

**RAKOTONDRAZANANY Mamizara Masiharison**

**ASPECTS NUTRITIONNELS ET TYPOLOGIQUES DES PRINCIPALES  
RESSOURCES FOURRAGERES NATURELLES DANS LE DISTRICT  
D'AMBOVOMBE**

**Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Docteur en Médecine Vétérinaire**



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
FACULTE DE MEDECINE  
DEPARTEMENT D'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES  
ET DE MEDECINE VETERINAIRE

ANNEE : 2018

N° : 0259 VET

**ASPECTS NUTRITIONNELS ET TYPOLOGIQUES DES PRINCIPALES  
RESSOURCES FOURRAGERES NATURELLES DANS LE DISTRICT  
D'AMBOVOMBE**

*THESE*

Présentée et soutenue publiquement le 25 Juin 2018

à Antananarivo

Par

Monsieur RAKOTONDRAZANANY Mamizara Masiharison

Né le 13 Novembre 1987 à ANKADIFOTSY

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR EN MÉDECINE VETERINAIRE**

**(Diplôme d'État)**

Directeur de Thèse : Professeur RANDRIANARIVELOSEHENO Arsène

**MEMBRES DU JURY**

Président : Professeur RASAMINDRAKOTROKA Andriamiliharison Jean  
Juges : Professeur RAKOTO ALSON Aimée Olivat  
Professeur RAHARIVELO Adeline  
Rapporteur : Professeur RANDRIANARIVELOSEHENO Arsène

#### IV. CONSEIL SCIENTIFIQUE

PRESIDENT

Pr. SAMISON Luc Hervé

#### V. COLLEGE DES ENSEIGNANTS

A- PRESIDENT

Pr. RAJAONARISON Berille Hortense

B- ENSEIGNANTS PERMANENTS

B-1- PROFESSEURS TITULAIRES D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE RECHERCHE  
MENTION MEDECINE HUMAINE

##### BIOLOGIE

- Hématologie Biologique
- Immunologie
- Parasitologie

Pr. RAKOTO ALSON Aimée Olivier  
Pr. RASAMINDRAKOTROKA Andriamiliharison Jean  
Pr. RAZANAKOLONA Lala Rasoamialy Sos

##### CHIRURGIE

- Chirurgie Cardio-vasculaire
- Chirurgie Générale
- Chirurgie Pédiatrique
- Chirurgie Thoracique
- Chirurgie Viscérale
- Orthopédie Traumatologie
- Urologie Andrologie

Pr. RAVALISOA Marie Lydia Agnès  
Pr. RAKOTO RATSIMBA Hery Nirina  
Pr. ANDRIAMANARIVO Mamy Lalariana  
Pr. HUNALD Francis Allen  
Pr. RAKOTOVAO Hanitrana Jean Louis  
Pr. SAMISON Luc Hervé  
Pr. RAKOTOARIJAONA Armand Herinirina  
Pr. RAZAFIMAHANDRY Henri Jean Claude  
Pr. SOLOFOMALALA Gaëtan Duval  
Pr. RANTOMALALA Harinirina Yoël Honora  
Pr. RAKOTOTIANA Auberlin Felantsoa

##### MEDECINE ET SPECIALITES MEDICALES

- Cardiologie
- Dermatologie Vénérologie
- Hépatogastro-Entérologie
- Maladies Infectieuses
- Néphrologie
- Neurologie
- Psychiatrie
- Radiothérapie - Oncologie Médicale
- Pneumologie
- Médecine Interne
- Réanimation Médicale

Pr. RABEARIVONY Nirina  
Pr. RAKOTOARIAMANANA Solofofirina  
Pr. RAPELANORO RABENJA Fabafahantsoa  
Pr. RAMAROZATOVO Lala Soavina  
Pr. RAMANAMPAMONJY Rado Manitrana  
Pr. RANDRIA Mamy Jean de Dieu  
Pr. ANDRIANASOLO Rajonirina Lazason  
Pr. RANDRIAMAROTIA Haritalaina Willy Franck  
Pr. RANDRIAMANANTSOA Lova Narindra  
Pr. TEHINDRAZANARIVELO Djacoba Alain  
Pr. RAHARIVELO Adeline  
Pr. RAJAONARISON Berille Hortense  
Pr. RAFARAMINO RAZAKANDRAINA Florine  
Pr. RAHARIMANANA Rondro Nirina  
Pr. VOLOLONTIANA Hama Marie Danièle  
Pr. RAVELOSON Nasolotsiry Entirison

#### MERE ET ENFANT

- Gynécologie Obstétrique
- Pédiatrie

Pr. ANDRIANAMPANALINARIVO BERY Rakotosoa  
Pr. RANDRIAMBELOMANANA Joseph Anderson  
Pr. RAVELOMANANA RAZAFIARIVAO Noeline  
Pr. ROBINSON Annick Lalaina

#### SANTE PUBLIQUE

- Administration et Gestion Sanitaire
- Santé Communautaire
- Santé Familiale
- Statistiques et Epidémiologie

Pr. RATSIMBAZAFIMAHEFA RAHANTALALAO  
Henriette  
Pr. RANDRIANARIMANANA Vahinlarison Dieudonné  
Pr. RANJALAHY RASOLOFOMANANA Justin  
Pr. RAKOTOMANGA Jena de Dieu Marie

#### SCIENCES FONDAMENTALES ET MIXTES

- Anatomie Pathologique
- Radiodiagnostic et Imagerie Médicale
- Physiologie

Pr. RANDRIANJAFISAMINDRAKOTROKA  
Nantenaina Soa  
Pr. AHMAD Ahmad  
Pr. RAKOTOAMBININA Andriamaliery Benjamin

#### TETE ET COU

- Neurochirurgie
- Ophtalmologie
- Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale

Pr. ANDRIAMAMONJY Clément  
Pr. RABARIJAONA Mamiarisoa  
Pr. BERNARDIN Prisca Lala  
Pr. RAZAFINDRABE John Alberto Bam

#### MENTION VETERINAIRE

##### VETERINAIRE

- Pharmacologie

Pr. RAFATRO Herintsoa

#### B-2- PROFESSEURS D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE RECHERCHE

#### MENTION MEDECINE HUMAINE

##### BIOLOGIE

- Hématologie Biologique

Pr. RAKOTOVAO Andriamiadana Luc

##### CHIRURGIE

- Chirurgie Thoracique

Pr. RAKOTOARISOA Andriamitaja Jean Claude

##### SANTE PUBLIQUE

- Epidémiologie

Pr. RAKOTONIRINA El-C Julie

## SCIENCES FONDAMENTALES ET MIXTES

### - Anesthésie Réanimation

Pr. RAKOTOARISON Ratsoraharimanana  
Catherine Nicole

Pr. RAJAONERA Andrianatelo Tovohery

## TÊTE ET COU

### - Ophtalmologie

Pr. RAOBELA Léa

## MENTION VÉTÉRINAIRE

### VÉTÉRINAIRE

#### - Sciences Ecologiques, Vétérinaires Agronomiques et Bioingénieries

Pr. RAHARISON Fidiniaina Sahondra

## B-3- MAÎTRES DE CONFÉRENCE

### MENTION MÉDECINE HUMAINE

### MÉDECINE ET SPÉCIALITÉS MÉDICALES

#### - Neurologie - Pneumo-Physiologie

Dr. ZODALY Noël

Dr. RAKOTOMIZAO Jocelyn Robert

### SANTÉ PUBLIQUE

#### - Santé Publique

Dr. RANDRIAMANJAKA Jean Rénal

Dr. RATSIMBASOA Claude Arsène

## SCIENCES FONDAMENTALES ET MIXTES

### - Biophysique

Dr. RASATA Ravelo Andriamparany

## MENTION VÉTÉRINAIRE

### VÉTÉRINAIRE

#### - Evolution - Ecologie - Paléontologie - Ressources Génétiques - Biochimie Alimentaire et Médicale - Technologie

Dr. RASAMOELINA Andriamanivo Harentsoniaina

Dr. RAKOTOARIMANANA Hajatiana

Dr. RAHARIMALALA Edwige Marie Julie

## MENTION PHARMACIE

### PHARMACIE

#### - Pharmacologie Générale - Pharmacognosie - Biochimie Toxicologie - Chimie Organique et Analytique - Biochimie - Chimie Appliquée, Pharmacologie Physiologie

Dr. RAMANITRAHASIMBOLA David

Dr. RAOELISON Emmanuel Guy

Dr. RAJEMARIMOELISOA Clara Fredeline

Dr. RAKOTONDRIAMANANA Andriamahavola  
Dina Louisino

Dr. RANDRIAMANANTENASOA Tiana Nathalie

Dr. RAKOTOARIVELO Nambinina Vololomiarana

#### B-4- ASSISTANTS

##### ➤ MENTION VETERINAIRE

###### VETERINAIRE

- Virologie

M. KOKO

##### ➤ MENTION PHARMACIE

###### PHARMACIE

- Procédés de Production, Contrôle et  
Qualité des Produits de Santé

Dr. RAVELOJAONA RATSIMBAZAFIMAHEFA  
Hanitra Myriam

#### C- ENSEIGNANTS NON PERMANENTS

##### C-1- PROFESSEURS EMERITES

Pr. ANDRIANARISOA Ange Christophe Félix  
Pr. AUBRY Pierre  
Pr. RABARIOELINA Lala  
Pr. RABENANTOANDRO Casimir  
Pr. RABETALIANA Désiré  
Pr. RADESA François de Sales  
Pr. RAJAONA Hyacinthe  
Pr. RAKOTOMANGA Robert  
Pr. RAKOTOMANGA Samuel

Pr. RAKOTOZAFY Georges  
Pr. RAMAKAVELO Maurice Philippe  
Pr. RAMONJA Jean Marie  
Pr. RANDRIANASOLO Jean Baptiste Olivier  
Pr. RAOBIJAONA Solofoniaina Honoré  
Pr. RATSIVALAKA Razafy  
Pr. RAZANAMPARANY Marcel Samimamy  
Pr. RABENANTOANDRO Rakotomanantsoa

##### C-2- CHARGE D'ENSEIGNEMENT

###### TETE ET COU

- Neurochirurgie  
- ORL et Chirurgie Cervico-Faciale  
- Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale

Pr. RATOVONDRAINNY Willy  
Pr. RAKOTO Fanomezantsoa Andriamparany  
Pr. RAKOTOARISON Richard

#### VI. SERVICES ADMINISTRATIFS

##### CHEFS DE SERVICE

###### SCOLARITE

###### TROISIEME CYCLE LONG

###### PERSONNEL

###### AFFAIRES GENERALES

###### COMPTABILITE

###### TELE-ENSEIGNEMENT ET

###### INFORMATIQUE MEDICALE

Mme. SOLOFOSAONA R. Sahondranirina

Mme. RANIRISOA Voahangimiringa

Mme. RAKOTOARIVelo Liva Harinivo Vonimbola

M. RANDRIANARISOA Rija Hanitra

M. RATSIMBAZAFIARISON Nivoson Espérant

Dr. ANDRIAMBOLOLOXIANA Faly Herizo

VII. IN MEMORIAM

Pr. RAMAHANDRIARIVELO Johnson  
Pr. RAJAONERA Frédéric  
Pr. ANDRIAMASOMANANA Veloson  
Pr. RAKOTOSON Lucette  
Pr. ANDRIANJATOVO RARISOA Jeannette  
Dr. RAMAROKOTO Razafindramboa  
Pr. RAKOTOBÉ Alfred  
Pr. ANDRIAMIANDRA Aristide  
Dr. RAKOTONANAHARY  
Pr. ANDRIANTSEHENO Raphaël  
Pr. RANDRIAMBOLOLONA Robin  
Pr. RAMANANIRINA Clarisse  
Pr. RALANTOARITSIMBA Zhouder  
Pr. RANIVOALISON Denys  
Pr. RAKOTOVAO Rivo Andriamiadana  
Pr. RAVELOJAONA Hubert  
Pr. ANDRIAMAMPIHANTONA Emmanuel  
Pr. RANDRIANONIMANDIMBY Jérôme  
Pr. RAKOTONIAINA Patrice  
Pr. RAKOTO-RATSIMAMANGA Albert  
Pr. RANDRIANARISOLO Raymond  
Dr. RABEDASY Henri  
Pr. MAHAZOASY Ernest  
Pr. RATSIFANDRIHAMANANA Bernard  
Pr. RAZAFINTSALAMA Charles  
Pr. FIDISON Augustin  
Pr. RANDRIAMAMPANDRY  
Pr. ANDRIANANDRASANA Arthur

Pr. RANAIVOARISON Milson Jérôme  
Pr. RASOLONJATOVO Andriananja Pierre  
Pr. MANAMBELONA Justin  
Pr. RAZAKASOA Armand Emile  
Pr. RAMIALIHARISOA Angeline  
Pr. RAKOTOBÉ Pascal  
Pr. RANAIVOZANANY Andrianady  
Pr. RANDRIANARIVO  
Pr. RAKOTOARIMANANA Denis Roland  
Pr. ANDRIAMANANTSARA Lambosoa  
Pr. RAHAROLAHY Dhels  
Pr. ANDRIANJATOVO Jean José  
Pr. ANDRIANAIVO Paul Armand  
Pr. RANDRIAMBOLOLONA  
RASOAZANANY Aimée  
Pr. RATOVO Fortunat  
Pr. GIZY Ratiambahoaka Daniel  
Pr. RASOLOFONDRAIBE Aimé  
Dr. RAZAKAMANIRAKA Joseph  
Pr. ANDRIANJATOVO Joseph  
Pr. RAHARIJAONA Vincent Marie  
Pr. RAKOTOVAO Joseph Dieudonné  
Pr. KAPISY Jules Flaubert  
Pr. ANDRIAMBAO Damasy Seth  
Pr. RAKOTO RATSIMAMANGA S.L.  
Pr. RANDRIARIMANGA Ratsiatery  
Honoré Blaise  
Pr. ZAFY Albert  
Pr. ANDRIAMANALINA Nirina  
Razafindraketo  
Pr. RAJAONARIVELO Paul

## **DEDICACES ET REMERCIEMENTS**

Je dédie ce travail à tout ceux qui me sont chers et pour tout l'amour et l'aide qu'ils m'ont porté :

**Dieu tout puissant**

Recommande à l'Eternel tes œuvres, et tes projets réussiront (Proverbes 16 : 3).

**Ma mère RAZAOHARISOA Marie Claudine et ma tante RAZOELINORO Marie Françoise**

Pour leur tendresse et leur patience, sans elles je ne serai pas là aujourd'hui.

**Ma bien aimée**

Qui m'a toujours encouragée, écoutée et priée pour moi.

**A ma grande famille RAKOTONDRAZANANY et RANDRIANATOANDRO**

Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études. Je souhaite que Dieu leur octroie une longue vie et qu'ils trouvent dans ce modeste travail le témoignage de ma reconnaissance et toutes mes affections

**A la promotion SIFAKA,**

Pour les bons moments que nous avons passés ensemble pendant nos années d'études.

**A tout le personnel de service du laboratoire d'analyse « Chimie nutrition de la division animale du DRZVP/FOFIFA »**

Pour l'aide que vous avez apporté lors des analyses des échantillons pour l'élaboration de cette thèse, principalement à Madame, le Docteur RALINIAINA Modestine, Chef de département du DRZVP/FOFIFA et coordonnateur du projet HOBA/ASARA et à Madame le Docteur RAKOTOMANANA Olga Rachel, Chef du laboratoire de chimie nutrition de la division animale et notre encadreur professionnel. Nos sincères remerciements.

**A tous les personnels du projet HOBA/ASARA avec le GRET Ambovombe**

Veuillez accepter l'expression de nos profonds sentiments d'admiration et de gratitude.

**A tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail**

## **À NOTRE MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE**

Monsieur le Docteur RASAMINDRAKOTROKA Andriamiharison Jean

- Professeur Titulaire d'Enseignement Supérieur et de Recherche en Immunologie à la Faculté de Médecine d'Antananarivo.
- Ancien ministre de la Santé Publique.

Vous nous avez fait grand honneur en acceptant de présider notre jury de thèse. Veuillez trouver ici l'expression de notre profonde reconnaissance et notre hommage respectueux.

## **A NOS MAITRES ET HONORABLES JUGES DE THESE**

Madame le Docteur RAKOTO ALSON Aimée Olivat

- Professeur Titulaire d'Enseignement Supérieur et de Recherche en Hématologie Biologique à la Faculté de Médecine d'Antananarivo.
- Directeur d'Etablissement du CHU Joseph Ravoahangy Andrianavalona (JRA) Antananarivo.

Madame le Docteur RAHARIVelo Adeline

- Professeur Titulaire d'Enseignement Supérieur et de Recherche en psychiatrie à la Faculté de Médecine d'Antananarivo.
- Chef du service Psychiatrie au sein du CHUJRB

C'est un grand honneur pour nous de vous avoir comme membres de jury. Permettez nous de vous adresser nos vifs remerciements pour avoir consacré votre temps si précieux et votre compétence à la lecture critique de ce travail. Nous vous exprimons nos plus hautes considérations.

## **A NOTRE MAITRE, DIRECTEUR ET RAPPORTEUR DE THESE**

Monsieur le Professeur RANDRIANARIVeloSEHENO Arsène

- Professeur d'Enseignement Supérieur et de Recherche en Zootechnie à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques de l'Université d'Antananarivo.
- Chef de Département Elevage à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques de l'Université d'Antananarivo.

Qui nous a fait l'honneur d'accepter d'être rapporteur et directeur de ce travail. Veuillez trouver ici l'expression de nos sincères et chaleureux remerciements.

**A NOTRE MAITRE ET DOYEN DE LA FACULTE DE MEDECINE  
D'ANTANANARIVO**

**Monsieur le Professeur SAMISON Hervé**

Veuillez recevoir notre haute et respectueuse considération.

**A NOTRE MAITRE ET RESPONSABLE DU MENTION D'ENSEIGNEMENT  
DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRE (ESMV)**

**Monsieur le Professeur RAFATRO Herintsoa**

Veuillez recevoir toutes nos reconnaissances pour l'orientation et les précieux soutiens durant notre formation.

**A TOUS NOS MAITRES ET PROFESSEURS DE LA FACULTE DE  
MEDECINE-MENTION VETERINAIRE**

Il vous revient le mérite de nous avoir prodigué un enseignement profitable et complète. Veuillez accepter nos remerciements les plus sincères.

**A TOUS LES PERSONNELS ADMINISTRATIFS ET TECHNIQUES DU  
MENTION VETERINAIRE ET DE LA FACULTE DE MEDECINE  
D'ANTANANARIVO**

Nos sincères remerciements.

## SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION .....	1
PREMIERE PARTIE : RAPPELS .....	3
I. Fourrages .....	3
I.1. Définitions.....	3
I.2. Différents types des fourrages.....	3
I.3. Valeur alimentaire.....	3
I.4. Valeur alimentaire d'un fourrage.....	4
I.5. Valeur alimentaire d'un pâturage.....	4
I.6. Aspect histologique des fourrages .....	4
I.7. Constituants chimiques d'un fourrage .....	5
II. Alimentation des ruminants .....	9
II.1. Définition.....	9
II.2. Nutrition des ruminants .....	10
II.3. Digestion des fourrages .....	13
II.4. Utilisation des aliments.....	15
II.5. Expressions des besoins.....	16
DEUXIEME PARTIE : METHODES ET RESULTATS .....	23
I. METHODES .....	23
I.1. Cadre de l'étude .....	23
I.2. Département de Recherches Zootechniques Vétérinaires et Piscicoles.....	26
I.3. Type d'étude .....	26
I.4. Période et durée de l'étude.....	26
I.5. Population de l'étude .....	26
I.6. Taille de l'échantillon .....	27

I.7. Mode d'échantillonnage.....	27
I.8. Collectes des données .....	28
I.9. Traitements et analyses des données.....	30
I.10. Considération éthique .....	32
I.11. Limite de l'étude .....	32
II. Résultats .....	34
I.1. Description des échantillons .....	34
I.2. Détermination des compositions chimiques et valeurs nutritives des ressources fourragères.....	38
I.3. Aspects typologiques des fourrages .....	42
TROISIEME PARTIE : DISCUSSION.....	57
CONCLUSION .....	67
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

## LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I: Superficie des Districts dans la Région Androy .....	25
Tableau II: Liste des espèces fourragères inventoriées.....	34
Tableau III: Compositions chimiques et valeurs nutritives des fourrages. ....	39

## LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1: Composition des aliments.....	6
Figure 2: Quantité de fourrages dans l'alimentation des ruminants .....	10
Figure 3: Évolution de la digestibilité d'un aliment en fonction du taux de cellulose....	13
Figure 4: Utilisation de l'énergie des aliments chez les ruminants.....	17
Figure 5: Protéines Digestibles dans l'intestin.....	20
Figure 6: Localisation géographique du District d'Ambovombe .....	24
Figure 7: Méthodes d'analyse bromatologique d'un aliment .....	29
Figure 8: Répartitions des plantes fourragères selon leur famille.....	37
Figure 9: Ports des plantes fourragères consommées par les ruminants.....	38
Figure 10: Boxplot des variables matières sèches, fibres et protéines.....	42
Figure 11: Boxplot des variables digestibilité et valeurs énergétiques .....	43
Figure 12: Boxplot des variables en minéraux.....	44
Figure 13: Repartition de la teneur en Matière Sèche (MS) des plantes fourragères. ....	45
Figure 14: Repartition de la teneur en Protéine Brute (PB) des fourrages.....	46
Figure 15: Repartition de la teneur en Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'Azote (PDIN) des espèces fourragères étudiées. ....	46
Figure 16: Repartition de la teneur en Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'Energie (PDIE) des plantes fourragères étudiées. ....	47
Figure 17: Repartition de la teneur en Cellulose Brute (CB) des matières végétales. ....	48
Figure 18: Repartition de la teneur en Lignine des plantes fourragères. ....	48
Figure 19: Repartition du taux en digestibilité de la Matière Organique (dMO) des fourrages.....	49
Figure 20: Repartition de la teneur en Unité Fourragère Lait (UFL) des fourrages étudiés.....	50
Figure 21: Repartition de la teneur en Unité Fourragère Viande (UFV) des matières végétales étudiées.....	50
Figure 22: Repartition de la teneur en Calcium (Ca) des fourrages étudiés. ....	51
Figure 23: Repartition de la teneur en Phosphore (P) des espèces végétales étudiées. ..	51
Figure 24: Cercle de corrélation des différentes variables de l'étude .....	52

Figure 25: Classification des fourrages selon les espèces étudiées.....	54
Figure 26: Dendrogramme de la classification hiérarchique des plantes fourragères ....	55

## **LISTE DES ANNEXES**

- Annexe 1: Schéma simplifié de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotées chez le ruminant
- Annexe 2: Réactifs pour les déterminations des compositions chimiques
- Annexe 3: Appareillages
- Annexe 4: Analyses bromatologiques et prévisions des valeurs nutritionnelles des fourrages
- Annexe 5: Correspondance entre nom scientifique et nom vernaculaire des plantes fourragères
- Annexe 6: Date, lieu de coupe et organes prélevés pour chaque échantillon
- Annexe 7: Bulletin d'analyse du laboratoire chimie et nutrition animale DRZVP
- Annexe 8: Statistiques descriptives des variables
- Annexe 9: Rapport de corrélation et triage des variables par ordre décroissant
- Annexe 10: Matrice de corrélation des variables
- Annexe 11: Classification des fourrages
- Annexe 12: Codes des individus utilisés dans la typologie
- Annexe 13: Compositions chimiques des centres des classes
- Annexe 14: Moyenne, écart-type et p-value des compositions chimiques et nutritives des différentes classes
- Annexe 15: Photos de quelques matériels d'analyse
- Annexe 16: Photos de quelques échantillons d'analyses

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>A :</b>	Vitamine A
<b>AA :</b>	Acide Aminé
<b>ACP :</b>	Analyse en Composant principal
<b>ADF:</b>	Acid Detergent Fiber
<b>ADL:</b>	Acid Insoluble Lignin
<b>ADS:</b>	Acid Detergent Solution
<b>AG:</b>	Acide Gras
<b>AGV :</b>	Acide Gras Volatil
<b>C :</b>	Carbone
<b>Ca :</b>	Calcium
<b>CAH :</b>	Classification Ascendante Hiérarchique
<b>CB :</b>	Cellulose Brute
<b>CH<sub>4</sub> :</b>	Méthane
<b>CI :</b>	Capacité d'Ingestion
<b>Cl:</b>	Chlore
<b>Co:</b>	Cobalt
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Gaz carbonique
<b>Cu:</b>	Cuivre
<b>d :</b>	Densité
<b>DB :</b>	Descente de Burette
<b>dMO :</b>	Digestibilité de la Matière Organique
<b>dr:</b>	Digestibilité réelle des protéines dans l'intestin.
<b>DRZVP :</b>	Département de Recherches Zootechniques Vétérinaires et Piscicoles
<b>DT :</b>	Dégradabilité Théorique en sachets
<b>E :</b>	Vitamine E
<b>EB :</b>	Energie Brute
<b>ED :</b>	Energie Digestible
<b>EM :</b>	Energie Métabolisable
<b>EN :</b>	Energie Nette
<b>ET :</b>	Ecart-type
<b>Fe:</b>	Fer

<b>FOFIFA :</b>	Foiben-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny ambanivohitra.
<b>g :</b>	Gramme
<b>h :</b>	Heure
<b>H :</b>	Hydrogène
<b>Ha :</b>	Hectare
<b>H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> :</b>	Acide Borique
<b>HCl :</b>	Acide Chlorhydrique
<b>HT :</b>	Humidité Totale
<b>Hr :</b>	Humidité résiduelle
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:</b>	Acide Sulfurique
<b>I :</b>	Iode
<b>IC :</b>	Indice de Correction
<b>IC :</b>	Indice de Consommation
<b>INRA :</b>	Institut Nationale Recherche Agronomique
<b>J :</b>	Joule
<b>K:</b>	Potassium
<b>kg :</b>	Kilogramme
<b>KMnO<sub>4</sub> :</b>	Permanganate de Potassium
<b>KOH :</b>	Hydroxyde de Potassium
<b>L :</b>	Longueur d'onde
<b>MAT :</b>	Matière Azotée Totale
<b>Max :</b>	Maximum.
<b>Min :</b>	Minimum
<b>mg :</b>	Milligramme
<b>Mg:</b>	Magnésium
<b>ml :</b>	Millilitre
<b>mm :</b>	Millimètre
<b>MM :</b>	Matières minérales
<b>Mn :</b>	Manganèse
<b>mn :</b>	Minute
<b>MO :</b>	Matière Organique

<b>Moy :</b>	Moyenne
<b>MS :</b>	Matière Sèche
<b>N:</b>	Azote
<b>Na:</b>	Sodium
<b>NaOH:</b>	Hydroxyde de Sodium
<b>NDF:</b>	Neutral Detergent Fiber
<b>NDS:</b>	Neutre Detergent Solution
<b>NH<sub>3</sub> :</b>	Ammoniaque
<b>nm:</b>	Nanomètre
<b>O<sub>2</sub> :</b>	Oxygène
<b>P :</b>	Phosphore
<b>PA :</b>	Prise Aliquote
<b>Pe :</b>	Prise d'Essaie
<b>pH :</b>	Potentiel à l'Hydrogène
<b>PDI :</b>	Protéines Digestibles dans l'Intestin
<b>PDIA :</b>	Protéines Digestibles dans l'Intestin, d'origine Alimentaire
<b>PDIE :</b>	Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'énergie
<b>PDIM :</b>	Protéines Digestibles dans l'Intestin synthétisées par les Microorganismes
<b>PDIN :</b>	Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'azote
<b>PDIME :</b>	Protéine Digestible dans l'Intestin d'origine Microbienne permise par L'Energie
<b>PDIMN :</b>	Protéine Digestible dans l'Intestin d'origine Microbienne permise par l'Azote
<b>r :</b>	Coefficient de corrélation
<b>RN :</b>	Route Nationale
<b>S:</b>	Soufre
<b>Se:</b>	Sélénium
<b>U :</b>	Unité
<b>UE :</b>	Unité d'Encombrement
<b>UEB :</b>	Unité d'Encombrement Bovin en croissance
<b>UEM :</b>	Unité d'Encombrement Mouton

<b>UEL :</b>	Unité d'Encombrement Lait
<b>UI :</b>	Unité International
<b>UF :</b>	Unité Fourrage
<b>UFC :</b>	Unité Fourragère Cheval
<b>UFL :</b>	Unité Fourragère Lait
<b>UFM :</b>	Unité Fourragère Mouton
<b>UFV :</b>	Unité Fourragère Viande
<b>V :</b>	Volume de la dilution
<b>VEF :</b>	Valeur Encombrement Fourrage
<b>Zn:</b>	Zinc

## INTRODUCTION

L'alimentation occupe une grande place dans l'élevage. D'un point de vue technico-économique, il est primordial de fournir aux animaux les quantités et qualités suffisantes pour leurs développements [1]. L'alimentation représente la partie la plus importante des charges opérationnelles de la production animale, de 25 à 70% du coût total de production [2]. Une alimentation de précision requiert la caractérisation nutritive des aliments [3]. Une alimentation équilibrée correspond à l'adéquation entre les besoins des animaux et les apports par la ration journalière [4]. Ces apports assurent aux animaux une croissance et une production optimales, tout en maintenant leur santé et leur capacité reproductive [5].

