38	Typha (Malla)	39,79	60,21	50,31	9,90	9,36	2,19	38,76	0,96	-	0,21	-	-	-
39	Typha (Sier)	39,47	60,53	51,42	9,11	7,09	1,96	42,37	0,7	-	-	73,51	40,82	14,53
40	Typha (Guidick)	24,54	75,46	67,7	7,76	7,80	11,39	48,51	0,69	-	0,14	72,14	46,35	9,65
Moyenne		30,54	69,45	58,57	10,68	8,06	8,46	45,49	0,95	-	0,76	70,27	39,96	11,53
Ecart Type		14,30	14,29	6,50	3,42	1,66	7,31	11,43	0,48	-	0,69	3,39	7,36	2,11
Minimum		19,33	52,33	43,62	7,76	5,39	1,96	33,22	0,69	-	0,14	65,43	29,41	9,52
Maximum		39,79	93,38	80,73	17,63	10,07	18,33	66,28	1,21	-	1,95	73,51	46,35	14,53
Coeffient de Variation		47	21	11	32	21	86	25	51	-	91	5	18	18

H = humidité  
 MS = matière sèche  
 MO = matière organique  
 MM = matière minérale  
 MAT = matière azotée totale

MG = matière grasse  
 CB = cellulose brute de Weende  
 Ca = calcium  
 P = phosphore  
 Ich = insoluble chlorhydrique

NDF = neutral detergent fiber  
 ADF = acid detergent fiber  
 ADL = acid detergent lignin

## SERMENT DES VÉTÉRINAIRES DIPLOMES DE DAKAR



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

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

« Que toute confiance me soit retirée, s'il advient que je me parjure »