Les fourrages sont destinés à l'alimentation directe ou indirecte des animaux. Pour les ruminants, ils occupent une part importante de la ration, soient 40 à 80% de la ration alimentaire, leur richesse en fibre est essentielle pour le fonctionnement du rumen [6,7]. Dans le monde, 3 à 4 milliards d'hectares, soit près de 80% de toutes les terres utilisées pour la production agricole, servent à nourrir les bétails [8]. En Algérie, les terres consacrées à la production fourragère couvrent 33 millions d'hectares répartis entre les prairies naturelles (0,1%), les cultures fourragères (1,6%), la jachère (10,6%) et les pacages et parcours (87,7%). Les prairies naturelles fournissent un apport fourrager de 1 443 millions d'UFL [9].

A Madagascar, les surfaces de savane et pâturages naturels sont relativement importants par rapport au cheptel ruminant [10]. Ces surfaces produisent des ressources végétales qui peuvent constituer un pâturage pour les animaux : herbe, fruits, feuilles, arbres et arbustes [11]. Ces types de fourrage constituent en effet une partie importante et souvent indispensable dans l'alimentation du bétail dans les pays en voie de développement [12]. L'alimentation du bétail constitue un facteur limitant de l'élevage à Madagascar en particulier en zone sub-désertique, chaude et sèche [13]. Dans ce contexte, les éleveurs adoptent un mode d'exploitation traditionnelle et profitent au maximum du phénomène de croissance compensatrice des animaux au pâturage [14]. Cette zone, chaude et sèche se situe dans la région d'Androy. Cette région possède des végétaux adaptés aux climats secs tels que les diverses cactacées qui constituent des plantes fourragères caractéristiques de la région Sud, les brousses épineuses, les arbustes et les arbres bouteilles. Ce type de végétation est caractéristique d'une forêt

dense sèche tropophile épineuse [15]. La grande diversité des plantes de la partie Sud de Madagascar face à une faible précipitation donne un intérêt particulier pour l'alimentation des ruminants comme les arbustes fourragers qui représentent une part non négligeable dans la couverture des besoins alimentaires [16].

En dépit de l'importance que possèdent ces ressources fourragères qui peuplent les écosystèmes de cette région, dans l'alimentation animale, elles n'ont cependant pas bénéficié de l'attention qu'elles méritent. La valeur alimentaire d'un parcours fourrager naturel dépend en premier lieu de la composition botanique du mélange d'espèces fourragères et de la valeur nutritive de ces espèces fourragères. Optimiser la gestion de ce parcours nécessite de bien connaître la valeur alimentaire des différentes espèces qui le compose. Il n'existe que quelques travaux qui étudient les grands traits sur la nature, la classification scientifique de ces espèces spontanées herbacées, arbres et les arbustes fourragers des parcours naturels dans le Sud de Madagascar mais aucune fournie les compositions chimiques ainsi qu'une estimation des valeurs nutritives de ces fourrages non conventionnels.

De quelles manières peut-on alors valoriser ces ressources fourragères non conventionnelles ?

La maîtrise et une connaissance approfondie des plantes appréciées par les ruminants constituent un élément crucial pour la mise en place des programmes permettant une utilisation rationnelle des ressources fourragères disponibles. Une analyse pour connaître la valeur réelle du fourrage est dès lors primordiale.

L'objectif général du présent travail est d'avoir la valeur alimentaire des fourrages locaux qui constitue incontestablement un élément déterminant pour le développement de systèmes d'élevages adaptés aux conditions particulières du District d'Ambovombe-Androy. Les objectifs spécifiques consistent à répertorier les ressources végétales à intérêt fourrager, à déterminer leurs compositions chimiques et nutritives, et à les classer en fonction de leurs composants principaux pour une meilleure connaissance des parcours de pâturage naturel.

La première partie du travail comprend une synthèse bibliographique sur la composition chimique et nutritive des fourrages et les systèmes utilisés pour la nutrition animale. Les deux autres parties traitent respectivement la méthodologie et les résultats avec la discussion.

## **PREMIERE PARTIE : RAPPELS**

## **I. Fourrages**

### **I.1. Définitions**

Le terme fourrage désigne l'ensemble des aliments ligneux consommés par les herbivores. Ces végétaux appartiennent à diverses familles mais surtout à celles des graminées, des légumineuses, des astéracées et des chénopodées. Les plantes fourragères servent d'aliments de bétail, elles comprennent à la fois des cultures annuelles et vivaces. En général les graminées occupent 50 à 90% des prairies permanentes, les légumineuses 40%, les autres constituants botaniques représentent une faible proportion [17].

### **I.2. Différents types des fourrages**

Les fourrages peuvent être soit:

- Consommés sur place :
  - sur les pâturages naturels
  - sur les pâturages cultivés ou cultures fourragères
- Fauchés et distribués en vert,
- Conservés pour être consommés ultérieurement;
  - En vert sous forme d'ensilage
  - En sec sous forme de foin ou de fourrages déshydratés [18].

### **I.3. Valeur alimentaire**

La valeur alimentaire est la capacité d'un aliment ou d'une ration à couvrir les besoins nutritionnels d'un animal [19].

La valeur alimentaire intègre deux notions : l'ingestibilité et la valeur nutritive.

- L'ingestibilité d'un fourrage est déterminée par sa valeur d'encombrement. Elle influence la quantité que l'animal peut ingérer.
- La valeur nutritive est représentée par la valeur énergétique, exprimée en Unité Fourrage (UF), la valeur azotée, exprimée en Protéine Digestible dans l'Intestin (PDI), et la teneur en minéraux. Ces caractéristiques nutritionnelles dépendent surtout de la digestibilité de la matière organique (dMO) [20].

#### **I.4. Valeur alimentaire d'un fourrage**

La valeur alimentaire d'un fourrage dépend de la composition des différentes espèces des plantes ainsi que de leur âge. Un taux élevé en glucides membranaires avec le vieillissement des plantes peut être observé, ce qui diminue leur valeur nutritive [18].

#### **I.5. Valeur alimentaire d'un pâturage**

Elle dépend du taux de productivité, c'est-à-dire la quantité produite en kilogramme (kg) de matière sèche par hectare (MS/ha) et aussi de sa valeur nutritive qui est en relation étroite avec les espèces fourragères présentes. [18].

#### **I.6. Aspect histologique des fourrages**

Les plantes fourragères appartiennent aux angiospermes qui se caractérisent par la diversité de leurs tissus ainsi que par leurs valeurs nutritives assez différentes.

##### **I.6.1. Parenchyme**

Il est présent dans le mésophile des feuilles, c'est un tissu aéré ou compact, peu différencié, ses cellules représentent une paroi primaire mince caractérisée par des espaces intercellulaires abondantes laissant l'air circuler, à structure simple. Ce type de tissus peut être trouvé dans les racines, la moelle et le cortex des tiges. [18]

##### **I.6.2. Tissus de soutien**

Ce sont des tissus à cellules de parois épaisses (lignifiées ou non), ils assurent le maintien du végétal, ses cellules sont allongées dans le sens de l'axe du végétal. Une elongation de ces cellules par rapport à leur diamètre les transforme en fibres.

Dans ce type, il y a :

- Le collenchyme : c'est le tissu de soutien des organes en croissance. Il se caractérise par une paroi épaisse (primaire) non lignifiée. Il est situé à la périphérie des organes, soit directement sous l'épiderme, soit séparé par une couche de cellules de parenchyme. Il est surtout observé chez les dicotylédones (tiges et feuilles).
- Le sclérenchyme : c'est un tissu de soutien à parois épaisses et souvent lignifié. Il distingue des cellules longues organisées en faisceaux (fibres) et d'autres organisées en paquets denses avec une forme irrégulière (sclérites) et des fibres sous forme de

faisceaux cribro-ligneux (à la périphérie de la tige), ces cellules confèrent une certaine dureté [21].

### **I.6.3. Tissus de conduction**

Ils constituent :

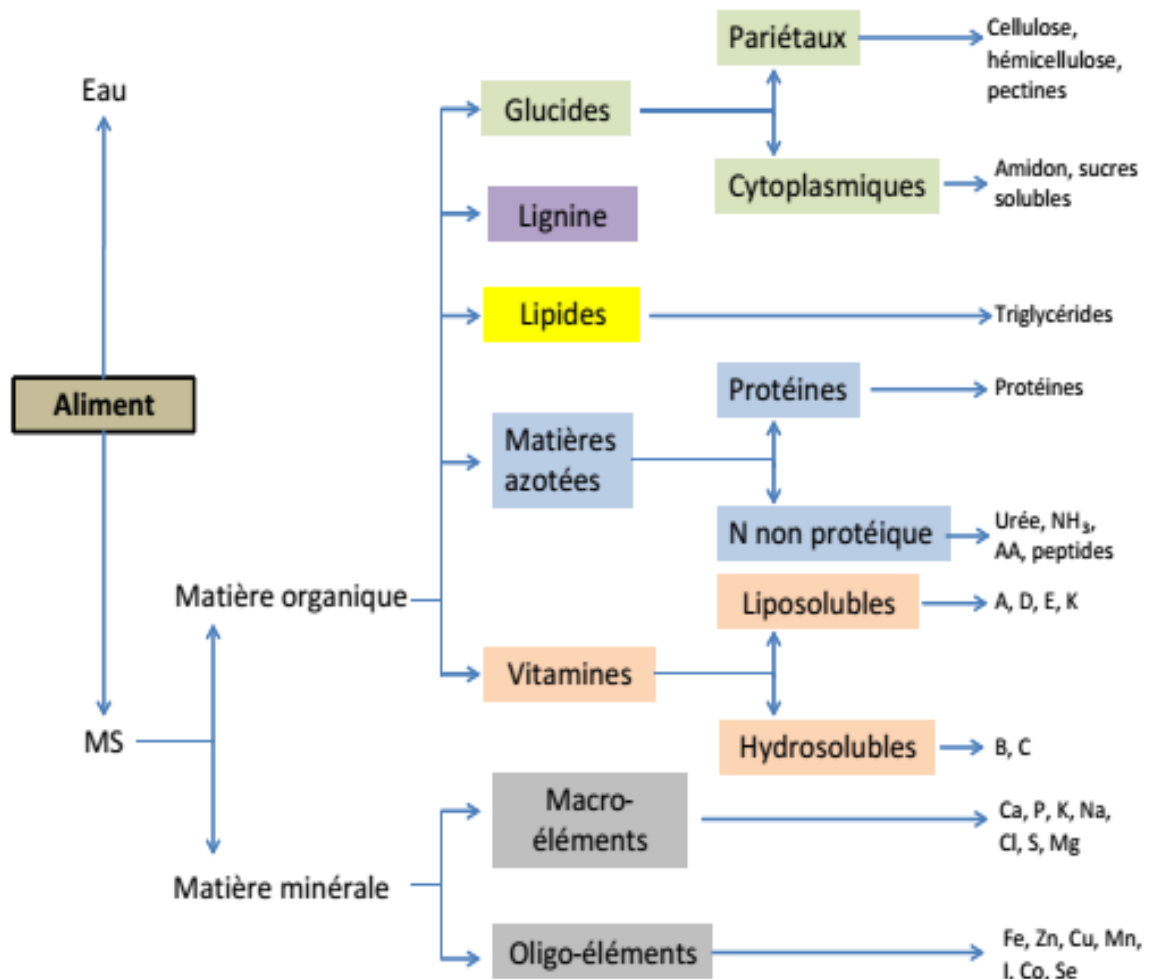
- Le xylème : Qui conduit la sève brute, il contient des éléments lignifiés, chez les dicotylédones. Il peut contenir des fibres et des cellules de parenchyme. La disparition du protoplaste laisse d'autres cellules apparaître, ce sont des unités cellulaires distinctes, perforées, et articulées, elles communiquent entre elles par des parois terminales perforées.
- Le phloème : Il sert à la conduction de la sève élaborée, la paroi de ses cellules non lignifiée, leur disposition est verticale. L'évolution de ce tissu est constante par la naissance des cellules qui se différencient puis elles meurent par une résorption. Ces cellules communiquent entre elles par des pores regroupés en plages représentant une forme de cribles. [18]

### **I.6.4. Tissus de protection**

Ils forment un revêtement, car ils sont présents à la surface de la plante. Il s'agit d'une cuticule qui recouvre l'épiderme et le protège, compte tenu de sa disposition vers l'extérieur, elle rend l'épiderme imperméable et favorise la conservation de l'eau dans la plante. Il existe aussi la cutine qui est constituée par une substance lipidique imprégnant les parois [21].

## **I.7. Constituants chimiques d'un fourrage**

Les compositions des aliments (figure 1) tels que les fourrages sont surtout des composants chimiques utilisés par les cellules et tissus de l'organisme afin d'assurer leur métabolisme, leur croissance et leur multiplication. Chaque aliment, quel que soit sa nature ou son origine renferme les mêmes nutriments : l'eau, la matière sèche (MS), les matières minérales (MM) et les nutriments organiques (glucides, lipides, protides, composés azotés non protidiques et vitamines) [22].



**Figure 1: Composition des aliments**

(Source : Cuvelier C, Hornick JL, Beckers Y, Froidmont E, Knapp, Istasse L. L'alimentation de la vache laitière : Physiologie et Besoins. Liège : Centre Wallon de Recherches Agronomiques ; 2010.) [22]

### I.7.1. Eau et matière sèche

D'un point de vue chimique, après étuvage suffisant, un aliment est constitué de deux composantes, l'eau (H<sub>2</sub>O) et la matière sèche (MS), c'est-à-dire l'eau contenue dans l'aliment s'évapore et il subsiste un résidu sec, appelé MS. Tous les aliments contiennent une certaine fraction de MS.

La teneur en matière sèche varie d'un aliment à un autre. Ainsi par exemple, la teneur en MS de l'herbe varie aux alentours de 20%, alors que celle du foin et des céréales se situe plutôt respectivement aux environs de 85 et 90%.

Dans la partie matière sèche, il faut distinguer d'une part la matière organique caractérisée par la présence d'atomes de carbone, ce sont les glucides, la lignine, les lipides, les matières azotées et les vitamines ; et d'autre part la matière minérale qui comprend quant à elle les macro-éléments et les oligo-éléments [22].

### **I.7.2. Matières organiques**

#### **• Glucides**

Les glucides sont la principale source d'énergie des microbes du rumen. En général, il existe 2 catégories de glucides :

- Les glucides pariétaux : ce sont les constituants de la paroi des cellules végétales appelés communément « les fibres » qui comprennent la cellulose, l'hémicellulose et les pectines ;
- Les glucides cytoplasmiques : ce sont les glucides contenus à l'intérieur des cellules végétales qui comprennent l'amidon et les sucres solubles (glucose, lactose, etc) [23].

#### **• Lignine**

C'est un composé non glucidique qui se trouve dans la paroi des cellules végétales. Cette substance, qui s'associe aux glucides pariétaux et dont la teneur augmente avec l'âge de la plante, est presque totalement non dégradable dans le tube digestif du ruminant. Elle forme des liaisons avec les glucides des parois cellulaires rendant ceux-ci moins accessibles à l'attaque des microbes du rumen [24, 25].

#### **• Lipides ou matières grasses**

Pour les végétaux, les principaux constituants lipidiques sont les triglycérides avec des molécules comprenant 1 glycérol + 3 acides gras (AG) [5].

En général, il existe différentes classes de matières grasses, elles peuvent être caractérisées par la nature des acides gras qui les composent.

- Ainsi, selon leur longueur, il y a :
  - Les acides gras volatils (AGV) avec 2, 3 ou 4 atomes de Carbone
  - Les acides gras à courte chaîne (entre 5 et 10 atomes de Carbone)
  - Les acides gras à chaîne moyenne (12 à 16 atomes de Carbone)
  - Les acides gras à longue chaîne (18 ou plus de 18 atomes de Carbone)

- En fonction de la présence ou de l'absence de double liaison sur leur chaîne carbonée :
  - Les acides gras saturés d'une part (sans double liaison)
  - Et les acides gras insaturés d'autre part (avec un double liaison ou plus) [26].

Certains acides gras sont considérés comme « essentiels » pour toutes les espèces animales. Ceci signifie qu'ils doivent impérativement être apportés par l'alimentation car l'animal ne peut pas les synthétiser. Par contre, chez les ruminants, ils peuvent être synthétisés par les microorganismes hébergés dans leur tube digestif. Ainsi, cette synthèse s'opérant dans le rumen, il n'est pas indispensable d'apporter ces acides gras dans leur alimentation [22].

#### • **Protéines brutes (PB) ou matières azotées totales (MAT)**

Il existe deux grands groupes de matières azotées

D'une part les protéines ; elles sont constituées d'une longue chaîne d'acides aminés (AA).

D'autre part, l'azote non protéique, quant à lui comprend notamment les peptides (chaînes d'AA limitées), les AA, l'urée et l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) [23].

En alimentation, 20 AA différents sont pris en considération, dont pratiquement la moitié d'entre eux sont considérés comme essentiels car ne pouvant pas être synthétisés par l'animal [27]. Ils doivent donc être impérativement présents dans les aliments consommés. A nouveau, le ruminant se distingue des autres espèces animales car une part substantielle des acides aminés digérés dans l'intestin a été synthétisée dans le rumen grâce aux microorganismes hébergés. Nonobstant, des AA, tel que la méthionine et la lysine, sont cependant considérés comme « limitant » : leur synthèse via les microorganismes du rumen ne couvre pas toujours les besoins en production [28].

#### • **Vitamines**

Elles se divisent en deux parties :

- Les vitamines liposolubles, c'est-à-dire solubles dans les graisses : vitamines A, D, E et K. Ces vitamines liposolubles font l'objet d'un stockage au niveau du foie.
- Les vitamines hydrosolubles, c'est-à-dire solubles dans l'eau : vitamine C et vitamines du groupe B [30].

Les vitamines sont des constituants de la matière organique que l'animal est en général incapable de synthétiser, et qui, à faible dose, sont indispensables au développement, à l'entretien et aux fonctions de l'organisme. Même s'il y a mise en réserve, il est certain qu'un apport régulier par l'alimentation permet à l'animal d'extérioriser son potentiel de production [30].

Chez le ruminant, il n'est pas nécessaire d'apporter via la ration alimentaire les vitamines du groupe B ainsi que les vitamines C et K. Les microorganismes du rumen sont en effet capables de les synthétiser. Par contre, pour les autres vitamines, il est important de faire un apport régulier par les aliments distribués. [22]

### **I.7.3. Matières minérales**

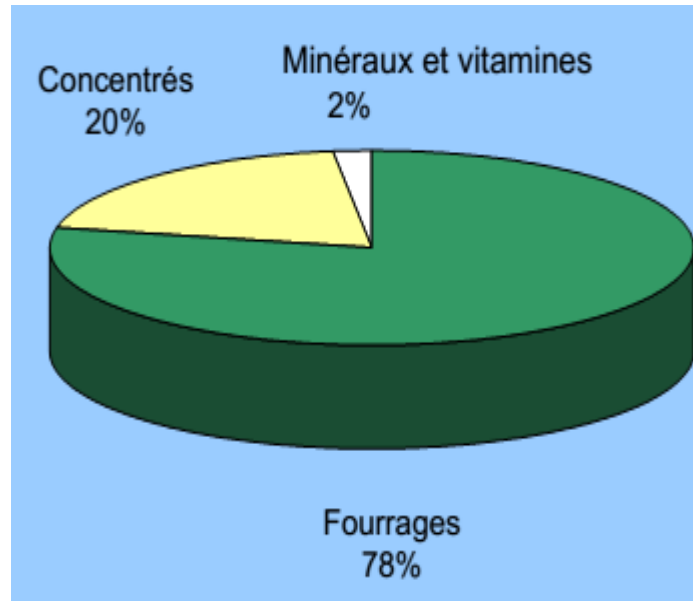
Les minéraux peut être divisé en 2 catégories: [25]

- Les macro-éléments, présents en quantités relativement importantes. Ce sont ainsi le calcium (Ca), le phosphore (P), le potassium (K), le sodium (Na), le chlore (Cl), le soufre (S) et le magnésium (Mg).
- Les oligo-éléments, présents en quantités très faibles ou à l'état de traces. Ce sont le fer (Fe), le sélénium, (Se), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), l'iode (I), le cobalt (Co) et le manganèse (Mn). [22]

## **II. Alimentation des ruminants**

### **II.1. Définition**

L'alimentation consiste à apporter aux animaux les éléments nutritifs dont ils ont besoin pour compenser les dépenses entraînées par les productions, et pour les maintenir en bonne santé. L'alimentation des ruminants est composée de plusieurs sortes d'aliments. A la naissance, ils consomment d'abord du lait, puis par la suite leur alimentation combine les fourrages et les aliments concentrés, sans oublier les minéraux et vitamines (figure 2). Les fourrages sont des aliments spécifiques des ruminants [31].



**Figure 2: Quantité de fourrages dans l'alimentation des ruminants**

(Source : Normand J, Moevi I, Lucbert J, Pottier E. Les points sur l'alimentation des bovins et des ovins et la qualité des viandes. Institut de l'Elevage. 2005.) [31]

## II.2. Nutrition des ruminants

C'est l'étude d'une part, de la digestion des aliments ainsi que leur utilisation autant que nutriments caractérisés par un métabolisme et d'autre part s'intéresse aux effets de ces aliments sur l'état de santé, le bien-être et les performances zootechniques des animaux et le cas échéant, sur la qualité des productions animales et sur l'environnement [32].

### II.2.1. Valeur d'encombrement des fourrages

Par définition, la valeur d'encombrement d'un fourrage (VEF) est la quantité de ce fourrage consommée par un animal de référence, rapportée à la quantité de fourrage de référence que cet animal consomme, quand ils sont offerts seuls et à volonté [29].

$$\text{Valeur d'Encombrement du Fourrage A} = \frac{\text{Quantité consommée du fourrage de référence}}{\text{Quantité consommée du Fourrage A}}$$

La VEF est exprimée aussi en Unité d'encombrement (UE). En fonction de la production visée, on utilise les variantes suivantes : UEL (Unité d'Encombrement Lait),

UEB (Unité d'Encombrement Bovin en croissance) et UEM (Unité d'Encombrement Mouton) [33].

La valeur d'encombrement du fourrage varie avec:

- L'espèce concernée;
- Et le stade végétatif de ce fourrage (le taux de cellulose brute) [29].

### **II.2.2. Ingestibilité**

L'ingestibilité d'un fourrage correspond à la quantité de matière sèche de ce fourrage qui est ingéré lorsqu'il est distribué à volonté comme seul aliment. Elle dépend essentiellement de la teneur en parois lignifiées du fourrage et de l'effet d'encombrement qu'il exerce dans le rumen. Elle décroît donc avec le vieillissement des plantes. Elle dépend en outre de l'appétibilité du fourrage principalement due aux qualités organoleptiques et caractéristiques physiques. L'ingestibilité des légumineuses est beaucoup plus élevée que celle des graminées. [34]

### **II.2.3. Capacité d'ingestion**

Par définition, la Capacité d'Ingestion (CI) est la quantité du fourrage de référence qu'un ruminant consomme spontanément, lorsque ce fourrage est offert seul et en libre service. Cette capacité est mesurée en Unité d'Encombrement (UE), sachant qu'une UE correspond à la consommation d'un kilogramme de matière sèche du fourrage de référence [9]. Elle peut varier en fonction de plusieurs facteurs : l'état corporel, l'âge, et le poids vif [19]. La capacité d'ingestion augmente avec le poids vif. C'est pour cela que la sélection cherche à augmenter le format des animaux d'élevage, du stade physiologique: par exemple, à la fin de la gestation, le volume du fœtus est important, et limite la place disponible pour les fourrages, d'où la capacité d'ingestion est réduite pendant la gestation, et passe par un minimum au moment du vêlage. La capacité d'ingestion varie aussi selon la période de lactation ; du niveau de production : les femelles en lactation ont une capacité d'ingestion d'autant plus importante que leur niveau de production est élevé ; et de l'état d'engraissement: la capacité d'ingestion des animaux gras est plus faible [29].

## II.2.4. Digestibilité

### • Définition

Au cours de la digestion, les aliments ingérés par l'animal ne sont quasiment jamais digérés et absorbés en totalité : pour cela une partie est rejetée au niveau des matières fécales. Ainsi la digestibilité apparente d'un aliment définit comme la proportion d'aliment qui disparaît apparemment dans le tube digestif [22] :

$$\text{Digestibilité apparente} = \frac{\text{Quantité ingérée} - \text{quantité excrétée dans les matières fécales}}{\text{Quantité ingérée}}$$

Comme la quantité rejetée dans les fèces est égale à la quantité ingérée si l'animal ne digère rien, ou nulle s'il digère tout, la digestibilité est forcément comprise entre 0 et 1. Elle vaut 0 quand l'animal ne digère rien, et 1 quand il retient tout ce qu'il ingère [29]. La digestibilité apparente est donc toujours inférieure à 1. Mais dans les revues spécialisées, le terme coefficient de digestibilité est parfois employé. Il s'agit de la digestibilité apparente multipliée par 100 et exprimée en pourcentage :

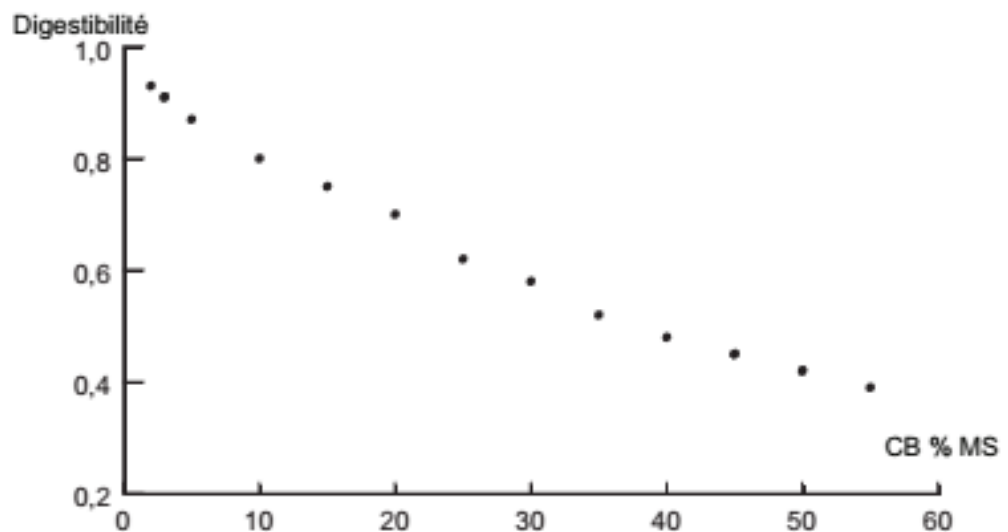
$$\text{Coefficient de digestibilité (\%)} = \text{Digestibilité apparente} \times 100. [22]$$

### • Digestibilité des fourrages

Il existe un lien assez fort entre le caractère plus ou moins fermentescible des fourrages et la digestibilité. Ainsi, par définition, un fourrage qui est très fermentescible est dégradé très rapidement par les micro-organismes du rumen. Dans ce cas, s'il est dégradé, il n'est plus retrouvé dans les fèces, et sa digestibilité est élevée. Au contraire, si un fourrage est peu digestible, c'est qu'il est peu attaqué par les micro-organismes: il est donc peu fermentescible [29].

Sur le plan de la digestibilité des fourrages, il y a les constituants des parois des cellules végétales (glucides pariétaux et lignine) et les constituants du contenu cellulaire (glucides cytoplasmiques, lipides et protéines). Ces constituants peuvent être classés selon l'ordre décroissant de digestibilité suivant : sucres solubles > amidon > hémicellulose > cellulose > lignine. Par conséquent, la lignine, qui apparaît au cours du processus de maturation des végétaux, est indigestible. En se liant à la cellulose et à l'hémicellulose, elle rend ces constituants inaccessibles aux microorganismes et limite donc leur digestibilité. Le degré de dégradation des parois évolue donc en sens inverse de leur teneur en lignine [22].

Le stade de végétation joue un rôle essentiel dans la digestibilité des fourrages : les herbes jeunes, riches en feuilles et pauvres en tiges, sont très digestibles en raison de leur richesse en sucres solubles. Plus le stade végétatif avance, plus la proportion de tige, la richesse en cellulose augmentent, et plus la digestibilité diminue (voir figure 3)[34]. Un fourrage à un stade de végétation avancé, riche en lignine, possède une digestibilité faible. La digestibilité des fourrages est très variable, et va de 0,40 pour de la paille à 0,80 pour une herbe jeune [22].



**Figure 3: Évolution de la digestibilité d'un aliment en fonction du taux de cellulose**

(Source : Muller P. Les bases de l'alimentation des ruminants. Dossier documentaire - Zootechnie – Alimentation.2015.) [29]

### II.3. Digestion des fourrages

La digestion permet de transformer les aliments ingérés sous une forme assimilable par l'organisme. Pour les herbivores ruminant, leur alimentation est composée essentiellement de végétaux. Les ruminants ont un avantage évident pour valoriser des ressources alimentaires peu ou pas utilisables par les autres mammifères domestiques et ceci grâce au rumen qui est un fermenteur anaérobie qui permet d'utiliser efficacement les glucides des parois végétales et l'azote non protéique pour satisfaire tout ou en partie des besoins en énergie et en acides aminés [34].

### **II.3.1. Digestion des glucides**

Une fois arrivés dans le rumen, les glucides sont hydrolysés sous l'action des enzymes hydrolytiques microbiennes. Le glucose représente le principal produit terminal de ce processus de dégradation. Ce glucose va ensuite être converti par le jeu des fermentations microbiennes conduisant à la formation d'un mélange d'acides gras volatils (AGV) : acide acétique, acide propionique et acide butyrique. Ces différents AGV sont ensuite absorbés à travers la paroi du rumen (annexe 1). Du gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), du méthane ( $\text{CH}_4$ ) et de la chaleur sont également produits au cours de ce processus [22, 24, 35-37].

### **II.3.2. Digestion des protéines**

Les matières azotées alimentaires subissent dans le rumen une dégradation dont le produit terminal est l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ). Cet ammoniac est utilisé par les microorganismes du rumen pour synthétiser leurs propres protéines, appelées protéines microbiennes. Cette synthèse ne peut cependant avoir lieu qu'en présence d'une quantité suffisante d'énergie. C'est principalement la dégradation des glucides via les fermentations microbiennes qui va fournir l'énergie nécessaire à cette synthèse protéique. S'il existe un excédent de matières azotées par rapport à l'énergie présente, l'ammoniac excédentaire est absorbé puis transformé en urée dans le foie. Les protéines microbiennes subissent une digestion enzymatique dans la caillette, conduisant à la formation d'acides aminés (AA) (annexe 1) [22, 29, 36-38].

### **II.3.3. Digestion des lipides**

Les lipides alimentaires sont hydrolysés par les microorganismes du rumen, ce qui permet la production de glycérol et d'acides gras libres.

A côté de leur activité de dégradation des lipides alimentaires, les microorganismes synthétisent également, au sein de leur organisme, des lipides microbiens. Lorsque ces microorganismes quittent le rumen et passent dans la caillette, ils sont détruits par le suc gastrique. Ceci entraîne la libération des lipides microbiens ; les acides gras libres microbiens rejoignant le pool d'acides gras libres d'origine alimentaire pour subir une digestion et une absorption intestinales (annexe 1) [22, 38, 39].

### **II.3.4. Digestion des minéraux**

Les macro-éléments et les oligo-éléments se trouvent sous des formes chimiques variées dans les aliments. La forme sous laquelle ils se trouvent conditionne leur absorption au niveau du tube digestif. Ainsi par exemple, l'absorption du calcium est limitée lorsqu'il est présent dans l'aliment sous forme d'oxalates de calcium.

En outre, il existe des nombreuses interactions entre les minéraux. Ainsi, au niveau de l'intestin grêle, l'absorption du Ca est corrélée positivement à la concentration en phosphore inorganique, mais négativement à celle en magnésium.

Enfin, l'absorption de certains éléments peut également être modulée par le statut physiologique de l'animal en cet élément. Par exemple, l'absorption intestinale du Ca est augmentée lorsque les concentrations en calcium dans le sang sont faibles, et ce, grâce à la sécrétion de vitamine D active [22].

### **II.4. Utilisation des aliments**

Les ruminants se nourrissent essentiellement de végétaux. Chaque jour, l'animal doit consommer la quantité d'aliments nécessaire pour couvrir ses besoins : cette quantité est appelée la « ration ». Elle varie suivant l'espèce animale, la race, l'âge, le sexe, le type de production principal (viande ou lait), la saison et la région d'élevage [34].

En général, les besoins des animaux d'élevage sont divisés en besoins d'entretien et besoins de production [34].

#### **II.4.1. Dépenses d'entretien**

Lorsque l'animal ne produit rien, ni croît, ni travaille, et que son poids et ses réserves corporelles restent constants, il se trouve dans une situation physiologique dite d'entretien. L'animal doit cependant assurer le fonctionnement de son organisme, ce qui engendre des dépenses d'entretien et des besoins physiologiques d'eau, d'énergie, de protéines, de minéraux et de vitamines [40]. Les besoins d'entretien sont les quantités d'énergie, protéines, minéraux et vitamines minimales nécessaires au métabolisme de base de l'animal : renouvellement des cellules, tonus musculaire, fonctionnement des organes vitaux, synthèse d'enzymes et d'hormones [41].

Ces besoins sont à couvrir prioritairement car ils permettent à l'animal d'assurer son fonctionnement normal. [32]

#### **II.4.2. Dépenses de production**

Les dépenses de production créent des besoins physiologiques, de production, en eau, énergie, protéines, minéraux et vitamines qui s'ajoutent à ceux d'entretien [32].

Elles sont utilisées pour assurer la production de lait et celle de viande, mais il faut aussi mettre dans cette catégorie les dépenses de gestation (les animaux dépensent plus lors de la gestation) et celles de croissance (un animal jeune ne fait pas que « s'entretenir », il « produit » chaque jour de l'os et du muscle supplémentaires). Dans ces différents types de production, la distinction entre les dépenses énergétiques, les dépenses azotées et les dépenses minérales est importante [40]. Les dépenses énergétiques correspondent aux glucides et aux lipides retrouvés dans les productions (le lactose et les matières grasses du lait, le gras de la viande). Les dépenses azotées correspondent aux protéines retrouvés dans ces mêmes productions (la caséine du lait, les fibres musculaires de la viande, etc) [41]. Les dépenses minérales sont pour l'essentiel constituées par le calcium du lait, le calcium et le phosphore des os.

L'évaluation de l'importance de ces dépenses de production peut être effectuée en déterminant la composition chimique de la production, et en calculant ce que cela représente en énergie et en protéines. [29]

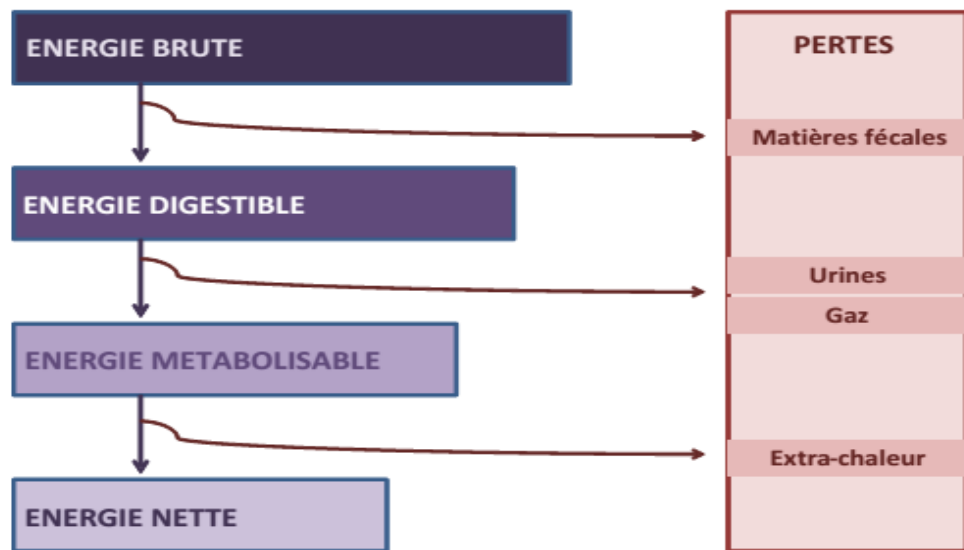
#### **II.5. Expressions des besoins**

Les besoins sont au nombre de cinq (05), à savoir :

##### **II.5.1. Besoin en Energie**

Elle constitue le besoin primordial de l'animal. Elle est obtenue à partir d'hydrate de carbone, de lipide ou de protéine [42]. Une des principales fonctions d'un aliment est l'apport d'énergie pour l'entretien, la production laitière mais aussi pour la croissance et le développement [43]. L'énergie est souvent le facteur limitant. Un déficit énergétique influence négativement la production, entraîne des risques d'acétonémie, de fièvre de lait voire même des problèmes de fertilité. Parallèlement aux besoins en énergie nécessaire à ses fonctions, le ruminant doit également avoir de l'énergie pour sa flore stomacale, retrouvée dans les matières organiques fermentescibles [44].

Il existe plusieurs façons d'exprimer ces besoins ainsi que la valeur énergétique des aliments (figure 4).



**Figure 4: Utilisation de l'énergie des aliments chez les ruminants**

(Source : Cuvelier C, Dufrasne I.L'alimentation de la vache laitière, Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle.Université de Liège .2003) [37]

La quantité totale d'énergie contenue dans un aliment est appelée l'énergie brute (EB). Elle dépend de la nature de l'aliment, des nutriments présents dans celui-ci. L'énergie brute n'est jamais valorisée complètement par l'animal. En effet, selon la digestibilité de la ration, une fraction plus ou moins importante de l'énergie métabolisable se retrouve dans les matières fécales et est donc perdue [41].

L'énergie résiduelle s'appelle l'énergie digestible (ED).

Une fraction de l'énergie digestible est ensuite perdue via les urines et les gaz, l'énergie restante s'appelant l'énergie métabolisable (EM).

Au niveau cellulaire, l'énergie métabolisable est en partie dissipée sous forme d'extra-chaleur, c'est-à-dire un surplus de production de chaleur chez l'animal qui a fait un repas, le solde étant l'énergie nette (EN), soit l'énergie disponible pour les cellules animales.[22]

► L'unité fourragère : la « UF »

L'EN est utilement employée pour les besoins d'entretien ou de production. Ceci explique que les valeurs énergétiques des aliments sont toujours exprimées en EN. L'unité de référence de l'énergie est classiquement la calorie (cal) ou le joule (J) [22].

Cependant, selon la table d'INRA, l'unité énergétique pour les ruminants est : la « UF » ou unité fourragère. Les besoins et les apports énergétiques sont mesurés en les comparant avec l'énergie apportée par un kilogramme d'orge «standard», ce qu'on appelle l'Unité Fourragère, couramment désignée par le sigle «UF». Une UF est la quantité d'énergie nette apportée par un kilogramme d'orge standard. Ainsi, les besoins et les apports énergétiques sont évalués en Unités fourragères (UF), avec des unités UFL (unités fourragères Lait), UFV (unités fourragères Viande), UFM (unités fourragères Mouton) et UFC (unités fourragères Chevaux) adaptées à chaque type de production. Le système des UF permet de ne pas avoir à se préoccuper des dépenses d'extra-chaaleur, qui sont automatiquement prises en compte [29].

Le système des UF correspond donc à la quantité d'énergie nette absorbable (EN). D'où, l'UFL est l' « unité fourragère lait » et correspond à la quantité d'énergie nette absorbable pendant la lactation du ruminant. Et pour les bovins à l'engraissement, l'énergie est exprimée en UFV, cette unité signifie « unité fourragère viande » et correspond à la quantité d'énergie nette absorbable lors de l'engraissement ou de l'entretien d'un ruminant. [45]

$$\Rightarrow 1 \text{ UFL} = 1,700 \text{ kcal}$$

$$\Rightarrow 1 \text{ UFV} = 1,820 \text{ kcal}$$

L'énergie nette (EN) couvre les dépenses énergétiques de l'animal. Elle constitue la valeur énergétique réelle d'un aliment [46]. En effet, pour qu'une valorisation optimale de l'énergie présente dans l'aliment ou la ration ait lieu, il faut que simultanément, dans le rumen, il y ait présence de cette énergie et de matières azotées, afin de permettre une synthèse de protéines microbiennes. Enfin, il importe aussi que tous les mécanismes digestifs soient opérants. De ce point de vue, les mécanismes de la digestion dans le rumen sont de la plus haute importance (ingestion, rumination, fermentation) puisque pratiquement 2/3 de l'énergie fournie à l'animal l'est sous forme d'AGV issus des fermentations microbiennes [22].

Les nutriments énergétiques sont surtout les AGV et en quantité moindre les acides aminés utilisés à des fins énergétiques. Les proportions de ces différents nutriments énergétiques absorbés sont en moyenne : AGV 60 à 80 %, acides aminés 15 à 20 %, acides gras longs 5 à 10 %, et glucose 1 à 5 % [22].

### II.5.2. Besoin en Matières azotées

Elles sont indispensables pour le métabolisme, la croissance des tissus et la sécrétion du lait. Elles sont représentées par les protéines.

Les protéines sont des matériaux constructeurs essentiels pour le corps de l'animal et constituent un composant primordial du lait et de la viande. Les ruminants ont donc besoin de protéines pour l'entretien de leurs corps, pour leur croissance et surtout pour la production de lait et de veaux. Un animal qui produit davantage de lait nécessite un apport supplémentaire en protéines, dans la même proportion. [43]

Les protéines sont les principaux constituants cellulaires (viande, os, etc) mais également une source non négligeable d'énergie. Les protéines sont formées par l'association d'acides aminés (lysine, méthionine, tryptophane, etc) dont certains les acides aminés dits essentiels ne peuvent être synthétisés par les animaux et doivent donc être apportés par l'alimentation. A côté de ses besoins en protéines pour l'entretien et la production, le ruminant demande des protéines pour que l'activité de la flore microbienne soit optimale [47].

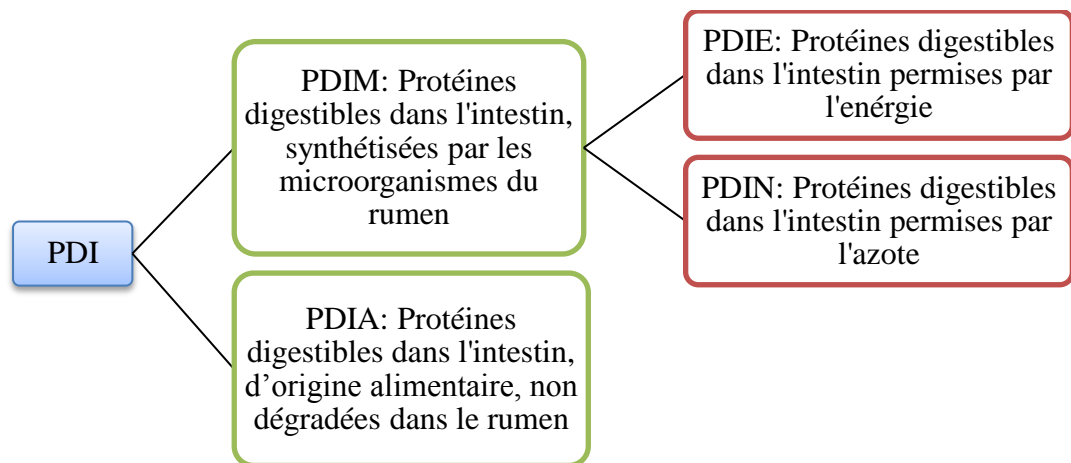
Il existe plusieurs façons d'exprimer les besoins en protéines des animaux. Selon le système français, chez les ruminants, les besoins et les apports azotés sont exprimés en « grammes de Protéines Digestibles dans l'Intestin » ou « grammes de PDI ».

La totalité des PDI est en fait la somme de deux sous ensembles : les PDIA, protéines digestibles dans l'intestin, d'origine alimentaire, qui ne sont pas dégradées par le rumen et les PDIM, protéines digestibles dans l'intestin synthétisées par les microorganismes du rumen. Ces PDIM sont synthétisées grâce à l'azote et l'énergie provenant de l'alimentation. Il est alors question de PDIME, PDI d'origine microbienne permise par l'énergie et de PDIMN, PDI d'origine microbienne permise par l'azote. Le niveau le plus limitant entre PDIME et PDIMN fixant le niveau de PDIM disponible. [45]

Le système PDI permet à la fois de raisonner la satisfaction des besoins protéiques de l'animal, l'utilisation de l'azote par l'animal (entretien, synthèse protéique dans le cas de la viande, exportation dans le cas de la production de lait) ainsi que les rejets de l'animal par l'intermédiaire des fèces et de l'urine [28]. Ce système est un peu complexe, car il utilise deux valeurs pour chaque aliment: une valeur en protéines digestibles dans l'intestin limitées par l'azote (PDIN), et une valeur en protéines digestibles dans l'intestin limitées par l'énergie (PDIE). Par conséquent, pour les

synthèses microbiennes qui peuvent se faire dans le rumen, les apports en PDI ne peuvent être évalués qu'au niveau de l'ensemble de la ration, et pas pour chacun de ses constituants pris indépendamment [47]. Dans ces conditions, fixer une valeur PDI à un aliment donné n'aurait pas beaucoup de sens, puisque l'efficacité de l'apport azoté qu'il fournit dépend en bonne partie des autres aliments avec lesquels il est associé [38].

Pour calculer la valeur PDI d'une ration, chaque aliment qui la compose est affecté d'une valeur PDIN et d'une valeur PDIE, la somme des valeurs PDIN et des valeurs PDIE des différents aliments donne la valeur PDI de la ration. La ration aura une valeur PDI égale à la plus petite de ces deux sommes. La richesse en PDI d'une ration est égale à la plus petite des deux sommes des valeurs PDIN et PDIE de ses constituants. [29]



**Figure 5: Protéines Digestibles dans l'intestin**

(Source : Delaby L, Peyraud J L. Valoriser les fourrages de l'exploitation pour produire du lait. Fourrages. 2009.) [45]

### II.5.3. Besoin en Minéraux

Les éléments comme le sel, le phosphore, le calcium et le magnésium sont indispensables pour la formation du squelette et pour la production du lait.

Les animaux ont besoin de petites quantités de sel et de minéraux, surtout du calcium et du phosphore. Une alimentation variée leur fournit en principe tous les minéraux nécessaires [43]. Le calcium et le phosphore représentent plus de 75% des minéraux utilisés dans les productions: c'est essentiellement de raisonner le rationnement par rapport à eux [29].

Les apports en minéraux des différents aliments de la ration doivent être aussi évalués et additionnés, et comparés aux besoins de l'animal. Si les besoins ne sont pas couverts, un apport complémentaire en minéraux est alors réalisé, généralement sous la forme d'un complexe minéralo-vitaminé, dont la composition sera choisie en fonction des déficits existants. Cette démarche suppose de connaître préalablement d'une part la teneur en minéraux et en vitamines des aliments de la ration, et d'autre part les besoins de l'animal [22].

Les apports en minéraux des aliments sont exprimés en g/kg de MS d'aliment pour les macro- éléments (calcium, phosphore, potassium, sodium, chlore, soufre et magnésium = Ca, P, K, Na, Cl, S et Mg) et en mg/kg de MS d'aliment ou en ppm pour les oligo-éléments (fer, sélénium, zinc, cuivre, iode, cobalt, manganèse = Fe, Se, Zn, Cu, I, Co, Mn) [48].

Les modalités d'expression des besoins en minéraux et en vitamines sont différentes:

- Aux macro-éléments et aux vitamines : les besoins sont exprimés en termes de besoins absolus en g/jour.
- Aux oligo-éléments : les besoins sont exprimés en termes de besoins relatifs et font l'objet de recommandations à suivre quant à la teneur en oligo-éléments à atteindre dans la MS de la ration de l'animal, avec fixation d'un seuil de carence et d'un seuil de toxicité. Les besoins en oligo-éléments sont donc exprimés en ppm ou en mg/kg de MS ingérée. [37].

#### **II.5.4. Besoin en Vitamines**

Elles participent au bon fonctionnement des cellules. L'animal ne les synthétise pas à l'exception de la vitamine D qui est synthétisée durant les expositions au soleil. L'importance de la Vitamine A est indéniable dans la protection des jeunes contre les diarrhées. La transmission se fait à travers le colostrum et le lait de la mère.

Les apports en vitamines sont quant à eux exprimés en mg/kg de MS d'aliment ou en Unité Internationale (UI)/kg de MS d'aliment [37].

### II.5.5. Besoin en eau

Elle intervient dans tous les échanges nutritifs. Elle joue un rôle capital dans la sécrétion laitière et la thermorégulation. Elle représente 70% du poids de l'individu. [49]

L'eau représente généralement la moitié à deux tiers du poids de l'animal, elle assure de nombreuses fonctions indispensables à la vie, elle se trouve à raison de 70% à l'intérieur des cellules et de 30% dans le sang [50].

La consommation d'eau est liée à la consommation d'aliments, qui influe directement sur la production de lait. Le manque d'eau affectera donc la production de lait rapidement [51].

L'eau est essentielle à la vie. Elle est aussi indispensable aux animaux pour les aider à lutter contre les périodes de stress liés à la chaleur [41]. En effet, l'eau permet le transfert de la chaleur de l'animal vers son environnement extérieur. Certaines études ont démontré que la consommation d'eau pouvait aller jusqu'à doubler en situation de chaleur intense. [30]

L'eau est un élément indispensable de la ration : il doit être fourni avec le moins de restriction possible car elle conditionne l'ingestion et donc les productions. En moyenne, par exemple une vache consomme 3 à 4 L d'eau/L de lait collecté. Ces quantités peuvent cependant varier en fonction de plusieurs facteurs [33]:

- Le type d'alimentation (pâturage versus zéro pâturage, foin, ensilage d'herbe, ensilage de maïs, etc), et plus précisément, le contenu en eau des aliments ingérés par l'animal. Une herbe jeune est en effet riche en eau (jusqu'à 850 g d'eau pour 1 kg d'herbe ingéré), alors qu'un fourrage tel que du foin est un aliment relativement sec (environ 150 g d'eau pour 1 kg de foin ingéré),
- De la température extérieure,
- Du gabarit de l'animal,
- De sa production,
- Et surtout le statut physiologique de l'animal [29].

## **DEUXIEME PARTIE : METHODES ET RESULTATS**

## **I. METHODES**

### **I.1. Cadre de l'étude**

#### **I.1.1. Localisation géographique**

La Région Androy se trouve dans l'extrême Sud de Madagascar [52]. Elle occupe le territoire compris entre les fleuves du Mandrare à l'Est et de Menarandra à l'ouest [53]. Elle est limitée au Nord par les contreforts montagneux des Hautes Terres Méridionales Bara et au Sud par l'Océan Indien et le Canal de Mozambique [54].

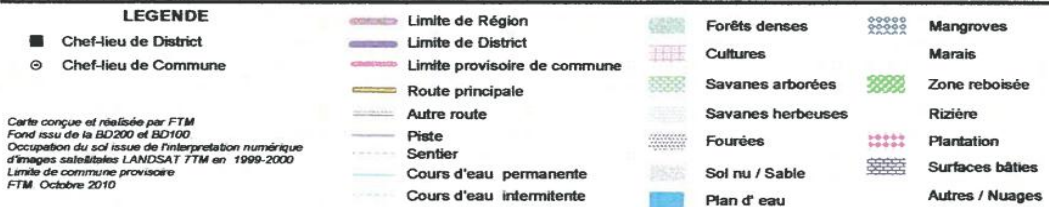
Son chef-lieu de région est Ambovombe qui se trouve à 1000 km environ de la capitale sur le littoral Sud de Madagascar. Le District d'Ambovombe se situe à 25° 10' 37" Sud et 46° 05' 13" Est sur une altitude de 180 m, sur la route nationale RN13 [55]. Le District d'une superficie de 6617 Km<sup>2</sup> comprend 19 Communes. Il a un climat semi-aride avec une précipitation moyenne de 400 mm/an [56]. Du point de vue végétal, la Région Androy est très riche en biodiversité. Elle fait partie du réseau de formation forestière unique au monde, les « fourrés d'épineux » [57].

#### **I.1.2. Situation démographique**

Le District d'Ambovombe dispose en général de 184.000 personnes qui seront bénéficiaires de cette étude. La plupart de ces personnes sont soit des agriculteurs, soit des éleveurs. Le niveau d'alphabétisation reste alarmant car 76,6% des gens sont encore illettrés [56].

#### **I.1.3. Situation de l'élevage**

L'élevage joue un rôle primordial dans l'Agriculture locale, puisqu'il représente en moyenne 50% des ressources alimentaires et constitue l'unique recours en cas de sécheresse [54]. L'élevage prédominant est surtout l'élevage de bovins mais celui des petits ruminants et des volailles est observé également partout. L'élevage de porc est rare en raison du tabou dans plusieurs communes [57].



**Figure 6: Localisation géographique du District d’Ambovombe**

(Source : INSTAT. Monographie des 22 régions de Madagascar, La région d'Androy. 2004) [56].

Le District d'Ambovombe est constitué d'une zone à vocation pastorale favorable à l'élevage des petits ruminants (ovins et caprins) car :

- La zone de pâturages est très étendue;
- Le climat sec et subaride est propice pour les petits ruminants (pluviométrie entre 600 à 800 mm)
- L'effectif des caprins est très important [57].

#### • Justification du choix de la zone d'étude

L'étude a été menée dans le District d'Ambovombe afin de contribuer à la réduction de la pauvreté des populations rurales de ce District face au changement climatique et climatologique. L'élevage joue un rôle primordial dans l'agriculture locale et constitue l'unique recours en cas de sécheresse qui cause l'absence de récolte. L'alimentation animale figure parmi les principales contraintes des éleveurs locaux. Cette étude permet de renforcer la capacité des éleveurs qui sont très vulnérables aux chocs climatiques, environnementaux et économique par la mise à la disposition des valeurs alimentaires des fourrages non conventionnelles afin de mieux gérer ces ressources naturelles pour l'alimentation animale. La présente étude contribue à l'amélioration des performances de l'élevage locale par la mise à la disposition des éleveurs des formules alimentaires à base des fourrages locaux.

**Tableau I: Superficie des Districts dans la Région Androy**

District	Superficie en km <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>19 358</b>
<b>AmbovombeAndroy</b>	6 617
<b>Bekily</b>	5 575
<b>Beloha</b>	4 667
<b>Tsihombe</b>	2 499

(Source : INSTAT. Monographie des 22 régions de Madagascar, La région d'Androy. 2004) [56].

## **I.2. Département de Recherches Zootechniques Vétérinaires et Piscicoles**

Le Département de Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles (DRZVP) constitue l'un des six Départements scientifiques du Foiben-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny ambanivohitra (FOFIFA). Il a pour vocation de contribuer aux recherches sur le développement de l'élevage à Madagascar. Ses missions globales sont d'entreprendre les recherches, faire des enquêtes et études ayant pour but de développer et améliorer l'Elevage. Il a pour rôle également de contribuer à la mise en œuvre de la politique nationale de recherche en matière de production animale [58].

Les analyses bromatologique étaient réalisées dans le laboratoire de chimie nutrition de la division animale du DRZVP/FOFIFA.

## **I.3. Type d'étude**

Il s'agit d'une étude descriptive longitudinale prospective

## **I.4. Période et durée de l'étude**

L'enquête au niveau des paysans ont débuté le mois de janvier 2015, suivi de la récolte des échantillons. Les analyses bromatologiques des échantillons de l'étude ont commencé à partir du mois de juin 2015 jusqu'au mois de novembre 2015.

L'analyse des données et la rédaction du livre s'étendent de Janvier 2016 jusqu'à la date de soutenance

## **I.5. Population de l'étude**

Les échantillons de l'étude sont constitués d'herbes, d'arbres et d'arbustes fourragers collectés dans le District d'Ambovombe.

### **• Choix des pasteurs et/ou éleveurs**

Les enquêtes participatives ont été réalisées auprès des pasteurs et/ou des éleveurs de bétails (bovins et petits ruminants) âgés de plus de 15 ans dans le District d'Ambovombe. Au moins 15 éleveurs et/ou pasteurs ont été nécessaires pour l'enquête. La connaissance des parcours naturels et des fourrages consommés par les ruminants a été priorisée dans le choix et la sélection des participants.

### **I.5.1. Critères d'inclusion**

Toutes les parties de chaque plante consommées par les animaux que les éleveurs enquêtés ont cités font parties de cette étude.

- Feuilles
- Rameaux feuillus
- Gousses
- Fleurs
- Fruits

### **I.5.2. Critères d'exclusion**

Ils existent d'autres fourrages utilisés pour l'alimentation animale mais qui ne font pas l'objet de cette étude car ils n'ont pas été ni cités par les éleveurs, ni prélevés localement et ni analysés au niveau du DRZVP/FOFIFA.

Sur les parties consommées par les animaux, sont exclus de l'étude les plantes sèches, pourries. La dénaturation peut fausser les résultats d'analyse chimique.

### **I.6. Taille de l'échantillon**

En tout, 166 échantillons d'espèces végétales ont été soumis à des analyses bromatologiques.

### **I.7. Mode d'échantillonnage**

Des enquêtes participatives ont été menées auprès des éleveurs et pasteurs du District d'Ambovombe. Les échantillons ont été prélevés dans différents endroits de la zone d'étude, sur chaque plante considérée comme broutée par les animaux, selon la méthode directe destructive qui consiste à couper la partie consommée par les ruminants.

Chaque échantillon de fourrage est pesé sur place lors de la récolte, mis dans des emballages en papier kraft, puis identifié par son nom vernaculaire suivant la date et le lieu de coupe et les appareils végétatifs collectés. Environ un kilogramme (1kg) par échantillon a été collecté. Les échantillons sont séchés à l'air libre pour réduire leur teneur en eau et éviter la dénaturation des composées chimiques de la plante.

Les échantillons sont acheminés au sein du laboratoire de chimie nutrition de la division animale du DRZVP/FOFIFA pour la détermination des compositions chimiques et des valeurs nutritionnelles.

## **I.8. Collectes des données**

### **I.8.1. Enregistrement des échantillons**

Les informations sur le conditionnement des échantillons ont été enregistrées sur un registre des échantillons à analyser au niveau du Laboratoire de chimie nutrition de la division animale du DRZVP/FOFIFA.

### **I.8.2. Identification scientifique des aliments**

L'identification scientifique des plantes fourragères étudiées a été réalisée par une étude bibliographique sur la base de publications scientifiques des chercheurs suivants: Bosser J, Rabesandratana RN, Galle JB, Groeber S, Ledoux A, Nicolas JP, Boiteau P, Boiteau M, et Allorge BL. C'est à partir de leurs travaux que la correspondance entre les noms vernaculaires des plantes et leurs noms scientifiques a été établie. [59-63]

### **I.8.3. Analyse bromatologique : Compositions chimiques et valeurs nutritionnelles**

Etymologiquement la bromatologie signifie :

- Bromatos => aliment
- Logos => étude

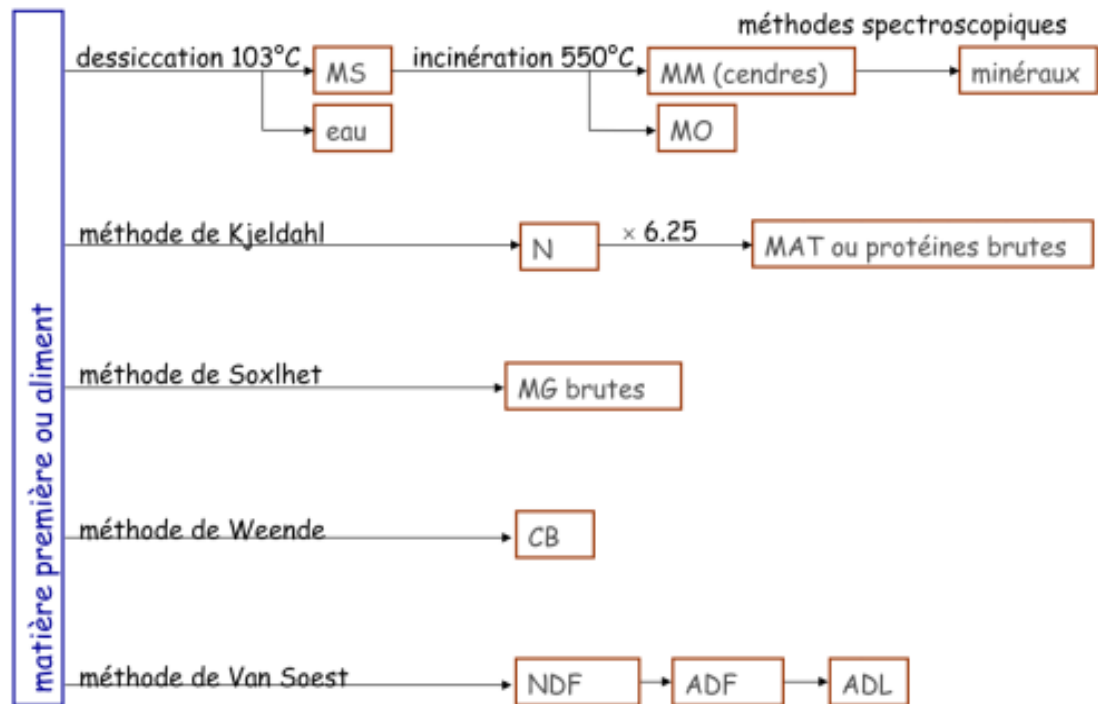
La bromatologie est une science appliquée traitant la qualité et le contrôle des aliments aussi bien du point de vue historique, agronomique, technologique, nutritionnel, analytique, toxicologique, législatif et biotechnologique [64].

Il existe aussi un rapport avec les bromates, car bromatos veut aussi dire « odeur ». Cela remonte au fait qu'auparavant, un rapport direct odeur-aliment, l'odeur était le contrôle principal pour savoir si un aliment était altéré ou non.

Les listes et les préparations des réactifs pour les différentes manipulations sont rassemblées dans l'annexe 02. Les dosages sont faits sur des échantillons séchés et broyés sur une maille de 1mm. Les listes des appareils utilisés lors de l'analyse bromatologique sont résumées dans l'annexe 03.

Les échantillons sont enregistrés dans un registre dès leur arrivée. Ils sont codés afin de faciliter leur identification.

Différentes méthodes sont procédées pour la détermination des constituants d'un aliment (figure 7) à partir des échantillons séchés et broyés. D'une manière générale, les procédures d'analyses bromatologiques se schématisent et s'effectuent comme suit.



**Figure 7: Méthodes d'analyse bromatologique d'un aliment**

(Source : RAKOTOMANANA OR. Valorisation des graines d'amarante « *Amaranthus hybridus hypochondriacus* » dans l'aviculture malgache : cas de l'alimentation des poulets de race locale « akoho gasy » [Thèse]. Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition : Antananarivo ; 2012. 106p.) [58].

Les analyses de la composition chimique ont porté sur la détermination de la matière sèche (MS), matière minérale (MM) pour déterminer la teneur en Ca et en P, matière azotée totale (MAT) ou protéine brute (PB) selon la méthode de Kjeldahl, la cellulose brute (CB) selon la méthode de Weende, et les constituants pariétaux comme le neutral détergent fiber (NDF), l'Acid détergent fiber (ADF) et la Lignine selon la méthode de Van Soest. Pour chaque analyse, les résultats sont rapportés en % par rapport à la MS sauf pour la MS qui est rapporté en % de matière fraîche.

Pour chaque fourrage, l'analyse bromatologique a été répétée deux fois.

Les valeurs nutritionnelles estimées portent sur les valeurs azotées des fourrages (PDIN et PDIE) en gramme par kilogramme de MS (g/kg de MS), la digestibilité de la matière organique (dMO) en %, et les valeurs énergétiques des fourrages pour les ruminants (UFL et UFV) en Unité par kilogramme de MS (U/kg de MS).

Le choix de ces caractéristiques a été adopté parce que l'adaptation des fourrages aux différentes besoins des animaux, c'est-à-dire le choix d'un fourrage entrant dans l'alimentation des ruminants est d'abord déterminé par sa digestibilité, puis par la teneur en énergie et en valeur azoté qui sont également des critères à privilégier [3]. Les teneurs en fibres totaux (CB) mais en particulier en Lignine ont été déterminées pour intervenir comme éléments explicatifs dans la classification des fourrages. Toutefois, les fourrages qui habituellement ne renferment que des traces de lipides totaux, n'ont pas fait l'objet d'une détermination de la matière grasse.

Les valeurs nutritives des plantes analysées (valeurs énergétiques exprimées en UFL et UFV ; et valeurs azotées exprimées PDIN et PDIE) ont été estimées à partir des résultats de la composition chimique : matière organique (MO), matière azotée totale (ou PB) et cellulose brute (CB). L'estimation de la digestibilité de la matière organique (dMO) et des valeurs énergétiques est basée sur la publication de Jarrige et al en utilisant le CB et le PB comme variables prédictives [65]. L'estimation de la valeur azotée a été effectuée selon le système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). Le mode de calcul est basé sur les équations de prédictions selon la publication de Vérité et Peyraud [66,67].

Ces procédures sont détaillées dans l'annexe 4.

## **I.9. Traitements et analyses des données**

### **I.9.1. Paramètres étudiés**

Dans notre cas, il s'agit des compositions chimiques et des valeurs nutritionnelles de **n** fourrages sur **p** caractères. Les fourrages représentent les individus ; et les caractères chimiques et nutritionnels constituent les variables.

Il s'agit d'une étude réalisée sur 166 échantillons fourragers. Sur ces échantillons, la détermination des caractéristiques ci-après a été effectuée : MS, PB, CB, Lignine, dMO, UFL, UFV, PDIN, PDIE, Ca et P.

### **I.9.2. Analyses statistiques des données**

Les données ont été traitées essentiellement à l'aide de Microsoft Office Excel 2010®. Beaucoup de fichiers ont été créés notamment un fichier de données brutes, un fichier de calculs et un fichier de traitements statistiques.

En vue d'une estimation de la disponibilité de la zone d'étude en élément nutritive, une analyse descriptive des échantillons a été réalisée. Premièrement, le calcul des caractéristiques statistiques élémentaires de l'ensemble de toutes les variables a été effectué (écart-type, moyenne, médiane, minimum, maximum, coefficient de variation et quartiles). Deuxièmement, le regroupement des individus a été réalisé avec le logiciel R version 3.1.2 avec package FactoMiner; deux méthodes d'analyses multivariées ont été réalisées : Analyse en Composantes Principales (ACP), suivie d'une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

- **Analyse en composantes principales**

L'analyse en composantes principales (ACP) fait partie des méthodes d'analyse factorielle multidimensionnelle. L'objectif est d'analyser simultanément la liaison des plusieurs variables quantitatives afin d'évaluer la ressemblance entre les individus ainsi que la liaison entre les variables [68].

Dans notre cas, il s'agit de 11 variables représentant la composition chimique et la valeur nutritionnelle des différents types de fourrages. Les données initiales sont transformées en tableau Burt pour avoir un tableau de données. Ce tableau est déformé à une espace de dimension réduite, transformé en axes factoriels et aboutit à la représentation de graphiques de type nuage de points sur un plan dit plan factoriel.

L'examen des plans factoriels permettra de visualiser les corrélations entre les variables et d'identifier les groupes des espèces de fourrages ayant pris des valeurs proches sur certaines variables.

- **La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)**

La Classification Ascendante Hiérarchique ou CAH est une méthode qui regroupe les individus ayant des traits de caractères communs. Un arbre hiérarchique constitue le résultat obtenu. L'arbre est coupé en fonction de la classe choisie pour donner une partition. Une partition bonne signifie que les individus de même classe sont proches et les individus de classe différente sont éloignés.

L'objectif de la CAH est de trier les variables qui caractérisent cette classe ou partition. Pour atteindre cet objectif, quelques étapes sont appliquées [68].

### **I.10. Considération éthique**

Les éleveurs ont été clairement informés de la finalité de l'étude, des méthodes utilisés, au début de chaque réunion au niveau des Fokontany. L'enquête est faite avec l'accord préalable des éleveurs.

L'enquête a été réalisée d'une manière participative, la liberté d'opinion est primordiale. Elle a été réalisée sous la responsabilité de l'autorité locale (Chef District, Maires, Présidents Fokontany, Fagnagnan-dRay et Fagnagnan-dReny). Les us, et les coutumes de la culture Androy ont été respectés.

La collecte des informations est établie en respectant les droits de l'homme, chaque information est importante et prise en compte. La cueillette des échantillons a été réalisée dans les endroits non interdits c'est-à-dire par respect des places dit « faly »

Les résultats seront ensuite fournis aux éleveurs, et misent à la disposition de tous les utilisateurs potentiels (chercheurs, étudiants, éleveurs, etc.).

### **I.11. Limite de l'étude**

L'étude a été limitée par :

- L'impossibilité de faire un échantillonnage exhaustif de toutes les matières premières fourragères utilisées pour l'alimentation animale en milieu naturel. Lors des enquêtes, plusieurs plantes ne sont pas citées par les éleveurs, donc il est possible que d'autres plantes n'ont pas été analysées.
- L'absence d'herbier qui est le seul et unique moyen exact permettant vraiment l'identification des fourrages. Identifier et nommer scientifiquement les fourrages dans le Sud de Madagascar a été très compliqué. Il est logique de se référer aux livres existants mais les données de la littérature sont parfois inaccessibles. Les évolutions taxonomiques sont telles depuis leur parution que beaucoup de nom sont obsolètes. Tous les auteurs n'ont pas les mêmes points de vue. Le choix de la littérature est basé sur décision personnelle.

Parfois les éleveurs peuvent refuser de sacrifier leurs temps au moment de la collecte des échantillons.

L'insécurité règne dans la partie Sud du Madagascar, ajoutée à la mauvaise qualité des routes empêchant ainsi une libre circulation dans la zone d'étude. La difficulté que représente le dialecte est toujours un obstacle dans la compréhension des questions-réponses.

## II. Résultats

### I.1. Description des échantillons

Les enquêtes sur terrain ont permis de recenser 166 échantillons fourragers qui sont regroupés en 48 espèces fourragères. Ces espèces se répartissent dans 23 familles.

#### I.1.1. Inventaires des espèces fourragères

Les résultats de la correspondance entre les noms scientifiques et les noms vernaculaires ainsi que les types de port respectifs des espèces fourragères étudiées sont présentés dans le tableau ci-après.

**Tableau II: Liste des espèces fourragères inventoriées**

FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	PORT
POACEAE	• <i>Panicum mahafalense</i> A.Camus	Herbacée
	• <i>Panicum pseudovoeltzkowii</i> (Mez). A.Camus	Herbacée
	• <i>Heteropogon contortus</i> (L.) P.Beaw.	Herbacée
	• <i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Herbacée
	• <i>Andropogon eucomus</i> Nees.	Herbacée
	• <i>Cynodon dactylon</i> (L) Pers.	Herbacée
	• <i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Herbacée
	• <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf	Herbacée
	• <i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick	Herbacée
	• <i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	Herbacée
FABACEAE	• <i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston.	Arbuste
	• <i>Indigofera astragalina</i> D C.	Arbuste
	• <i>Pithecellobium dulce</i> Benth.	Arbre
	• <i>Tamarindus indica</i> L.	Arbre

FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	PORT
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Indigofera compressa</i> Lam</li> </ul>	Herbacée
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach. and Thonn.) J.Léonard.</li> </ul>	Arbre
FABACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC</li> </ul>	Arbuste
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.</li> </ul>	Arbuste
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Macroptilium atropurpureum</i> (D C.) Urb.</li> </ul>	Arbre
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw</li> </ul>	Arbuste
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Dichrostachys tenuifolia</i> Benth.</li> </ul>	Arbre
ASTERACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Tridax procumbens</i> L.</li> </ul>	Arbuste
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Senecio madagascariensis</i> Poir.</li> </ul>	Arbuste
ASCLEPIADACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Secamonopsis madagascariensis</i> Jum.</li> </ul>	Arbuste
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Leptadenia madagascariensis</i> Decne.</li> </ul>	Arbuste
SALVADORACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Azima tetracantha</i> Lam.</li> </ul>	Arbre
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Salvadora angustifolia</i> Turrill.</li> </ul>	Arbuste
ANACARDIACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Operculicarya decaryi</i> H.Perrier</li> </ul>	Herbacée
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Poupartia caffra</i> (Sond.) H.Perrier</li> </ul>	Herbacée
CACTACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.) Haw.</li> </ul>	Arbuste
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Opuntia inermis</i> (D C) D. C.</li> </ul>	Arbuste
APOCYNACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Plectaneia stenophylla</i> Jum.</li> </ul>	Arbre
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Pentopetia grevei</i> (Baill.) Venter.</li> </ul>	Arbre
EUPHORBIACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Croton mahafaliensis</i> Leandri</li> </ul>	Herbacée
SAPINDACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Allophylus decaryi</i> Danguy &amp; Choux</li> </ul>	Arbre
NYCTAGINACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Boerhavia diffusa</i> L.</li> </ul>	Arbuste
VERBENACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Clerodendrum arenarium</i> J.G.Baker.</li> </ul>	Arbuste
FLACOURTIACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr.</li> </ul>	Arbre
CYPERACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Pycneus polystachyos</i> (Rottb.) P.Beauv.</li> </ul>	Arbuste
SAPOTACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Capurodendron mandrarensis</i> Aubrév.</li> </ul>	Arbre
EBENACEAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diospyros sclerophylla</i> H. Perrier.</li> </ul>	Arbuste

FAMILLE	NOM SCIENTIFIQUE	PORT
<i>SOLANACEAE</i>	• <i>Solanum hippophaeoides</i> Bitter in <i>Herb</i>	Arbuste
<i>AIZOACEAE</i>	• <i>Mollugo decandra</i> Sc.Elliot	Arbuste
<i>BORAGINACEAE</i>	• <i>Cordia caffra</i> Sond.	Arbre
<i>MELIACEAE</i>	• <i>Melia azedarach</i> L.	Arbre
<i>CAPPARIDACEAE</i>	• <i>Thilachium sumangui</i> Bojer.	Arbuste
<i>COMBRETACEAE</i>	• <i>Combretum collinum</i> Loefl.	Arbre
<i>CEASALPINIACEAE</i>	• <i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook) Raf.	Arbre

Les familles *Poaceae* et *Fabaceae* sont les plus dominantes avec respectivement 10 espèces et 11 espèces. Les familles *asteraceae*, *asclepiadaceae*, *salvadoraceae*, *anacardiaceae*, *cactaceae*, et *apocynaceae* présentent chacune 2 espèces et les autres familles (les restes) avec seulement une seule espèce.

### I.1.2. Proportion des espèces étudiées selon leur famille

La figure 8 présente la proportion des espèces fourragères prélevées dans la zone d'étude selon leur famille botanique.

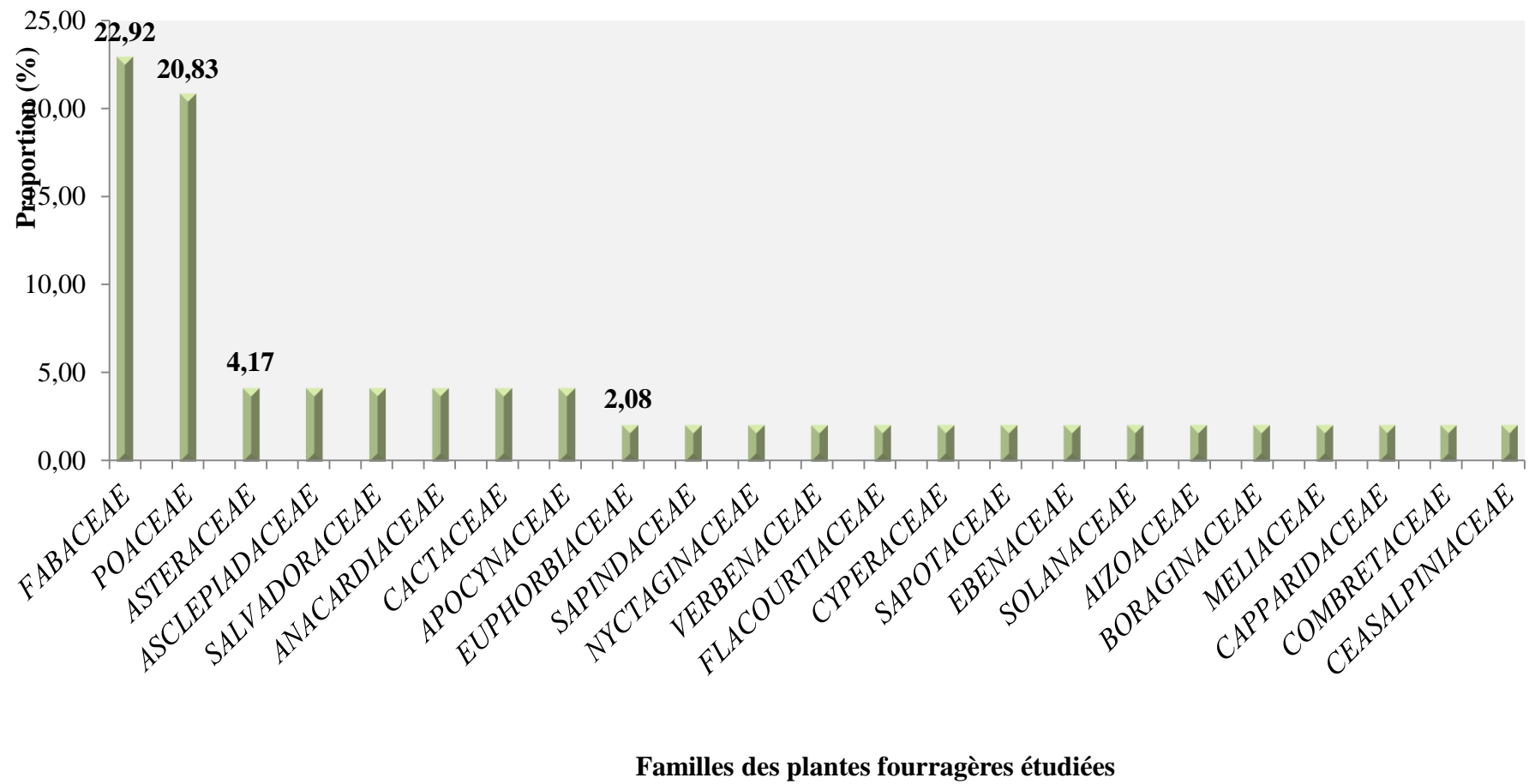
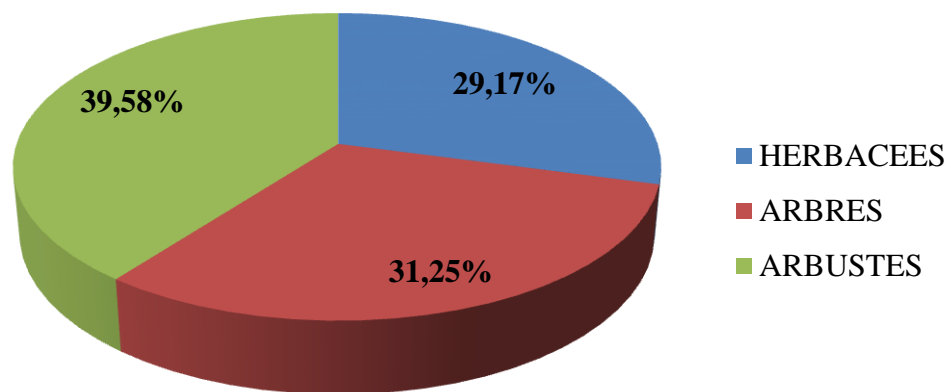


Figure 8: Répartitions des plantes fourragères selon leur famille

Une variation de la composition botanique du parcours naturels de la zone d'étude a été observée. Les familles les plus représentées sont *Fabaceae* (22,92%), suivies par *Poaceae* (20,83%).

### I.1.3. Types de ports

La figure 9 illustre la répartition des plantes fourragères selon leurs types de ports respectifs.



**Figure 9: Ports des plantes fourragères consommées par les ruminants**

Les herbacées, arbres et arbustes fourragères représentent respectivement 29,17%, 31,25% et 39,58% du régime alimentaire des ruminants dans le District d'Ambovombe. Ces plantes constituent un potentiel alimentaire tout au long de l'année pour les ruminants.

## I.2. Détermination des compositions chimiques et valeurs nutritives des ressources fourragères

### I.2.1. Compositions chimiques et valeurs nutritives

Le tableau III rapporte sur la moyenne des compositions chimiques et valeurs nutritives des plantes fourragères.

**Tableau III: Compositions chimiques et valeurs nutritives des fourrages**

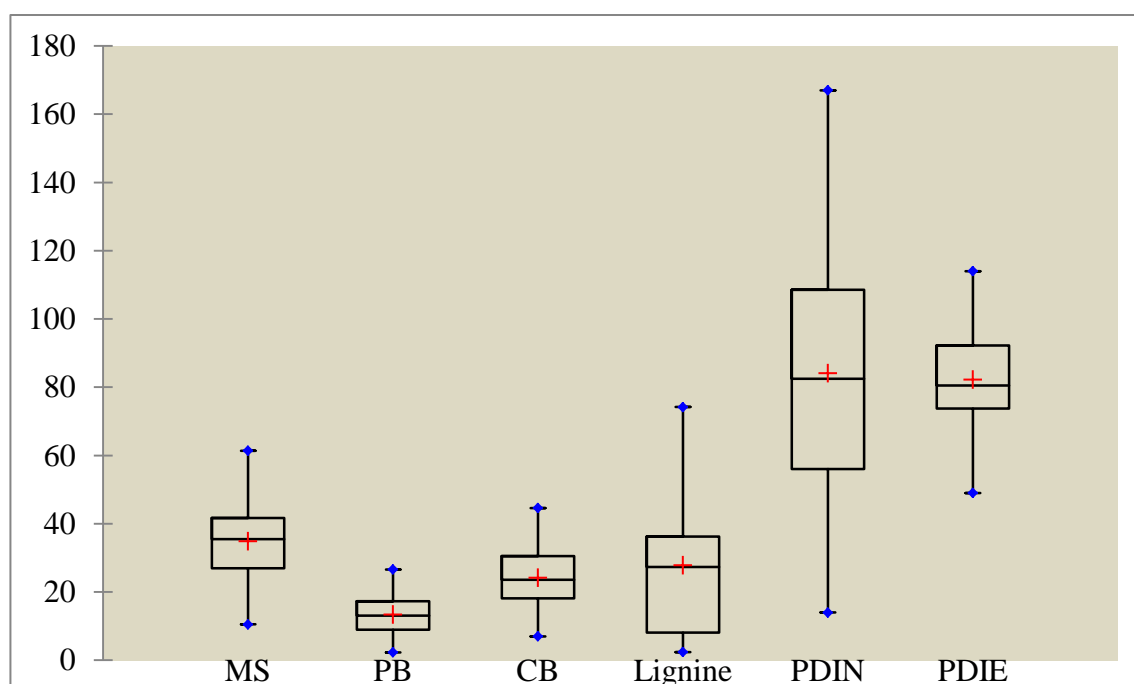
NOMS SCIENTIFIQUES	MS	PB	CB	Lignine	dMO	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P
<i>Panicum mahafalense</i> A.Camus.	33,3	8,9	33,7	2,7	0,70	0,68	0,61	56	63	0,19	0,04
<i>Panicum pseudovoeltzkowii</i> ( Mez). A.Camus.	38,3	15,1	28,1	4,1	0,71	0,78	0,71	95	88	0,21	0,45
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P.Beaw.	27,5	12,2	36,3	3,7	0,70	0,76	0,69	77	80	0,55	0,43
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	30,0	9,3	22,3	25,1	0,69	0,76	0,69	58	74	0,41	0,35
<i>Andropogon eucomus</i> Nees.	27,3	26,0	32,3	3,1	0,73	0,81	0,74	164	114	0,13	0,05
<i>Cynodon dactylon</i> (L) Pers.	31,6	17,5	38,7	2,4	0,71	0,80	0,72	110	96	0,05	0,05
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	23,1	2,3	7,0	2,9	0,71	0,82	0,74	14	68	0,04	0,02
<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf.	44,2	5,3	29,8	6,8	0,70	0,79	0,71	34	71	0,50	0,07
<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick.	57,1	10,4	30,2	4,8	0,71	0,75	0,68	66	74	0,81	0,12
<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	23,5	6,9	38,3	3,2	0,70	0,78	0,70	44	73	0,39	0,11
<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston.	24,4	25,2	17,7	13,2	0,74	0,77	0,70	158	106	0,50	0,82
<i>Pithecellobium dulce</i> Benth.	35,5	14,3	18,6	25,5	0,72	0,78	0,71	90	86	1,40	0,70
<i>Tamarindus indica</i> L.	38,3	16,1	29,0	22,4	0,72	0,78	0,70	101	90	1,93	0,61
<i>Indigofera compressa</i> Lam.	45,3	7,6	34,7	5,7	0,70	0,78	0,70	48	73	2,16	0,31
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach. and Thonn.) J.Léonard.	36,2	12,5	26,5	24,7	0,71	0,76	0,69	79	80	2,18	0,72
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) D.C.	24,3	21,5	31,9	36,8	0,72	0,77	0,69	135	99	1,46	0,55
<i>Indigofera astragalina</i> D C.,	33,3	15,8	26,7	8,5	0,72	0,76	0,69	100	86	1,80	0,60
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	47,4	18,2	28,2	49,3	0,72	0,77	0,69	114	92	1,71	0,25

NOMS SCIENTIFIQUES	MS	PB	CB	Lignine	dMO	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (D C.) Urb.	28,8	16,4	21,0	33,5	0,72	0,73	0,67	103	83	1,89	0,01
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.	40,4	9,1	44,6	6,5	0,69	0,76	0,69	57	75	1,16	0,32
<i>Dichrostachys tenuifolia</i> Benth.	45,3	17,2	27,7	27,1	0,72	0,78	0,71	108	93	0,94	0,29
<i>Tridax procumbens</i> L.	15,8	10,5	18,5	35,0	0,72	0,75	0,68	66	74	2,66	0,31
<i>Senecio madagascariensis</i> Poir.	22,1	8,8	23,1	15,7	0,71	0,77	0,69	55	74	1,03	0,03
<i>Secamonopsis madagascariensis</i> Jum.	40,0	18,1	24,0	3,3	0,72	0,77	0,70	114	93	0,94	0,50
<i>Leptadenia madagascariensis</i> Decne.	20,5	7,1	18,8	44,9	0,71	0,74	0,67	44	67	1,83	0,78
<i>Azima tetracantha</i> Lam.	46,1	17,2	13,2	74,0	0,73	0,71	0,64	108	81	5,06	0,23
<i>Salvadora angustifolia</i> Turrill.	34,9	15,6	12,7	74,2	0,73	0,67	0,61	98	74	4,87	0,23
<i>Operculicarya decaryi</i> H.Perrier.	48,1	18,6	18,3	19,7	0,73	0,81	0,74	117	99	1,10	0,24
<i>Poupartia caffra</i> (Sond.) H.Perrier.	34,9	8,9	9,5	69,8	0,72	0,73	0,67	56	69	2,14	0,45
<i>Opuntia inermis</i> (D C) D. C.	10,5	13,7	7,3	69,2	0,73	0,79	0,72	86	85	2,72	0,14
<i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.) Haw.	61,4	2,6	16,4	24,1	0,71	0,68	0,61	16	49	2,56	0,51
<i>Plectaneia stenophylla</i> Jum.	36,4	2,4	14,1	12,1	0,71	0,78	0,71	15	63	2,11	0,30
<i>Pentopetia grevei</i> (Baill.) Venter.	38,0	13,8	18,6	60,3	0,72	0,78	0,71	87	84	0,93	0,38
<i>Croton mahafaliensis</i> Leandri.	45,0	19,0	36,4	28,1	0,71	0,79	0,71	119	97	0,46	0,13
<i>Allophylus decaryi</i> Danguy&Choux.	40,9	12,2	14,6	21,1	0,72	0,79	0,72	77	83	0,66	0,47
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	24,0	16,7	16,7	42,5	0,73	0,68	0,62	105	77	0,24	0,64
<i>Clerodendrum arenarium</i> J.G.Baker.	25,8	3,9	21,5	28,4	0,70	0,73	0,66	25	59	2,71	0,71

NOMS SCIENTIFIQUES	MS	PB	CB	Lignine	dMO	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P
<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr.	41,4	8,1	25,0	32,3	0,71	0,76	0,69	51	72	0,96	0,38
<i>Pycreus polystahyos</i> (Rottb.)P.Beauv.	35,4	11,9	26,8	27,5	0,71	0,80	0,72	75	85	0,22	0,15
<i>Capurodendron mandrareense</i> Aubrév.	50,0	21,6	22,0	36,1	0,73	0,82	0,75	136	106	0,88	0,23
<i>Diospyros sclerophylla</i> H. Perrier.	29,4	10,6	37,7	32,5	0,70	0,76	0,69	67	78	2,34	0,49
<i>Solanum hippophaeoides</i> Bitter in Herb.	39,4	22,6	9,6	33,5	0,74	0,78	0,71	142	102	1,14	0,43
<i>Mollugo decandra</i> Sc.Elliot .	32,2	3,8	20,5	29,5	0,71	0,75	0,68	24	62	1,40	0,51
<i>Cordia caffra</i> Sond.	22,3	12,5	11,5	67,8	0,72	0,72	0,66	78	74	1,93	0,87
<i>Melia azedarach</i> L.	16,0	26,6	18,8	38,4	0,74	0,77	0,70	167	108	2,85	0,41
<i>Thilachium sumangui</i> Bojer.	43,2	15,5	31,3	44,8	0,71	0,79	0,72	97	91	0,51	0,58
<i>Combretum collinum</i> Loefl.	42,3	9,7	42,3	28,1	0,70	0,75	0,67	61	74	0,68	0,59
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook) Raf.	40,6	22,5	26,9	30,4	0,72	0,77	0,70	141	101	0,52	0,27

Puisqu'il s'agit de fourrages naturels et presque toutes les espèces récoltées sont des fourrages non conventionnels, de familles, d'espèces et de stade de récolte différents, une grande variabilité des composants chimiques et nutritifs entre les différentes espèces a été observée.

Les Boxplots des différentes variables (figures 10, 11 et 12), résument cette variabilité. Le résultat de la statistique descriptive élémentaire des variables est illustré dans l'annexe 8.



**Figure 10: Boxplot des variables matières sèches, fibres et protéines**

A partir des résultats obtenus, l'espèce *Opuntia dillenii* (Ker Gawl.) Haw. flambé présente le taux le plus important de matière sèche : 61,4% ; contrairement aux *Opuntia inermis* (D C) D. C. avec une teneur en matière sèche de 10,5%.

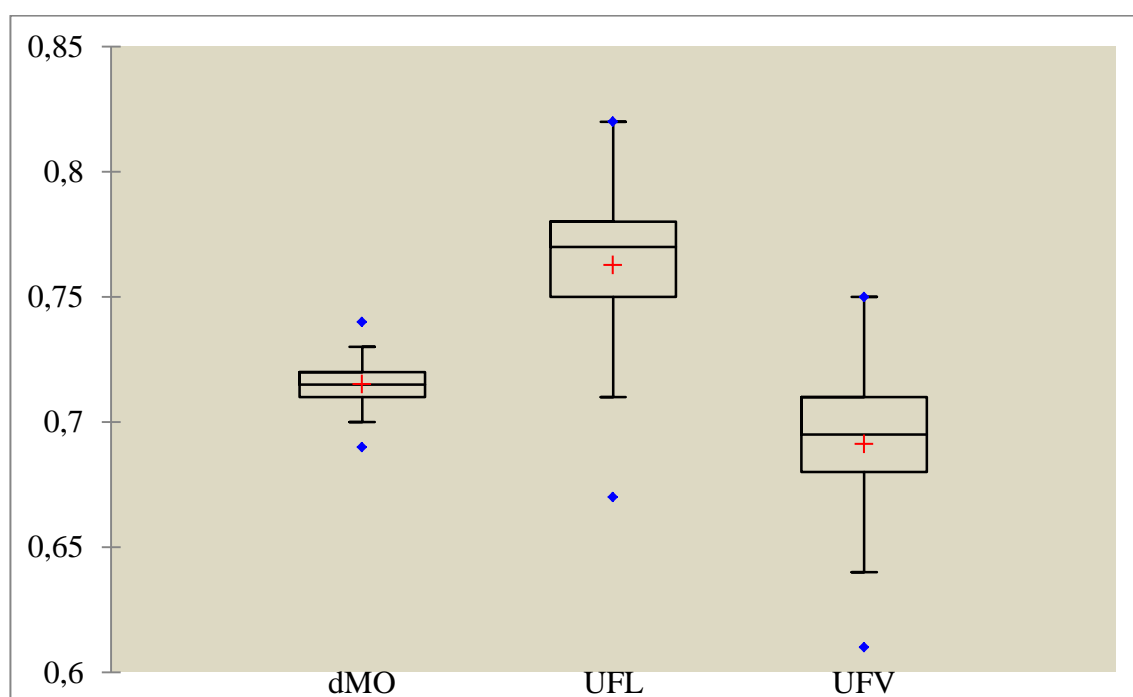
Concernant les PB, la moyenne générale observée est de 13,4%MS avec une dispersion moyenne de 46,6%. La moitié des échantillons possède une valeur qui dépasse 13,1%MS. La valeur maximale (26,6% MS) est enregistrée dans le dosage de *Melia azedarach* L..

Les fourrages naturels étudiés sont riches en fibres brutes (CB) et dosent en moyenne 24,2%MS avec une dispersion moyenne de 38,6%. Il est à remarquer cependant que dans 50% des fourrages travaillés, le taux de CB dépasse 23,6%MS.

Les fibres Van Soest se caractérisent par des teneurs en lignine assez faibles avec un taux moyen de 27,8%MS mais la dispersion est supérieure à 50 % (73,4%).

En ce qui concerne les apports en protéine digestible, les résultats montrent une dispersion plus importante pour PDIN (CV= 46,5%) que pour PDIE (CV= 17,1%). La moyenne est de 84 g/kg de MS pour PDIN et 82 g/kg de MS pour PDIE. Le plus faible apport en PDIN (14 g/kg de MS) est représenté par *Cenchrus ciliaris* L. et l'espèce qui fournit le plus de PDIN (167 g/kg de MS) est *Melia azedarach* L.. Pour la PDIE, *Opuntia dillenii* (Ker Gawl.) Haw. est l'espèce la moins riche (49 g/kg de MS) alors que l'espèce la plus riche est *Andropogon eucomus* Nees. (114 g/kg de MS).

La figure 11 suivante illustre les résumés de la variabilité de la composition chimique des fourrages en digestibilité et en valeurs énergétiques.

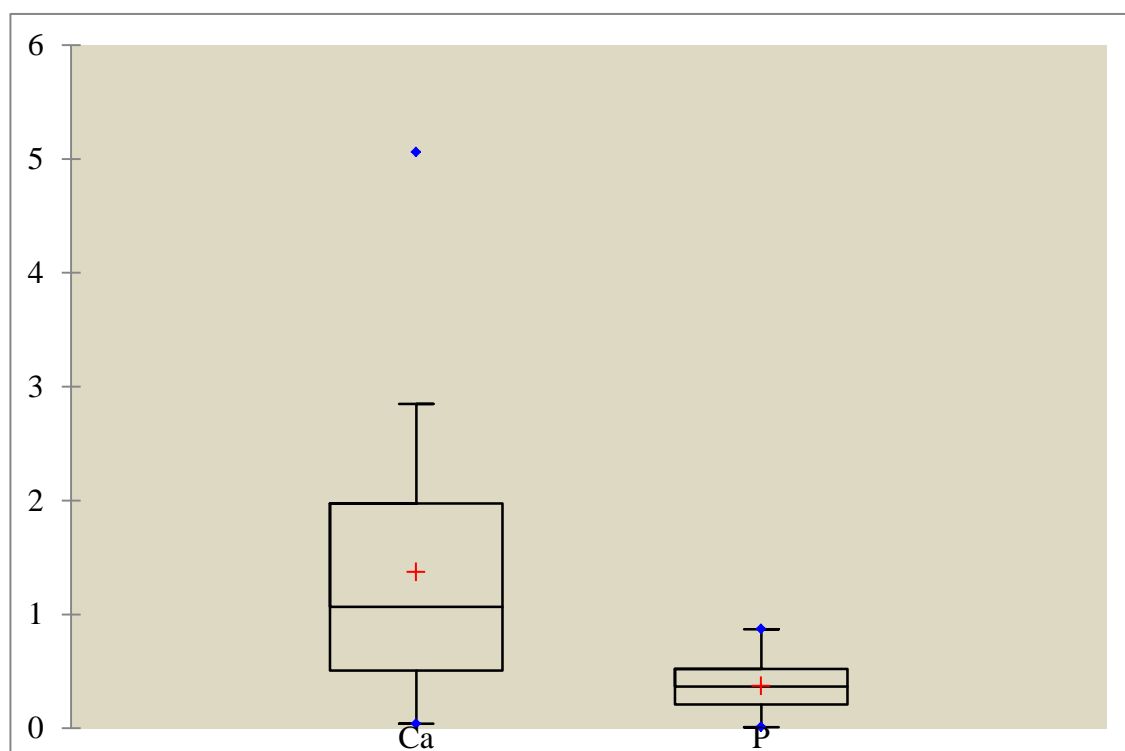


**Figure 11: Boxplot des variables digestibilité et valeurs énergétiques**

D'une façon générale, toutes les plantes étudiées ont un dMO élevé avec une teneur moyenne et médiane identique 0,71%, un écart type très faible de 0,01. Cette teneur est relativement variable selon les espèces.

Les valeurs énergétiques des fourrages évoluent respectivement de 0,67 (pour *Salvadora angustifolia* Turrill.) à 0,82 (cas de *Capurodendron mandrareuse* Aubrév. et *Cenchrus ciliaris* L.) pour les UFL. Alors qu'elles varient de 0,61 (pour *Panicum mahafalense* A. Camus, *Salvadora angustifolia* Turrill. et *Opuntia dillenii* (Ker Gawl.) Haw.) à 0,75 (pour *Capurodendron mandrareuse* Aubrév.) pour les UFV. Il est important de noter que ces valeurs énergétiques dépassent respectivement pour UFL et UFV de 0,77 et 0,69 dans 50% des fourrages naturels étudiés.

La figure 12 représente la variabilité des fourrages étudiées en éléments minéraux.



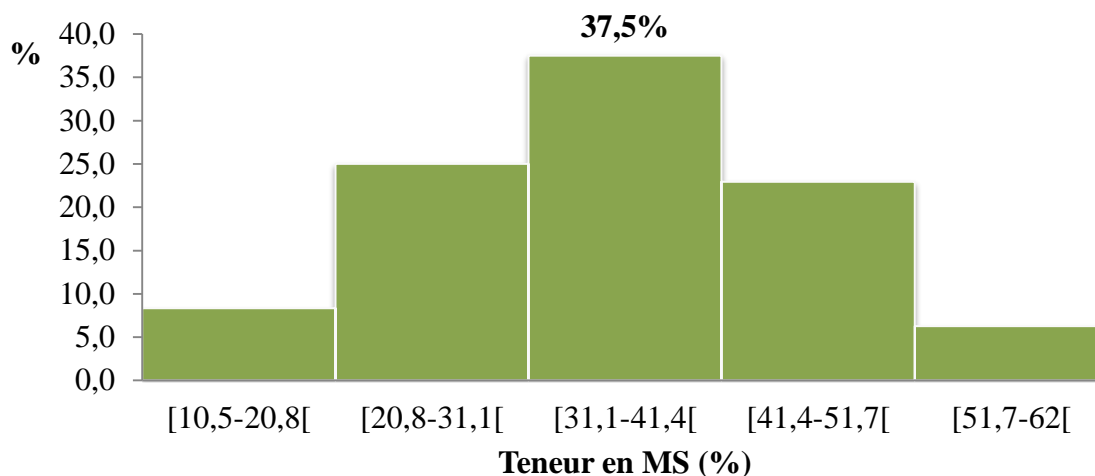
**Figure 12: Boxplot des variables en minéraux**

Avec une moyenne de 1,37%MS et 0,37%MS respectivement pour le Ca et le P, le taux le plus faible est de 0,04%MS, enregistré chez *Cenchrus ciliaris* L. pour le Calcium et de 0,01%MS, enregistré chez *Macroptilium atropurpureum* (D C.) Urb. pour le phosphore.

### I.2.2. Repartition des teneurs en compositions chimiques et en éléments nutritifs des fourrages

- **Variation des teneurs en MS**

La figure 13 enregistre la repartition des valeurs des teneurs en MS des espèces fourragères étudiées.

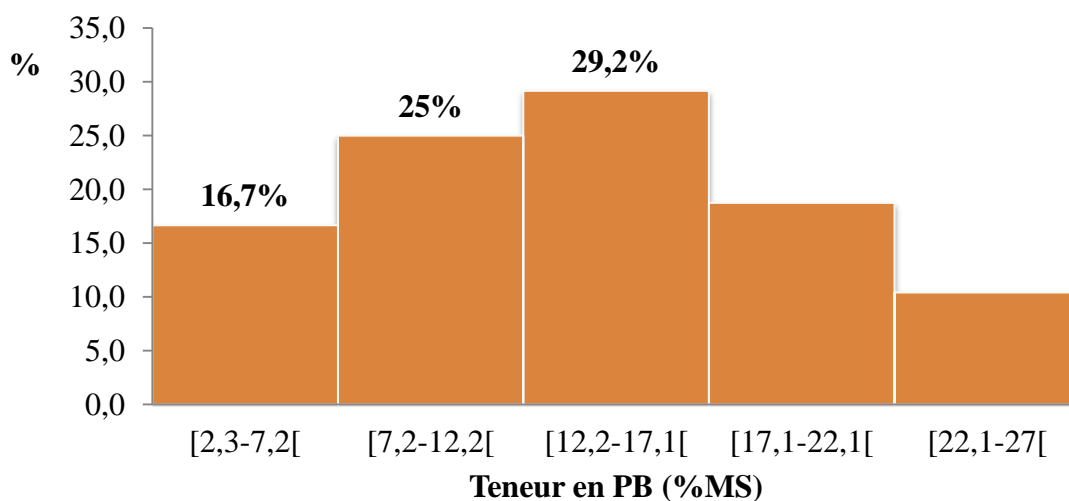


**Figure 13: Repartition de la teneur en Matière Sèche (MS) des plantes fourragères**

La majorité (37,5%) des espèces fourragères analysées possède une teneur en matière sèche comprise entre l'intervalle de 31,1 à 41,4%.

- **Variation des teneurs en PB**

Les résultats obtenus par l'analyse chimique en protéine brute des principales plantes fourragères étudiées sont rapportés dans la figure 14.

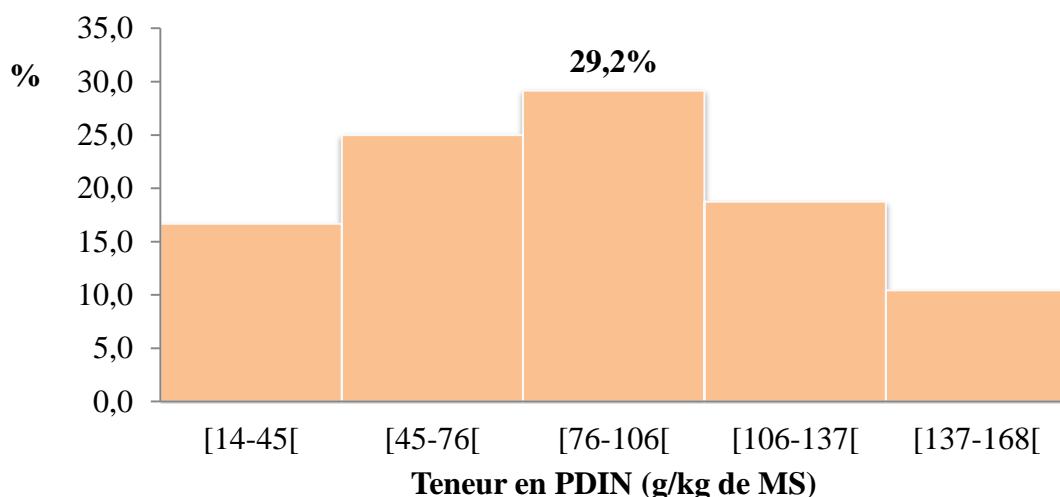


**Figure 14: Repartition de la teneur en Protéine Brute (PB) des fourrages**

Les plantes fourragères sont riches en protéine brute. Les espèces fourragères qui ont des valeurs en protéine brute entre 12,2 à 17,1% MS et entre 7,2 à 12,2%MS présentent des proportions assez proches, respectivement de 29,9% et 25%. Tandis que 16,7% des fourrages ont des teneurs en PB faibles (entre 2,3 à 7,2%MS).

- **Variation de la teneur en PDIN**

La repartition des valeurs en PDIN des fourrages est enregistrée dans la figure 15.

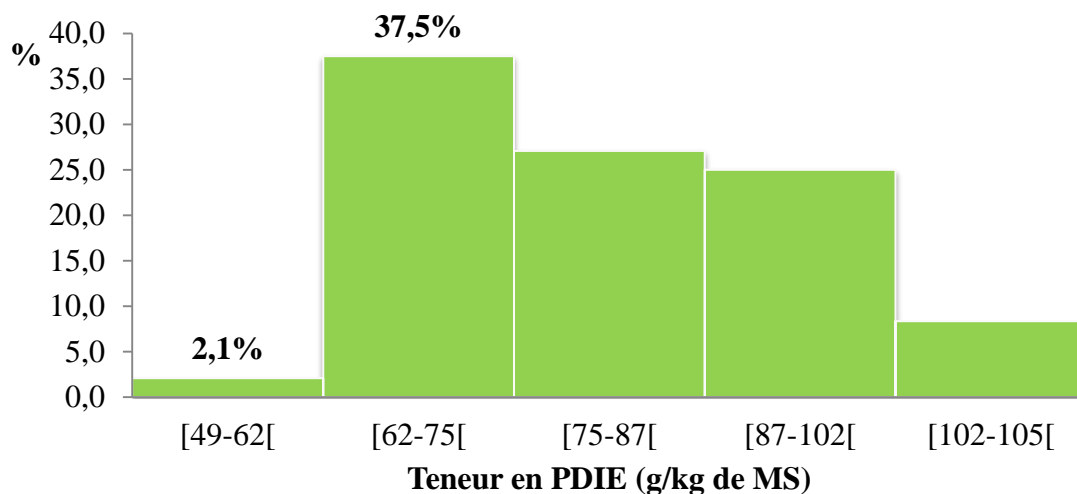


**Figure 15: Repartition de la teneur en Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'Azote (PDIN) des espèces fourragères étudiées**

L'analyse du graphique révèle que les teneurs en PDIN de 29,2% des fourrages étudiés sont comprises entre une valeur minimale de 76 g/kg de MS à une valeur maximale de 106g/kg de MS.

- **Variation de la teneur en PDIE**

Les teneurs en PDIE des fourrages se répartissent dans la figure ci dessous.

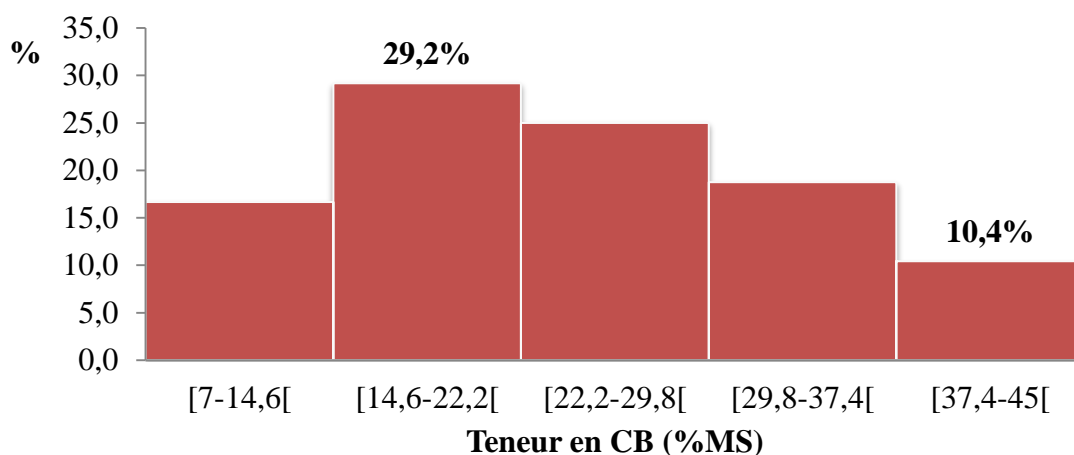


**Figure 16: Repartition de la teneur en Protéines Digestibles dans l'Intestin limitées par l'Energie (PDIE) des plantes fourragères étudiées**

La majorité des fourrages (37,5%) a une teneur en PDIE comprise entre 62 à 75g/kg de MS. Les teneurs les plus faibles ne concernent qu'une minorité des fourrages (2,1% entre 49 à 62g/kg de MS).

- **Variation des teneurs en CB**

Les résultats des teneurs en cellulose brute des espèces végétales étudiées sont représentés dans la figure 17.

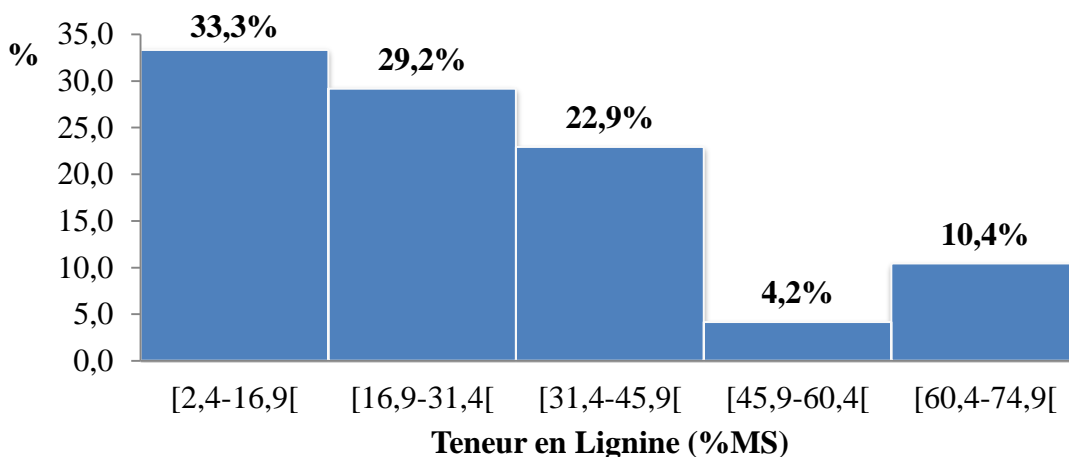


**Figure 17: Repartition de la teneur en Cellulose Brute (CB) des matières végétales**

La teneur en CB est très variable. Une proportion de 10,4% des fourrages analysés possède des teneurs en cellulose brute de 37,4 à 45%MS. Alors qu'une proportion de 29,2% des plantes fourragères trouve une teneur appartenant à l'intervalle de 14,6 à 22,2%MS.

#### • Variation des teneurs en Lignine

La figure 18 représente la repartition des valeurs des fourrages en Lignine.



**Figure 18: Repartition de la teneur en Lignine des plantes fourragères**

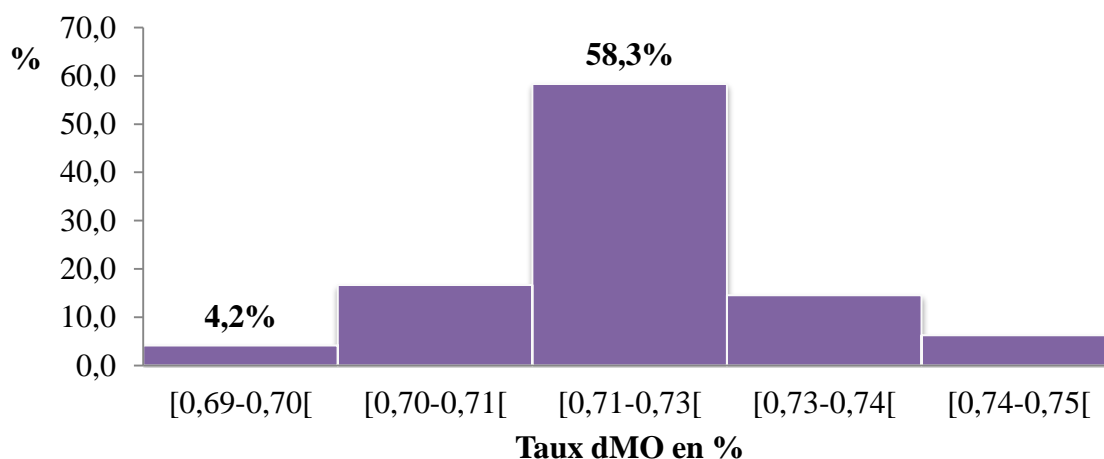
La repartition des proportions des fourrages à propos de la teneur en lignine est relativement différente :

- 4,2% des fourrages ont des teneurs comprises entre 45,9 à 60,4%MS,
- 10,4% avec des teneurs entre 60,4 à 74,9%MS,

- 22,9% avec des teneurs entre 31,4 à 45,9%MS,
- 29,2% avec des teneurs entre 16,9 à 31,4%MS,
- 33,3% avec des teneurs entre 2,4 à 16,9%MS.

#### • Variation du taux de la dMO

La figure 19 montre la repartition des différentes variations de la dMO des espèces fourragères.

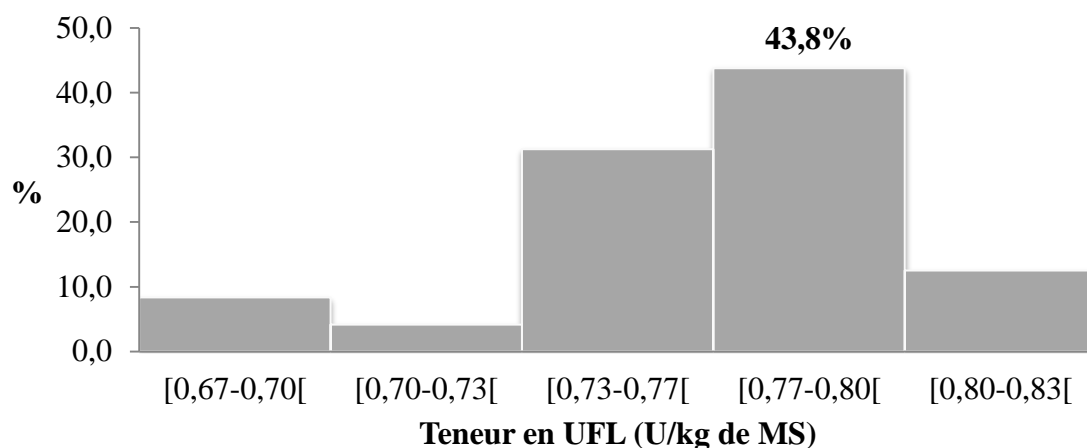


**Figure 19: Repartition du taux en digestibilité de la Matière Organique (dMO) des fourrages**

Une repartition irrégulière des fourrages a été observée. Plus de la moitié des espèces étudiées (58,3%) ont des taux en dMO assez élevés entre 0,71 à 0,73%. Par contre le pourcentage des fourrages avec un taux oscillant entre 0,69 à 0,70% sont très faible (4,2%).

#### • Variation de la teneur en UFL

La figure 20 illustre la repartition des valeurs en UFL des espèces végétales rencontrées dans la zone d'étude.

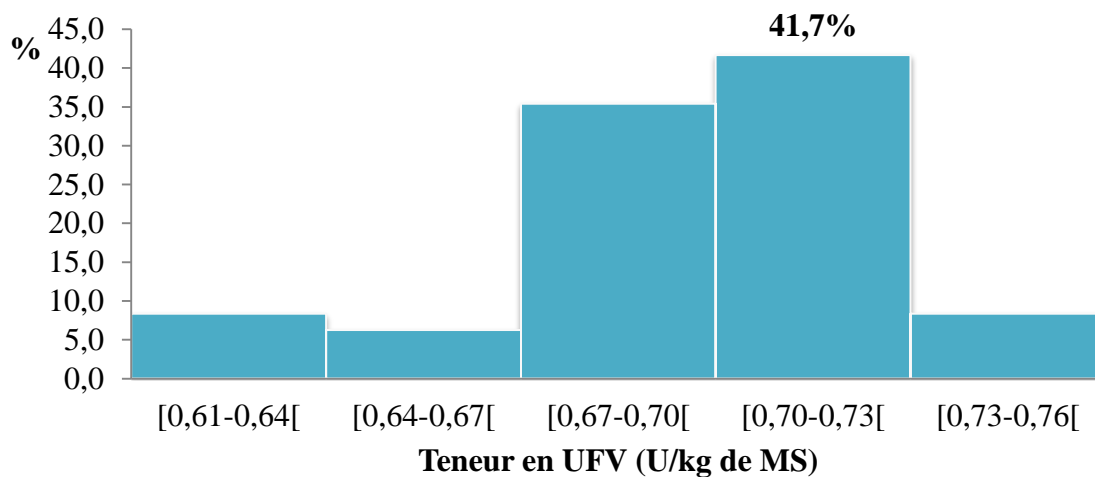


**Figure 20: Repartition de la teneur en Unité Fourragère Lait (UFL) des fourrages étudiés**

La totalité des fourrages sont très riches en UFL. Ces résultats montrent qu'il existe une proportion de 43,8% des espèces étudiées qui ont des taux en UFL très élevés, compris entre 0,77 à 0,80 U/kg de MS.

- **Variation de la teneur en UFV**

La figure 21 présente la distribution des espèces fourragères en fonction de leur teneur en UFV.

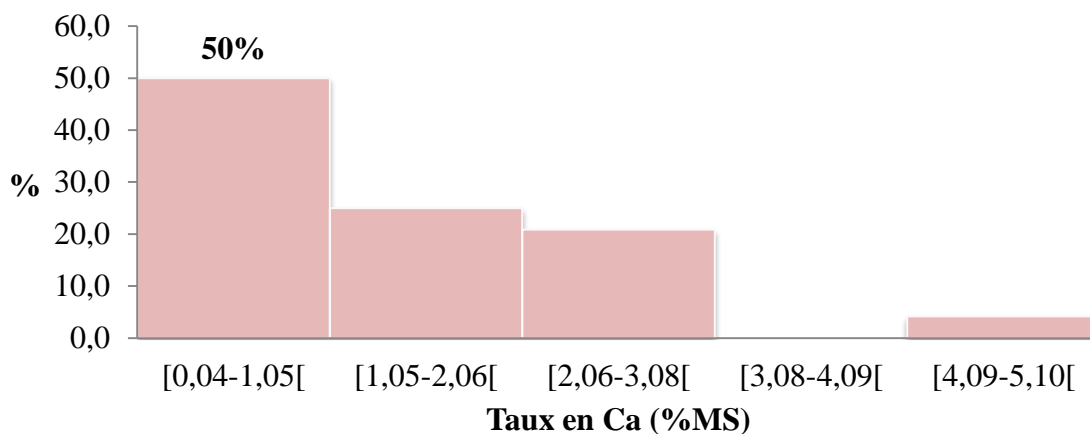


**Figure 21: Repartition de la teneur en Unité Fourragère Viande (UFV) des matières végétales étudiées**

Les espèces rencontrées sont toutes riches en énergie surtout en UFV. Presque la moitié (41,7%) trouve des teneurs en UFV comprises entre 0,70 à 0,73 U/kg de MS.

- **Variation de la teneur en Ca**

Les taux en Calcium des espèces fourragères se distribuent dans la figure 22.

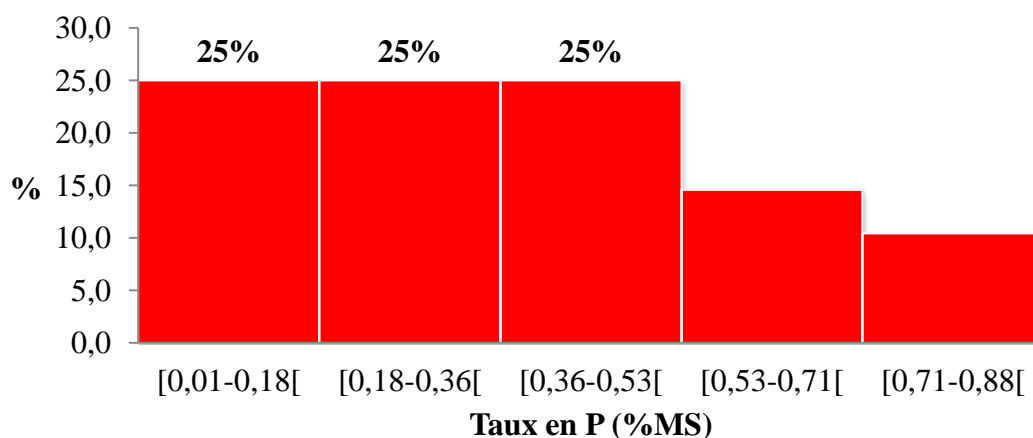


**Figure 22: Repartition de la teneur en Calcium (Ca) des fourrages étudiés**

Les teneurs en Calcium de la moitié des espèces étudiées varient de 0,04 à 1,05%MS. Les valeurs la plus forte est enregistrée dans 4,2% des plantes (4,09 à 5,10%MS).

- **Variation de la teneur en P**

La figure 23 synthétise la distribution des teneurs en Phosphore des plantes fourragères étudiées.



**Figure 23: Repartition de la teneur en Phosphore (P) des espèces végétales étudiées**

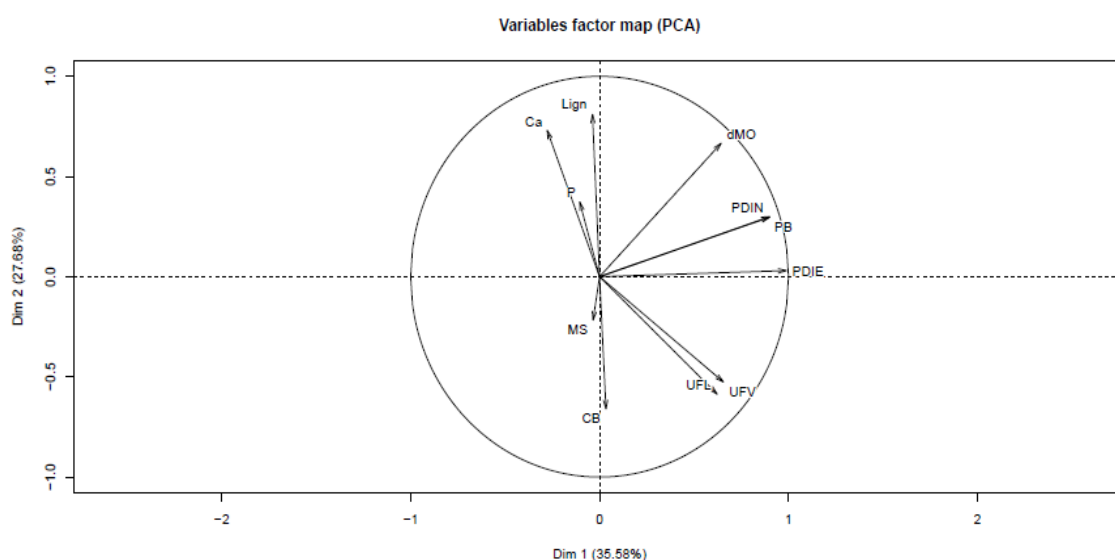
La figure 25 indique que les teneurs en P des fourrages de cette étude sont très variables. La distribution des fourrages dans les trois classes 0,01 à 0,18%MS puis de 0,18 à 0,36%MS et de 0,36 à 0,53%MS est égale. Toutes les trois classes comportent 25% des espèces étudiées.

### I.3. Aspects typologiques des fourrages

Les codes utilisés pour la typologie des espèces fourragères dans l'ACP sont représentés dans l'annexe 12.

#### I.3.1. Relations nutritionnelles

La figure 24 représente la projection des variables dans le plan factoriel des deux premières dimensions. La matrice de corrélation des variables est présentée dans l'annexe 10.



**Figure 24: Cercle de corrélation des différentes variables de l'étude**

La figure ci-dessus qui illustre le cercle des corrélations entre les différentes variables étudiées permet de repérer rapidement les groupes de variables liées entre elles et celles opposées. Cette figure montre que la dimension Dim 1 explique à lui seul 35,58% de l'ensemble de la variation, et la dimension Dim 2 explique 27,68%. Les deux axes fournissent 63,26% d'informations nutritionnelles.

L'observation de la figure regroupe les variables nutritionnelles en trois groupes :

- **Pour la Dim 1:**

Un groupe dans l'extrémité positive est formé par les paramètres dont la corrélation est importante : PDIE, PDIN, PB et dMO. Ces 4 variables sont fortement corrélées avec l'axe 1 et elles sont également bien représentées sur le cercle de corrélation. La variable PB est positivement corrélée avec la variable PDIN ( $r=0,99$ ), également avec PDIE ( $r=0,93$ ) et dMO ( $r=0,71$ ), mais faiblement corrélée avec UFL ( $r=0,23$ ) et UFV ( $r=0,27$ ).

- **Pour la Dim 2:**

Deux groupes distincts sont observés.

Le premier groupe dans l'extrémité positive est formé par les variables dont la corrélation est aussi importante : la Lignine, le Ca et le P qui sont corrélés positivement entre eux. La Lignine est fortement corrélée avec cet axe, sa corrélation avec la variable Ca est moyenne ( $r=0,60$ ) mais elle est faiblement corrélée avec P ( $r=0,21$ ).

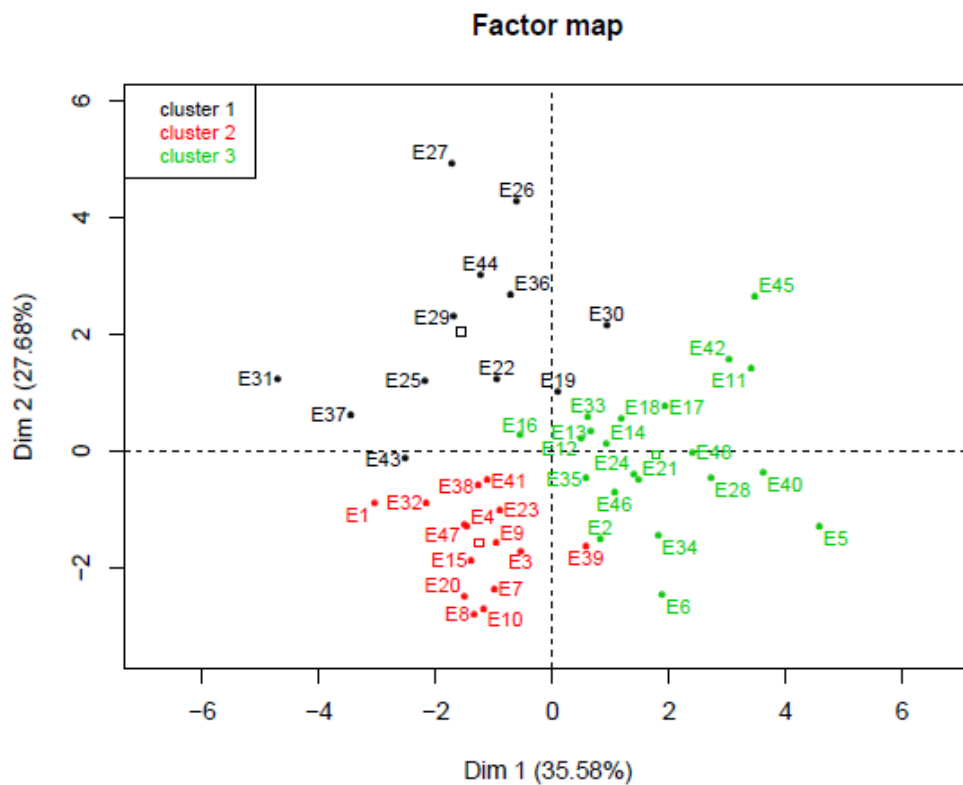
Le deuxième groupe, de l'autre extrémité de l'axe, comprend les variables CB et MS qui sont positivement corrélées entre eux mais négativement corrélées avec le premier groupe. Le CB est fortement corrélé à l'axe 2 dans l'extrémité négative, mais faiblement corrélé avec MS ( $r=0,21$ ).

L'axe 2 sert donc essentiellement d'axe d'opposition entre les variables Lignine, Ca et P et les variables CB et MS.

### **I.3.2. Classification ascendante hiérarchique des plantes fourragères**

La figure 25 présente la projection des 48 plantes fourragères de cette étude sur le plan principal de l'ACP.

La signification des codes utilisés dans le graphique est retrouvée dans l'annexe 12.

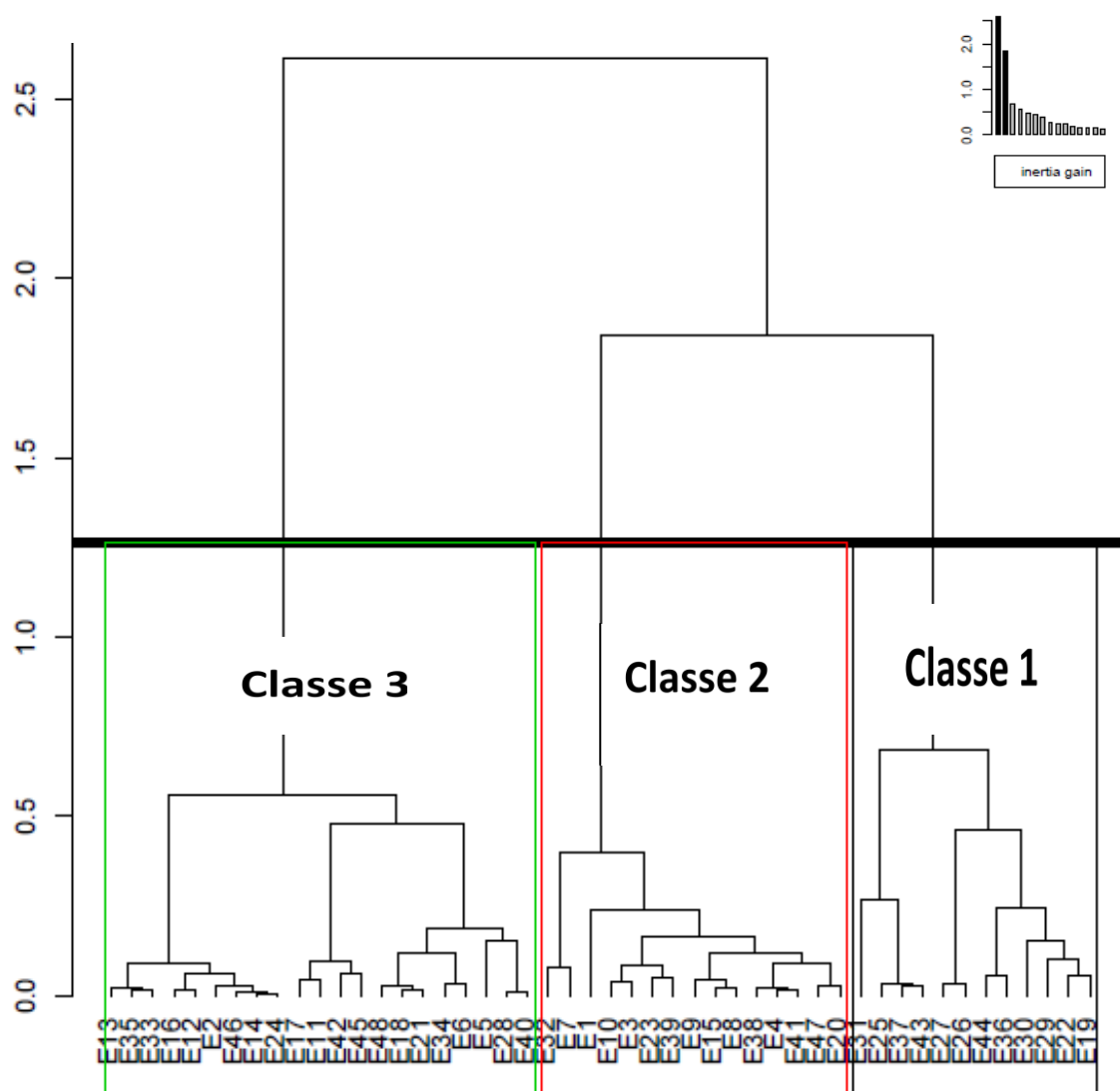


**Figure 25: Classification des fourrages selon les espèces étudiées**

Les axes 1 (35,58%) et 2 (27,68%) sont retenus pour la classification des fourrages selon l'espèce avec 63,26% d'information. Par conséquent, 3 classes ont été obtenues (clusters) : la classe 1 (cluster1, n=12), la classe 2 (cluster2, n=15) et la classe 3 (cluster3, n=21).

Les caractères nutritionnels que cette étude a décelés comme discriminants pour classer les fourrages par ordre décroissant sont les suivantes : PDIE, PDIN, PB, dMO, Lign, UFV, Ca, CB et P.

Une typologie des espèces fourragères a été effectuée à partir de la classification ascendante hiérarchique. Il en résulte un arbre hiérarchique illustré par la figure 26. La signification des codes utilisés dans le graphique est retrouvée dans l'annexe 12.



**Figure 26: Dendrogramme de la classification hiérarchique des plantes fourragères**

Les espèces fourragères les plus représentatives de la classe 1, 2 et 3 sont respectivement les espèces représentées par E29 (*Poupartia caffra* (Sond.) H.Perrier.), E4 (*Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.) et E24 (*Secamonopsis madagascariensis* Jum.). La description des individus des classes de la typologie est détaillée dans le paragraphe suivant :

**La classe 1 :** elle est constituée par *Macroptilium atropurpureum* (D C.) Urb., *Tridax procumbens* L., *Leptadenia madagascariensis* Decne., *Azima tetracantha* Lam., *Salvadora angustifolia* Turrill., *Poupartia caffra* (Sond.) H.Perrier., *Opuntia dillenii*

(Ker Gawl.) Haw., *Opuntia inermis* (D C) D.C., *Boerhavia diffusa* L., *Clerodendrum arenarium* J.G.Baker., *Mollugo decandra* Sc. Elliot., et par *Cordia caffra* Sond..

Ces individus sont caractérisés par une teneur en Lignine relativement élevée pour l'ensemble des plantes (Lign: Moy = 49,4 ; ET = 19,1 ;  $p = 2,87.e^{-05}$ ) et possèdent une teneur en Calcium appréciable (Ca: Moy = 2,50; ET = 1,28 ;  $p = 5,44.e^{-05}$ ).

**La classe 2:** elle est constituée par *Panicum mahafalense* A.Camus., *Heteropogon contortus* (L.) P.Beaw., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., *Cenchrus ciliaris* L., *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf., *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick., *Pennisetum purpureum* Schumach., *Indigofera compressa* Lam., *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw., *Senecio madagascariensis* Poir., *Plectaneia stenophylla* Jum., *Flacourtia indica* (Burm.f.) Merr., *Pycnus polystachyos* (Rottb.)P.Beauv., *Diospyros sclerophylla* H. Perrier. et par *Combretum collinum* Loefl.. Ces espèces sont caractérisées par une teneur en CB plus élevée (Moy = 29,7; ET = 9,9 ;  $p = 5,74.e^{-03}$ ) que celle des espèces des autres classes.

**La classe 3:** elle regroupe une gamme de plantes fourragères : *Panicum pseudovoeltzkowii* (Mez). A.Camus., *Andropogon eucomus* Nees., *Cynodon dactylon* (L) Pers., *Caesalpinia decapetala* (Roth) Alston., *Indigofera astragalina* D C., *Pithecellobium dulce* Benth., *Tamarindus indica* L., *Alysicarpus ovalifolius* (Schumach. and Thonn.) J. Léonard., *Mucuna pruriens* (L.) D.C., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., *Dichrostachys tenuifolia* Benth., *Secamonopsis madagascariensis* Jum., *Operculicarya decaryi* H.Perrier., *Pentopetia grevei* (Baill.) Venter., *Croton mahafaliensis* Leandri., *Allophylus decaryi* Danguy&Choux., *Capurodendron mandrareense* Aubrév., *Solanum hippophaeoides* Bitter in Herb., *Melia azedarach* L. , *Thilachium sumangui* Bojer. et *Delonix regia* (Bojer ex Hook) Raf.,

Les teneurs en valeurs azotées de ces espèces sont très élevées (PDIE : Moy = 94,95 ; ET = 8,87 ;  $p = 3,78.e^{-08}$  ; PDIN : Moy = 116,71 ; ET = 26,30 ;  $p = 4,75.e^{-07}$  et PB (Moy = 18,6 ; ET = 4,2 ;  $p = 4,84.e^{-07}$ ). Les unités fourragères (UFL: Moy = 0,78 ; ET = 0,01 ;  $p = 6,74.e^{-04}$  ; UFV: Moy = 0,71 ; ET = 0,01 ;  $p = 4,28.e^{-04}$ ) sont appréciables et constantes pour l'ensemble des plantes. Leur teneur en dMO est légèrement supérieure à la moyenne pour l'ensemble de toutes les plantes fourragères.

## **TROISIEME PARTIE : DISCUSSION**

### • Discussion sur la méthodologie

Le choix du District d'Ambovombe comme milieu d'étude a été motivé par le fait que cette zone est très riche en biodiversités naturelles mais également la région du Sud de Madagascar est réputée pour ses grands troupeaux de bovins et de petits ruminants [69]. Ils n'existent seulement que quelques études effectuées sur les ressources fourragères naturelles dans cette zone mais aucune ne concerne leurs compositions chimiques et valeurs nutritives.

L'étude s'est concentrée sur les principaux fourrages non conventionnels consommés par les animaux dans leur milieu naturel. Ces plantes sont les bases de l'alimentation des ruminants en zones arides et semi-arides comme la partie Sud de Madagascar. En effet, dans les zones arides et semi-arides, l'exploitation des fourrages cultivés n'est pas envisageable à cause de la faible pluviométrie de ces zones. Il est donc important de s'orienter vers l'étude des ressources fourragères alternatives. Le District d'Ambovombe possède une grande richesse d'espèces spontanées fourragères et pastorales propices à l'élevage des ruminants [70].

Les fourrages représentent les échantillons pour l'analyse des compositions chimiques et pour l'estimation des valeurs nutritives. Le nombre des échantillons est insuffisant pour représenter la totalité des fourrages naturels sur terrain. Le District est assez large avec des zones enclavées et inaccessibles empêchant ainsi à l'exhaustivité de la population d'étude.

Il est intéressant de réaliser des herbiers des fourrages pour avoir la classification scientifique des fourrages du milieu au cours de l'étude, mais l'absence de récoltes des appareils végétatifs nécessaires pour l'identification des plantes ainsi que les coûts relativement onéreux de l'identification et les contraintes matériels, ont limité l'étude sur des recherches bibliographiques. Le nombre d'espèces répertoriées est un indicateur qui montre l'intérêt que portent les éleveurs sur la connaissance des principaux fourrages en milieu naturel.

Le protocole bromatologique en laboratoire pour la détermination des compositions chimiques est déjà trop ancien. Cette technique dépense beaucoup de produits chimiques qui sont très onéreux et les risques pour les manipulateurs sont également élevés. La durée d'analyse nécessite plusieurs jours afin d'aboutir au résultat final. La manipulation nécessite beaucoup de justesse. Ainsi, le recours à des nouvelles

méthodes d'analyse comme les méthodes spectrométriques telles que la SPIR (Spectrométrie Proche Infrarouge) peut conduire à un meilleur résultat, plus de rapidité, plus de précision et ne nécessite pas de produit chimique, ni d'une grande quantité d'échantillon pour les analyses, seule une petite quantité suffit (4 à 5 grammes). Cette méthode est non destructive mais le seul inconvénient c'est que le SPIR ne détermine pas les éléments minéraux [71].

#### • Discussion sur les résultats

Quarante huit (48) espèces fourragères regroupées en 23 familles ont été identifiées et qui sont largement supérieures à l'étude réalisée dans la région de Doucen wilaya de Biskra en Algérie avec seulement 28 espèces [72]. La dominance des *Fabaceae* est contraire aux résultats obtenus au niveau de la région d'Ouargla en Algérie dont les *Poaceae* sont les plus représentées dans l'échantillon [73]. La répartition des familles est déterminée par les intérêts fourragers de deux grandes familles (*Poaceae* et *Fabaceae*). Entre autres, les facteurs pédologique et hydrographique en déterminent pour les autres familles. La composition botanique d'une prairie résulte de facteurs naturels liés au milieu (sol, climat, topographie) [74]. Sur la totalité des échantillons analysés, 22,92% sont des légumineuses, suivis de 20,83% pour les graminées. La dominance des familles cactacées sur le milieu d'étude a été constatée, presque la totalité du terrain est recouvert par cette plante. Ces espèces s'adaptent aux conditions de sécheresse et édaphiques dures de cette région [75], mais elles s'adaptent également aux conditions de concurrence entre espèces [74].

La végétation du territoire du District d'Ambovombe est dominée par une végétation pérenne représentée par des plantes basses buissonnantes, herbes, arbres et arbustes. Les arbustes fourrages avec 37,35% dominant tous les autres types de ports des plantes fourragères. Les plantes récoltées dans la zone d'étude se sont adaptées au milieu désertique en réduisant leurs appareils aériens, et en développant leurs systèmes racinaires [74]. Ces derniers se déploient en profondeur pour absorber l'eau nécessaire à la survie des plantes [75].

La valeur alimentaire d'un fourrage est généralement jugée sur la base de sa teneur en nutriments potentiellement digestibles (essentiellement l'énergie, l'azote et les minéraux) et sur la présence de composés non désirables tels que la lignine [76]. Généralement les variations de la composition chimique observée entre les différentes espèces peuvent s'expliquer essentiellement par les moments des prélèvements des échantillons qui étaient différents et aussi par la partie consommée par le bétail, prélevée chez les plantes. L'âge à récolte et le stade végétatif de la plante sont les facteurs les plus importants qui font varier la composition chimique [76]. Le sol, le climat, l'altitude exercent un effet important sur la valeur alimentaire de l'herbe qui diminue au cours de la croissance. La température, l'ensoleillement et l'aridité ont une influence directe sur la composition chimique des fourrages, et par conséquent, sur leur valeur nutritive [77]. En outre la composition chimique d'un fourrage varie en fonction de la famille botanique.

La teneur en MS est comprise entre une valeur minimale de 10,5% et une valeur maximale de 61,4%. En moyenne, elle est égale à 34,8% avec 37,5% des fourrages ayant une valeur allant de 31,1 à 41,4%. Il est à noter que la teneur en MS augmente régulièrement selon le stade phenologique des plantes; plus la plante est mature, plus la teneur en MS est élevée [78]. La teneur en MS varie d'une espèce fourragère à une autre et varie aussi selon l'appareil végétal de la plante [79]. Ces résultats sont logiques, compte tenu de l'hétérogénéité des échantillons (espèces, cycles, stades de coupes différents, organes prélevés).

Les plantes fourragères sont riches en protéine brute. Une proportion de 29,9% des fourrages a un taux en PB de 12,2 à 17,1%MS et une autre proportion de 25% des espèces fourragères avec un taux de 7,2 à 12,2%MS. L'étude de la teneur en PB a permis de montrer que chez les espèces qui ont fait l'objet de cette étude, la teneur moyenne en PB (13,4%MS) observée est supérieure à celle rapportée par Chema A dans les régions d'Ouargla et Ghardaïa en Algérie (10 à 12%MS) [80]. Elle est comparable à celle trouvée par Kone AR dans les régions sahélienne et soudanienne d'Afrique Occidentale dont les travaux ont également porté sur plusieurs espèces de fourrages rencontrées sur des parcours naturels [81]. Ces valeurs justifient donc l'utilisation de ces plantes fourragères par les animaux surtout dans les zones sèche et chaude.

Les apports azotés en PDIN de 29,2% des fourrages étudiés sont compris entre 76 à 106g/kg de MS et les apports en PDIE pour 37,5% des fourrages sont entre 62 à 75g/kg de MS. Cette variabilité obtenue pour les différentes espèces obéit aux mêmes critères de variabilité constatés pour la composition chimique et la digestibilité, puisqu'elles sont calculées sur la base de ces composants. Cette variabilité peut toujours être attribuée aux facteurs génétiques, édaphiques et environnementaux [82]. La richesse des plantes fourragères naturelles en PB, PDIN et PDIE est expliquée par leur enracinement profond qui leur permet de puiser l'eau et les nutriments en profondeur, mais également par leur importante capacité de fixer l'azote atmosphérique [83, 84]. Selon l'espèce étudiée, il existe cependant une grande variabilité des teneurs en PB des échantillons, elles varient d'une valeur minimale de 2,3%MS jusqu'à une valeur maximale de 26,6%MS. La pauvreté des autres espèces (16,7%) en matière azotée totale (entre 2,3 à 7,2%MS) par analogie est donc liée à leur stratégie d'adaptation à leur milieu, dans le sens que ces espèces ont un rapport feuilles/tiges et un contenu intracellulaire très réduits. La variation en PB est liée donc à la composition morphologique (rapport feuilles/tiges) des fourrages consommés [82]. Les protéines des fourrages verts sont situées pour l'essentiel dans les cellules chlorophylliennes (feuilles) et dans le cytoplasme [85].

En général, ces plantes ont une teneur moyenne en CB égale à 24,2%MS. La teneur en CB est très variable. Elle est très élevée dans 10,4% des fourrages analysés (37,4 à 45%MS). La forte teneur en fibre est expliquée par le fait que les plantes développent des cuticules épaisses et des mécanismes d'adaptation à la sécheresse pour réduire l'évapotranspiration [62]. La nature et la quantité des parois végétales, c'est à dire les fibres, jouent un rôle à la fois sur la digestibilité et l'ingestibilité des fourrages, donc sur leur valeur alimentaire, mais aussi sur la santé de l'animal et la qualité des fourrages à travers leur rôle dans la fibrosité de la ration et sur l'orientation des fermentations dans le rumen [86]. La teneur en fibre total dans cette étude est lié aussi par les fortes températures qui stimulent la lignification des tissus de soutiens des plantes [76, 87]. Pour la lignine, la teneur maximum est de 74,2%MS avec une dispersion assez élevée de 73,4%MS, dont 10,4% des fourrages ont une valeur élevée entre 60,4 à 74,9%MS contre 33,3% des fourrages qui ont une teneur faible entre 2,4 à 16,9%MS. Cette variation est le résultat de l'existence d'une grande variabilité dans la

composition botanique des échantillons. Cette variation entre les résultats peut être également liée au stade de développement de la plante. Les valeurs des fibres totales (CB) observées dans cette étude entrent parfaitement dans la fourchette de 0,1 à 40%MS, comme celles observées dans les travaux de Topps dans les zones tropicales [87], de Pezo D, Kass M, Benavides J, Romeo F et Chaves C en Amérique Centrale [88], et de Wanapat M dont l'étude s'est focalisée sur l'utilisation des arbres et arbustes fourragères dans l'alimentation animale [89].

Les fourrages étudiés sont tous très digestibles car la dMO des échantillons est en moyenne égale à 0,71%. Plus de la moitié des espèces étudiées (58,3%) ont des taux en dMO assez élevés entre 0,71 à 0,73%. Ces résultats indiquent que ces fourrages naturels sont des fourrages de bonne qualité. Ainsi, il se trouve que la date de coupe des échantillons coïncide parfaitement avec le stade optimum de qualité des fourrages. Même si la dMO des échantillons est presque identique (moyenne = médiane = 0,71%), il faut remarquer que la digestibilité entre les espèces fourragères dépend essentiellement du moment auquel elles sont exploitées [90]. La digestibilité de la matière organique est à la fois liée aux fourrages (influence de la composition chimique : les teneurs en CB, en Lignine et en PB qui dépendent essentiellement de l'âge de récolte) mais également liée à l'animal lui-même (le niveau d'alimentation des animaux, plus l'ingestion augmente, plus la digestibilité diminue). Elle est liée à la composition chimique, qui lui est très corrélée. Cette digestibilité augmente avec la richesse en azote et diminue avec celle des parois et de la cellulose brute [91].

Les fourrages dans les zones sèches et chaudes sont de bonnes sources d'énergie [92]. Pour cette étude, la teneur moyenne en UFL est de 0,76 U/kg de MS qui est inférieure ou égale à la médiane (0,77 U/kg de MS). Pour l'UFV, elle est de 0,68 U/kg de MS qui est également inférieure ou égale à la médiane (0,69 U/kg de MS). Ceux qui dénotent l'homogénéité des résultats. Ces résultats sont identiques à ceux des études menées en Algérie sur les parcours naturelles des dromadaires en zones arides et semi-arides [93]. Une proportion de 43,8% des espèces étudiées a des taux en UFL très élevés, compris entre 0,77 à 0,80 U/kg de MS et 41,7% des fourrages ont aussi des taux en UFV très élevés, compris entre 0,70 à 0,73 U/kg de MS. Les échantillons analysés ne concernent que les parties consommées par les ruminants qui sont en générale représentées soit par des feuilles, soit par des rameaux de tiges feuillés. Ces parties sont

généralement plus riches en énergie et en protéine. Certains auteurs notent que la valeur énergétique des plantes est liée positivement à leur teneur en matières azotées [94]. Le rapport feuilles/tiges est plus élevé. L'hauteur de la coupe est donc en rapport direct avec cette valeur énergétique élevée et donne un fourrage plus concentré en éléments nutritifs [95]. Ces valeurs énergétiques sont en étroite relation avec la digestibilité de la matière organique [79].

La teneur en éléments minéraux des fourrages possède une fourchette assez élargie, respectivement pour le Ca et le P, elle est de 0,04 à 5,06% de MS et de 0,01 à 0,87% de MS. Une valeur forte en Ca (4,09 à 5,10%MS) est enregistrée dans 4,2% des plantes. Par contre, les teneurs en P sont réparties avec les mêmes proportions des fourrages (25%) pour les valeurs comprises de 0,01 à 0,18%MS, de 0,18 à 0,36%MS et de 0,36 à 0,53%MS. Ces variations en éléments minéraux sont expliquées par la différence entre les parties analysées ou l'organe analysé de chaque échantillon [96]. En effet chez la même plante, d'importantes variations de la teneur minérale des tissus peuvent avoir lieu selon les organes : racines, tiges, écorces, fleurs, fruits et feuilles [97]. Le développement du système racinaire est également considéré comme l'un des facteurs déterminants de la variation inter et intraspécifique de la tolérance à la sécheresse et par conséquent de la variabilité des teneurs en substances chimiques [96-98]. Des travaux effectués par Diagayete M., Schenkel H. dans la zone sahelienne et Blair G sur l'étude des diversités des potentiels des arbres et arbustes fourragères ont révélé des teneurs comprises entre 0,6 à 2,80%MS pour le calcium et 0,08 à 0,17% MS pour le phosphore [90, 99]. Les résultats de notre étude qui sont supérieurs à ceux des auteurs suscités démontrent alors l'utilisation de ces fourrages par les ruminants dans le Sud de Madagascar et que la présence de ces plantes dans le régime alimentaire des herbivores ne nécessite plus un autre apport pour supplément en Ca et P.

La typologie permet un diagnostic visuel à partir de la composition chimique et nutritive des fourrages. Les résultats de cette étude ont permis de caractériser les classes du point de vue composition chimique et valeur nutritive des fourrages. Cette caractérisation a permis de mettre en évidence quelques associations entre les différentes espèces fourragères.

Selon l'ACP, les fourrages se regroupent en trois classes :

**La classe 1** constitué par 12 espèces fourragères différentes qui ont des teneurs élevées en Ca et en Lignine. Ce premier groupe rassemble les plantes ligneuses. Malgré la forte teneur en Ca qui intervient dans la formation des squelettes et très utile pour les animaux en gestation [100], la consommation de ces plantes reste limitée à cause de la présence de lignine. Ozenda P, dans son livre intitulé « Flore de sahara » et Chehma A dans son travail intitulé « Productivité pastorale et productivité laitière en Algérie. Atelier sur la filière laitière cameline en Afrique » soulignent que les espèces fourragères des sols salés et sableux sont toujours très riches en sels minéraux [101,102], et que la forte teneur en éléments minéraux est également attribuée à l'effet climatique et surtout aux fortes températures [103]. La lignine n'est pas un glucide, cependant, par son importance dans la paroi végétale, elle est souvent classée dans les fibres végétales [79]. La teneur en lignine est un facteur limitant à la dégradation des parois végétales car celle-ci n'est pas digestible. Andrieu J et Weiss PH rapportent que l'augmentation de lignine résulte essentiellement de la diminution de la proportion de feuilles au bénéfice de la proportion de tiges [82]. La teneur en Lignine augmente avec l'âge de la plante et son développement [104]. Ce groupe est constitué par des individus caractérisés par une appétibilité médiocre car la présence de lignine est une source de refus [105]. Plusieurs auteurs soulignent que l'augmentation de la température (caractéristique principale du milieu), s'accompagne d'une élévation de la teneur en cellulose brute et de la teneur en parois [106-111].

La deuxième classe, **la classe 2**, comprend 15 espèces fourragères qui sont très riches en fibres (CB) et en MS. Ces taux élevés en CB et MS pourraient s'expliquer par les conditions environnementales qui règnent dans la zone d'étude (haute température et faible précipitation). Ceci peut être lié à leur mode d'adaptation au milieu, en diminuant au maximum leurs proportions feuilles/tiges aussi bien en nombre qu'en surface [101,112]. Ce groupe rassemble les fourrages moyennement digestibles même si les ruminants grâce aux flores présents dans le rumen, sont capables de digérer les fibres. Le CB correspond à la totalité de la cellulose vraie y compris les glucides cytoplasmiques [113, 114]. Les espèces de la classe 2 sont intéressantes sur le plan nutritionnel bien qu'elles soient moins riches en autres composantes nutritionnelles. Les fibres (CB) représentent la source d'énergie la plus facilement utilisable par les animaux

puisque'ils sont totalement solubles dans le système digestif. Les variations de la composition chimique des espèces sont liées d'une part à des facteurs génétiques et d'autre part à l'environnement climatique et édaphique [81]. L'intérêt de la teneur en fibre des fourrages est liée autant à l'aspect énergétique mais surtout à l'aspect encombrement qui est nécessaire au bon fonctionnement du système digestif des ruminants [115]. Les fibres stimulent la mastication, la production de salive ainsi que la rumination. Ils aident à prévenir le risque d'acidose du rumen [116]. Avec un niveau trop faible, le risque d'acidose est accentué, mais des valeurs trop élevées entraînent la diminution de la digestibilité et de la valeur alimentaire. La valeur d'encombrement des fourrages de cette classe dépend essentiellement de sa teneur en matière sèche (MS) [117].

**La classe 3** renferme 21 espèces qui possèdent la teneur en dMO, UFL, UFV et la teneur en PB la plus élevée. Ce sont les classes de fourrages qui sont les plus digestibles. La teneur élevée en PB de cette classe témoigne de l'aptitude de ces fourrages à fournir des acides aminés sous une forme utilisable par les animaux, pour leur métabolisme, tandis que la dMO indique la part du fourrage valorisable par l'animal [117]. Adam JG affirme que l'effet génétique est toujours influençant sur la valeur énergétique des espèces [118]. Comme cité ci-dessus la digestibilité du fourrage dépend de la proportion et de la digestibilité des membranes. Celle-ci diminue quand augmente la proportion des membranes dans la plante ainsi que leur lignification [119]. Ceci explique alors la pauvreté de cette classe en Lignine et en fibre. En effet, Bouchet JP et Gueguen L admettent que les constituants du sol sont à l'origine des minéraux et de l'azote des plantes [120]. La digestibilité des protéines est élevée d'où la forte corrélation entre la PB et le dMO. La digestibilité est considérée comme l'un des meilleurs indicateurs de la qualité fourragère puisqu'elle est étroitement liée à la performance de l'animal et au stade de développement des plantes fourragères [121]. La dMO est en relation direct avec les facteurs climatiques, par le fait qu'ils ont une influence directe sur la composition chimique des fourrages [122,123].

Ces classes permettent d'envisager la diversité des fourrages consommés par les ruminants dans la zone d'étude.

Il existe une grande variation sur la composition fourragère de la prairie permanente. Les caractères chimiques et nutritifs de chaque classe sont significativement différents. La connaissance de ces caractères principaux peut orienter les éleveurs ainsi que les pasteurs à une meilleure gestion et utilisation de ces ressources fourragères non conventionnelles.

Compte tenu de la complexité et de l'ampleur de la problématique pastorale dans le Sud de Madagascar, un travail de thèse ne peut prétendre traiter de manière exhaustive tous les aspects d'un projet aussi ambitieux. Il ne représente qu'un point de départ d'une recherche et d'un suivi de longue haleine. Pour la suite, il faudra édifier un modèle de gestion pastorale avec des scénarios incluant les aspects économiques associés à l'estimation de la biomasse réelle de la partie terrestre à partir des données des images satellites afin d'évaluer la capacité de charge des parcours à l'échelle du zone d'étude, complété par des observations botaniques et la réalisation de relevés sur le terrain. Il faut également définir l'appétibilité des ruminants à l'égard de ces plantes utilisés comme fourrages ainsi que l'accessibilité à ces plantes. Il serait donc intéressant d'analyser les espèces prélevées à toutes les saisons afin d'élucider, de la manière la plus claire possible le stade optimum de développement de ces plantes fourragères pour alimenter les bétails. Les déterminations des compositions chimiques et les estimations des valeurs nutritives ne sont pas suffisantes, elles doivent être complétées par des mesures *in vivo* pour juger la valeur alimentaire des plantes fourragères.

Deuxièmement, certains de ces plantes sont énumérés par les populations locales comme possédant des caractères curatifs sur les maladies des animaux. Beaucoup de ces plantes sont utilisées de manière traditionnelle en santé animale (usages internes et externes). Ces savoirs populaires réclament le développement de nouveaux travaux reposant sur des enquêtes, des travaux analytiques de laboratoire et des validations sur animaux. Le parasitisme du tube digestif par exemple est une pathologie très répandue chez les petits ruminants dans cette zone d'étude, l'approfondissement de ces connaissances peut entraîner une diminution de la morbidité mais également de la mortalité surtout chez les jeunes. Cela aura le mérite de réduire les frais vétérinaires qui constituent un véritable goulot d'étranglement pour les éleveurs traditionnels.

Troisièmement, il faudra également caractériser et quantifier les éléments antinutritionnels dans ces fourrages. La composition approchée des plantes et les prédictions de la valeur nutritive dérivée de cette composition ne sont pas des guides suffisants pour connaître leur valeur potentielle réelle. La connaissance des contenus en facteurs antinutritionnels comme les substances phénoliques (tannins), les coumarines et autres composés nutritionnels (sels, et acide oxalique, glucosides cyano-génétiques, etc.) peuvent être aussi importants car ils entrent également dans l'évaluation de la qualité des fourrages. La présence de ces facteurs peut induire à une intoxication d'origine alimentaire chez les animaux. Ces facteurs sont capables de réduire la valeur nutritive du fourrage potentiellement riche. Cette étude nécessite également des enquêtes auprès des pasteurs, éleveurs ainsi qu'une détermination chimique des facteurs antinutritionnels aux laboratoires.

Les résultats qui découleront de ces études suggérées pourraient être rassemblés avec ceux des analyses de valeur fourragère des espèces végétales obtenues dans le cadre de cette thèse en vue de la réalisation à court terme d'un bilan fourrager. Ce sont les points sur lesquels nous souhaiterions travailler à l'avenir pour valoriser les résultats dans le but de promouvoir un plan de gestion durable des ressources pastorales dans le District d'Ambovombe.

## CONCLUSION

A l'issue de cette étude, une connaissance sur la diversification des familles fourragères et des ressources nutritives des parcours de pâturage naturel de la District d'Ambovombe a été faite. Les différentes enquêtes sur terrain ont permis de recenser 48 espèces qui se répartissent sur 23 familles, il apparaît que 15 familles ne sont représentées que par une seule espèce. Les *Fabaceae* sont représentées par 11 espèces suivies par les *Poaceae* par 10 espèces. Par ailleurs, la présence des autres familles inventoriées est représentée chacune par 2 espèces seulement. L'étude de la valeur nutritionnelle à travers la composition chimique des espèces consommées par les ruminants dans la zone d'étude a montré les résultats suivants : l'espèce *Opuntia dillenii* (Ker Gawl.) Haw flambé présente le taux le plus important de matière sèche (61,4%) suivie par le *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick (57,1%) et *Capurodendron mandrarensis* Aubrév. (50,0%). Les teneurs les plus importantes en cellulose brute et en matière azotée sont marquées respectivement chez les espèces *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. et *Melia azedarach* L., avec respectivement 44,6%MS (CB) et 26,6%MS (PB). Pour les teneurs en phosphore et en Calcium, la plante *Cordia caffra* Sond. détient le taux le plus élevé en P (0,87%MS) et *Azima tetracantha* Lam. pour la teneur en Ca élevée (5,06%MS). Le cercle de corrélation met en évidence une corrélation positive entre le PB et le PDIN et une corrélation négative entre la lignine et le CB. La typologie a permis de caractériser les fourrages étudiés en trois classes: la classe 1 est représentée surtout par *Poupartia caffra* (Sond.) H. Perrier. (qui est riche en Ca et en Lignine), la classe 2 par *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. (avec une teneur élevée en CB et MS) et enfin la classe 3 représentée par *Secamonopsis madagascariensis* Jum. (marquée par un taux élevé en PB et dMO moyennement élevée).

Les fourrages naturels peuvent être qualifiés de bonnes sources alimentaires même s'ils ne sont jamais soumis à aucun itinéraire cultural. Les apports de certaines espèces sont au même niveau voire meilleurs que certaines ressources fourragères cultivées. Cette étude ne devrait pas être alors limitée au stade de recherche. Les données relatives à la composition chimique et valeur nutritive des fourrages rassemblées et/ou calculées dans ce travail nécessite d'être diffusée à tous les professionnels qui sont intéressés par les problèmes de l'alimentation des ruminants à Ambovombe.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Castel F, Pous B. Alimentation animale : la réforme de la PAC à favoriser le recours aux céréales et aux tourteaux. Agreste. 1998 ; 33 : 11-22.
2. Phocas F, Agabriel J, Dupont NM, Guerden I, Médale F, Mignon GS et al. Le phénotype de l'efficacité alimentaire et de ses composantes, une nécessité pour accroître l'efficience des productions animales. INRA Prod Anim. 2014 ; 27 ; 3 : 235-48.
3. Pomar C, Dubeau F, Milgen JV. La détermination des besoins nutritionnels, la formulation multicritère et l'ajustement progressif des apports de nutriments aux besoins des porcs. INRA Prod. Anim. 1990 ; 35-42.
4. Delatour P, Enjalbert F, Enriquez B, Faroult B, Garabedian M, Griess D et al. Evaluation des besoins nutritionnels des animaux en vitamines A, D et E ainsi que des risques pour la santé animale et la santé du consommateur, liés à des apports élevés chez les animaux producteurs d'aliments. Alfort : Afsaa ; 2001.
5. Leclerc MC, Brocard V, Bastien B, Brunschwig P, Legarto J, Paccard P et al. Guide pratique de l'alimentation du troupeau de bovin laitier. Paris : Technipiel/Institut de l'élevage ; 2010.
6. Boudra H. La contamination par les moisissures et les mycotoxines des fourrages conservés signification et prévention. INRA. 2003 ; 55-65.
7. Boivin M. Effet de l'ensilage de maïs avec ou sans épis sur la production de lait et sa composition chez la vache laitière [Mémoire]. Science Animales : Laval Québec ; 2012. 76p.
8. Boudet G, Pagot J. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Paris : Ministère de la coopération, IEMVT, ORSTOM ; 1995.
9. Nedjraoui D. Profil fourrager en Algérie. Algérie : FAO ; 2003.

10. Perrier BH. La végétation malgache. Ann Mus Colon. 1921 ; 9 ; 3 : 22-48.
11. Bosser J. Graminées des pâturages et de cultures à Madagascar. Paris : Mémoires ORSTOM ; 1969.
12. Delhay RE, Granier P. Amélioration de l'alimentation du bétail à Madagascar ; Répartition écologique des espèces fourragères. Antananarive : IEMVT ; 1965.
13. Ranaivoarivelo N. Elevage bovin et exploitation d'un espace agropastoral dans le Sud-ouest de Madagascar [Thèse]. Géographie : Strasbourg ; 2002. 259p.
14. Bourbouze A, Lhoste P, Marty A, Toutain B. Problématique des zones pastorales. Paris: AFD ; 2002.
15. Ruelle S, Malaisse F. La forêt dense sèche tropophile épineuse du domaine du Sud malgache. Géo-Eco-Trop. 2015 ; 39 ; 2 : 151-68.
16. Suttue JM, Hablutz H. Les pâturages naturels et les plantes fourragères de l'Androy sédimentaire ; leurs rôles dans la production animale. Antananarivo : Ministère de Développement Rural ; 1974.
17. Soulé MM. Analyse du système de commercialisation du fourrage dans la ville de Niamey (Niger) [Mémoire]. Economie et Politiques d'Elevage : Dakar ; 2014. 30p.
18. Yaakoub F. Evaluation « in vitro » de la dégradation des principaux fourrages des zones arides [Mémoire]. Sciences Vétérinaires, option Nutrition : Algérie ; 2006. 140p.
19. Baumont R, Champciaux P, Agabriel J, Andrieu J, Aufrère J, Demarquilly C et al. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants. INRA Prod Anim. 1999 ; 12 ; 3 : 183-94.
20. Soltner D. Les grandes productions végétales céréales-plantes sarclées-prairies. Paris : Science et Technique Agricoles ; 1974.

21. Heller R, Esnault R, Lance C. Physiologie végétale. 5<sup>ème</sup> Edition. France : Masson; 1995.
22. Cuvelier C, Hornick JL, Beckers Y, Froidmont E, Knapp, Istasse L. L'alimentation de la vache laitière : Physiologie et Besoins. Liège : Centre Wallon de Recherches Agronomiques ; 2010.
23. Drogoul C, Gadoud R, Joseph MM, Jussiau R, Lisberney MJ, Mangeol B et al. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Amazon : Educagri ; 2004.
24. Haoulati NBA. Alimentation des vaches laitières à FFT [Mémoire]. Sciences, Option Elevage : Mahajanga ; 2009. 33p.
25. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. Colloque sur les plantes fourragères; 27 Novembre 2013; Québec. Québec : CRAAQ ; 2013.
26. Candau M. Alimentation des animaux domestiques. Toulouse : Ecoles Nationales Supérieures Agronomiques de Toulouse ; 1978.
27. Rivière R. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. 2. Liège: IEMV; 1978.
28. Tamminga S, Brandsma GG, Dijkstra J, Duinkerken VG, Vuuren AM, Blok MC. Protein evaluation for ruminants: the DVE/OEB 2007 system. Allemagne: CVB documentation report nr 53; 2007.
29. Muller P. Les bases de l'alimentation des ruminants. Dossier documentaire - Zootechnie – Alimentation [En ligne]. [Consulté le 01/08/2015] ; [26 pages]. Consultable à l'URL :  
[http://assises.educagri.fr/fileadmin/user\\_upload/pdf\\_cnpr/09Z3\\_4.pdf](http://assises.educagri.fr/fileadmin/user_upload/pdf_cnpr/09Z3_4.pdf).
30. Jarrige R, Ruckebusch Y, Demarquilly C, Farce MH, Journet M. Nutrition des ruminants domestiques : Ingestion et digestion. Paris : INRA ; 1995.
31. Normand J, Moevi I, Lucbert J, Pottier E. Les points sur l'alimentation des bovins et des ovins et la qualité des viandes. Paris : Institut de l'Elevage ; 2005.

32. USAID. Conduite et technique de gestion des élevages laitiers. Maroc : Programme Compétitivité Economique du Maroc ; 2012.
33. Faverdin P, Delagarde R, Delaby L. Prévion de l'ingestion des vaches laitières au cours de la lactation. Renc Rech Ruminants. 2006 ; 13 : 85-8.
34. Archimede, Garcia G. Guide d'utilisation de la canne à sucre et de ses coproduits en alimentation animale. Trinidad and Tobago : INRA ; 2008.
35. Tlidi M. Pathologie de l'appareil digestif des ruminants. Lakhdar : Département des Sciences Vétérinaires, Faculté des Sciences, Université colonel El Hadj Lakhdar ; 2004.
36. Ribot JJ. La digestion des herbivores. INRA Prod Anim. 2000 ; 2 : 10-50.
37. Cuvelier C, Dufrasne I. Livret de l'agriculture : L'alimentation de la vache laitière, Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle. Liège : Université de Liège ; 2003.
38. Thivend P, Fonty G, Jouany JP, Michelle D, Gouet P. Le fermenteur rumen. Reprod Nutr Develop. 1985 ; 25 ; 4B : 729-53.
39. Doreau M, Fievez V, Troegeler AM, Glasser F. Métabolisme ruminal et digestion des acides gras longs chez le ruminant : le point des connaissances récentes. INRA Prod Anim. 2012 ; 25 ; 4 : 361-74.
40. Razafinarivo TD. Intégration Agriculture-Elevage : Valorisation de Stylosanthes CIAT 184 en alimentation des vaches laitières [Mémoire]. Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition : Antananarivo ; 2012. 66p.
41. Sprumont J, AECP. Alimentation des bovins laitiers. Haiti : Codeart ; 2009.
42. Rakotonanahary HZ. Facteurs de variation de la production laitière au centre de formation professionnelle de Bevalala [Mémoire]. Science, option Elevage: Mahajanga ; 2012. 33p.

43. Hans B, Gijs DH, Johan K. L'élevage de vaches laitières. Série Agrodok. Wageningen : Agromisa et CTA ; 2008 ; 14.
44. Landschoot VA. Incidence de certains modes d'alimentation sur l'autonomie alimentaire des exploitations laitières wallonnes [Mémoire]. Ingénieur industriel en agronomie : Wallonie ; 2010. 77p.
45. Delaby L, Peyraud JL. Valoriser les fourrages de l'exploitation pour produire du lait. Fourrages. 2009 ; 198 : 190-210.
46. Vermorel M, Coulon JB. Alimentation des vaches laitières : Comparaison des systèmes d'alimentation énergétique. INRA Prod Anim. 1992 ; 5 ; 4 : 289-98.
47. Micol D, Hoch T, Agabriel J. Besoins protéiques et maîtrise des rejets azotés du bovin producteur de viande. Fourrages. 2003 ; 174 : 231-42.
48. Phillipe B. Les bonnes pratiques d'alimentation minérale pour les vaches en lactation. Paris : Institut d'Elevage ; 2010.
49. Touré C, Adenaike B, Nijborg G. Guide technique de la PME dans le secteur laitier. Bruxelles : Centre pour le Développement Industriel (CDI) ; 1999.
50. Belhadi N. Effets des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en régions montagneuses [Mémoire]. Production animales, Alimentation animale et produits animaux : Algérie ; 2010. 84p.
51. Ratsimbazafy ME. Alimentation des vaches laitières : expérience dans la ferme de FIFAMANOR et les fermes encadrées d'Antsirabe I [Mémoire]. Sciences, option Elevage : Mahajanga ; 2010. 34p.
52. Morat P. Les savanes du Sud-Ouest de Madagascar. 68. Paris : Mémoires ORSTOM ; 1973.
53. Berte CH, Suttie JM. Développement de l'Androy. Activités forestières. Mise en place d'essais fourragers dans le Sud de Madagascar avec l'*Opuntia ficus indica*. Ambovombe : ORSTOM ; 1974.

54. Suttie JM. Développement de l'Androy. Les raquettes dans l'Androy : leur culture et leur exploitation. Paris : ORSTOM ; 1977.
55. Cabanis Y, Razafindratsita R. Reconnaissance agrostologique Sud de Madagascar. Antananarivo : ORSTOM ; 1971.
56. INSTAT. Monographie des 22 régions de Madagascar, La région d'Androy. Antananarivo : INSTAT ; 2004.
57. Berte CH, Suttie JM. Développement de l'Androy. Activités forestières : essai de comportement dans le Sud de Madagascar avec les Atriplex. Antananarivo : ORSTOM ; 1975.
58. Rakotomanana OR. Valorisation des graines d'amarante« *Amaranthus hybridus hypochondriacus* » dans l'aviculture malgache : cas de l'alimentation des poulets de race locale« akoho gasy » [Thèse]. Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition : Antananarivo ; 2012. 106p.
59. Lefèvre G. Sur la classification vernaculaire des plantes dans le Sud-ouest de Madagascar. Etude Océan Indien. 2009 ; 42 ; 43 : 175-97.
60. Boiteau P, Boiteau M. Index des noms scientifiques avec leurs équivalents malgaches. Antananarivo : ALZIEU ; 1997.
61. Bosser J. Graminées de pâturage et des cultures à Madagascar. Paris : Mémoire ORSTOM ; 1969 ; 35.
62. Gallé JB, Groeber S, Ledoux A, Nicolas JP. Quelques plantes utilisées dans le Sud- Ouest de Madagascar. France : Jardin du Monde; 2015.
63. Fouché JG, Andriamanalintsoa JJ, Davide B. Le jardin botanique de Ranopiso : lieu de conservation et de connaissance ethnopharmacologique en Androy (Madagascar). Ethnopharmacologia. 2013 ; 50 : 59-68.
64. Duchenne Q, Demeuse F. L'analyse des fourrages de ferme. Wallon : Centre provincial de l'agriculture et de la ruralité ; 2006.

65. Jarrige R. Chemical method for predicting the energy and protein value of forager. *Ann Zootech.* 1980; 29: 299-323.
66. Vérité R, Peyraud JL. Nutrition azotée. In Jarrige R *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins.* INRA. 1988 ; 75-93.
67. Bousdira K. Contribution a la connaissance de la biodiversité du palmier dattier pour une meilleure gestion et une valorisation de la biomasse : caractérisation morphologique et biochimique des dattes des cultivars les plus connus de la région du M'Zab, classification et évaluation de la qualité [Thèse]. *Agronomie : Boumerdes* ; 2007. 149p.
68. Duby C, Robin S. *Analyse en Composantes Principales.* Paris: Dép. O.M.I.P ; 2006.
69. Randrianariveloseheno AJM, Rakotozandriny JN, Daccord R. Vegetation resources and goat foraging behaviour in rangeland system in Southern of Madagascar. *J Life Sci USA.* 2014 ; 8 ; 11: 902-7.
70. Rakotozandriny JN, Razafindrajona JM, Randrianariveloseheno AJM, Razainandraina O. Evaluation et optimisation de la filière caprine pour soutenir le développement des trios Régions du Sud de Madagascar. *Act Forum Rech.* 2008 ; 101-9.
71. Maillard D, Bastianelli D, Tronchot M, Bonnal L, Cugnasse JM, Marty E et al.. Évaluation de l'utilisation de la spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) pour l'estimation de l'évolution de la qualité du régime alimentaire du mouflon. Montpellier et Lyon : CIRAD-Département d'Elevage et de Médecine Vétérinaire et Laboratoire de biométrie et biologie évolutive ; 2005.
72. Djennane K. Identification et étude de la valeur nutritionnelle des espèces fourragères spontanées de la région de Doucen wilaya de Biskra [Thèse]. *Agriculture et environnement en régions arides: Biskra* ; 2016. 88p.

73. Ouldelhadj MD, Hadj MM, Zabeirou H, Chehma A. Importance des plantes spontanées médicinales dans la pharmacopée traditionnelle de la région d'Ouargla Est Algérien. Algérie : Biologie Végétale ; 2003.
74. Baumont R, Dulphy JP, Doreau M, Peyraud JL, Nozieres MO, Andueza D et al. La valeur des fourrages pour les ruminants : comment synthétiser et diffuser les nouvelles connaissances, comment répondre aux nouvelles questions ?. Renc Rech Ruminants. 2005 ; 12 : 85-92.
75. Kanoun A, Kanoun M, Yakhlef H, Cherfaoui MA. Pastoralisme en Algérie : Systèmes d'élevage et stratégies d'adaptation des éleveurs ovins. Renc Rech Ruminants. 2007 ; 14 : 181-4.
76. Kallah MS, Bale JO, Abdullahi US, Muhammad JR, Lawal R. Nutrient composition of native forbs of semi-arid and dry subhumid Savanas of Nigeria. Anim Feed Sci Technol. 2000 ; 84 : 137-45.
77. Tisserand JL. Fourrages et sous-produits méditerranéens. Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. Option méditerranéenne. 1991; 16: 23-25.
78. Chehma A, Faye B, Bastianelli D. Valeurs nutritionnelles des plantes vivaces des parcours sahariens algériens pour dromadaires. Fourrages. 2010 :204: 263-8.
79. Demarquilly C. Facteur de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. INRA Prod Anim. 1994 : 7 , 3 : 177-89.
80. Chehma A. Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional Algérien cas des régions d'Ouargla et Ghardaïa [Thèse]. Agronomie: Ouargla et Ghardaïa ; 2005. 92p.
81. Kone AR. Valeur nutritive des ligneux fourragers des régions sahéenne et soudanienne d'Afrique Occidentale. Recherche d'une méthode simple d'estimation de la digestibilité et de la valeur azotée [Thèse]. Nutrition animal : Paris VI; 1987. 131p.

82. Andrieu J, Weiss PH. Prévision de la digestibilité et de la valeur énergétique des fourrages verts de graminées et de légumineuses: prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Versailles : INRA ; 1981.
83. Fall ST. Valeur nutritive des fourrages ligneux ; leur rôle dans la complémentation des fourrages pauvres des milieux tropicaux [Thèse]. Sciences et technologies : Langueloc ; 1993. 143p.
84. Felker P, Clark PR, Osborn, Cannel GH. Nitrogen cycling water use efficiency interactions in semi-arid ecosystems in relation to management of tree legumes (Prosopis). HN. Le Hou roli. 1980; 215-22.
85. Demarquilly C, Andrieu J, Grenet E. Les constituants azotés des fourrages et la prévision de la valeur azotés des fourrages : prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Versailles : INRA ; 1981.
86. Jarrige R. Les constituants glucidiques des fourrages. Versailles : INRA ; 1981.
87. Topps. Potential composition and use of legume shrubs and tree as fodders for livestock in tropics. J Agrie Sci. 1992 ; 118 : 1-8.
88. Pezo D, Kass M, Benavides J, Romeo F, Chaves C. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. C Devendra. 1989; 163-75.
89. Wanapat M. Availability and use of shrubs and tree fodders for animals. C Devendra. 1989 ; 244-54.
90. Blair G. The diversity and potential value of shrubs and tree fodders. C Devendra. 1989; 2-11.
91. Faye B. Prévision de la valeur alimentaire des fourrages tropicaux. [Mémoire]. Sciences et technologies : Clermont II ; 1980. 61p.
92. Kanoun A, Kanoun M, Yakhlef H, Cherfaoui MA : Pastoralisme en Algérie : Systèmes d'élevage et stratégies d'adaptation des éleveurs ovins. Renc Rech Ruminants. 2007 ; 14 : 181-4.

93. Arab H., Haddi ML, Mehennaoui S. Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des Principaux fourrages des zones aride et semi-aride en Algérie. *Sci & Technol.* 2009 ; 30 : 50-8.
94. Chehma A, Longo HF, Belbey A. Utilisation digestive de régimes à base de rebuts de dattes chez le dromadaire et le mouton. *Rev Courrier du Savoir.* 2003 ; 3 : 17-21.
95. La Spina S, Grogna F. Formation herbagère Module 3 : Récolte, stockage et conservation de l'herbe en Bio. Liège : Unab (Union Nationale des Agrobiologistes Belges) ; 2013.
96. ElHajaji1 H, Farah A, Ennabili A, Bousta D, Greche H. Etude comparative de la composition minérale des constituants de trois catégories de *Ceratonia siliqua* L. *J .Master Environ Sci.* 2013 ; 4 ; 2 : 165-70.
97. Demarquilly C. Influence des climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe. *INRA.* 1982 ; 49-63.
98. Dione D. Etude de deux mécanismes physiologique d'adaptation à la sécheresse chez deux variétés d'arachide: croissance racinaire et absorption hydrique [Thèse]. *Biologie Végétale: Dakar* ; 1991. 620p.
99. Diagayete M, Schenkel H. Composition minérale des ligneux consommés par les ruminants de la zone sahelienne. *Elev Med Veto Pays Trop.* 1986 ; 39 : 421-4.
100. Aminata C. Dynamique de l'utilisation des ressources fourragères par les dromadaires des pasteurs nomades du parc national du banc d'arguin (Mauritanie) [Thèse]. *Ecologie et gestion de la biodiversité: Paris*; 2006. 245p.
101. Ozenda P. Flore de sahara. Paris : CNRS ; 1991.
102. Chehma A. Productivité pastorale et productivité laitière en Algérie. Atelier sur la filière laitière cameline en Afrique ; 5-8 Novembre 2003 ; Niamey. Rome : FAO, Production et Santé Animal ; 2004.

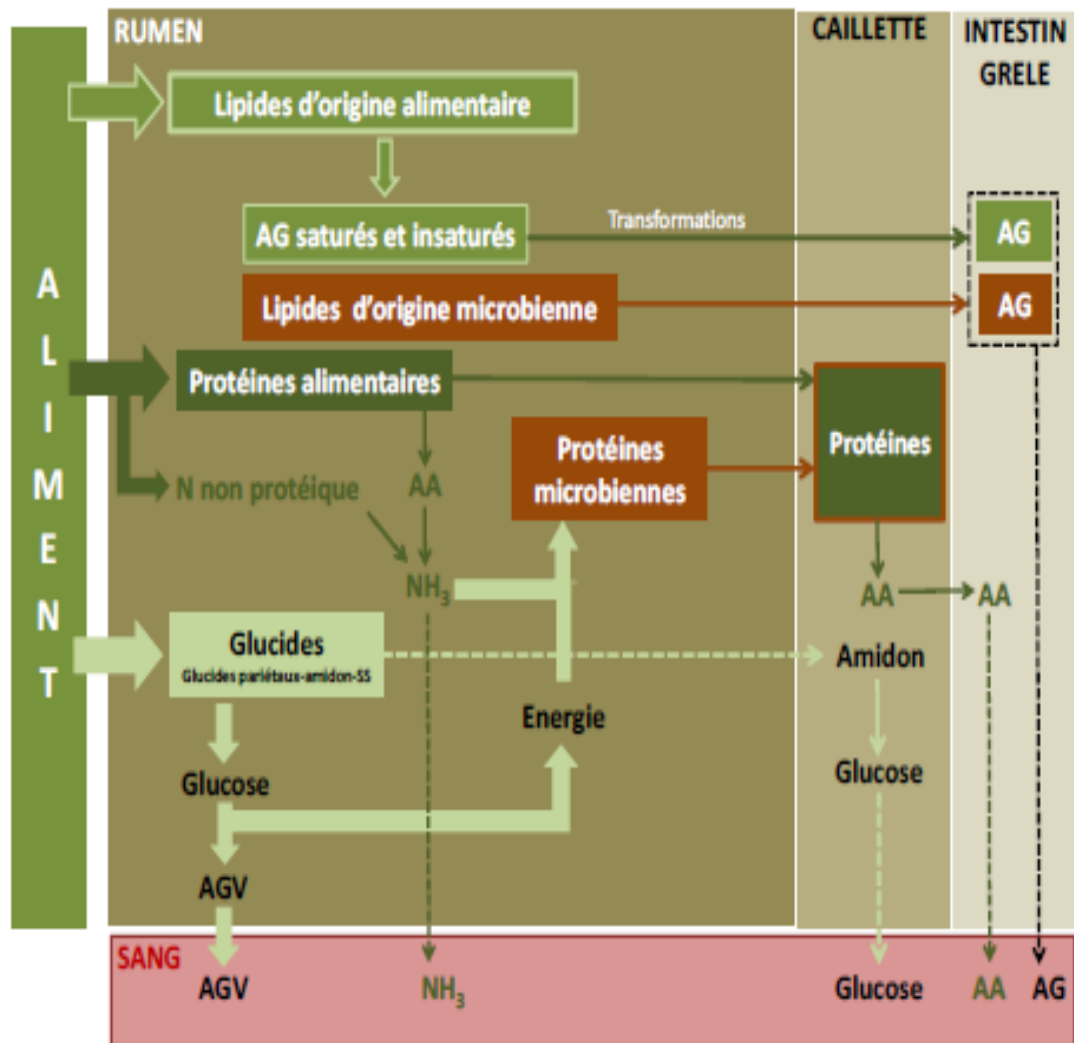
103. Hagar RJ, Ahmed MB. Seasonal production of *Andropogon gayanus*. Seasonal changes in digestibility and feed intake. *J Agric Sci Camb.* 1970; 75: 369-73.
104. Jarrige R, Ruckebush Y, Demarquilly C. Les herbivores ruminants, la nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion. INRA. 1995 ; 7-27.
105. Dusart, Clément. La digestion ruminale : mise en place d'un modèle d'étude in vitro à long terme en cultures Batch [Thèse]. Médecine vétérinaire : Toulouse ; 2014. 114p.
106. Denium B, Dirven JPG. Climate, nitrogen and grass. Influence of age, light intensity and temperature on the production and chemical composition of some temperate and tropical grass species grown at different temperatures, *Neth. J agric Sci.* 1972 ; 23: 69-82.
107. Denium B, Dirven JPG. Climate, nitrogen and grass. Comparison of production and chemical composition of some temperate and tropical grass species grown at different temperatures, *Neth. J agric Sci.* 1975; 24: 67-78.
108. Denium B, Dirven JPG. Climate, nitrogen and grass. Comparison of yield and chemical composition of *Brach. ruziziensis* and *Setaria sphacelata* grown at different temperatures, *Neth. J agric Sci.* 1976; 23: 69-82.
109. Demarquilly C. Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l'herbe, INRA, Actions du climat sur l'animal au pâturage, Séminaire. Versailles : INRA ; 1982.
110. Moir KW. The invitro digested cell-wall and fermentation characteristics of grasses as affected by temperature and humidity during their growth. *J Agric Sci Camb.* 1977; 88: 217-22.
111. Wilson JR. Temperature and atmospheric humidity effect on cell-wall content and dry matter digestibility of some tropical and temperate grasses. *NZJ Agric Res.* 1976; 19: 41-6.

112. Faye B. Guide de l'élevage du dromadaire. Algérie : SANOFI, Santé Nutrition Animale; 1997.
113. Léda V. L'analyse de fourrage : un outil de travail. Québec: Ovin; 2015.
114. Reed D, Soller H, Woodward A. Fodder tree and straw diets for sheep : intake, growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilisation. Anim Feed Sci Technol.1990; 30: 39-50.
115. Decruyenaere V, Agneessens R, Toussaint B, Anceau C, Goffaux MJ, Oger R. Qualité du fourrage en Région Wallonne. Belgique: Requasud, 2014.
116. Mertens DR. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. Anim Sci.1987; 64: 15-48.
117. Baumont R, Aufrère J, Meschy F. La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. Fourrages. 2009 ; 198 : 153-73.
118. Adam JG. Composition chimique de quelques herbes mauritaniennes pour Dromadaires. Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée. 1966 ; 13, 6-7 : 339-42.
119. Roger H. Juger de la valeur alimentaire d'un maïs ensilage. Bretagne : Chambres d'agriculture de Bretagne ; 2009.
120. Bouchet JP, Gueguen L. Constitutants mineurs et majeurs des aliments concentrés : prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Ed INRA. 1981 ; 189-202.
121. Jarrige R, Minson DJ. Méthodes de prévision de la valeur alimentaire. Ann Zootech. 1964 ; 13 : 115-7.

122. Minson DJ, Leod MN. The digestibility of temperate and tropical grasses. Proc XI Internat Grassl Congr Surfers Paradise. 1970 ; 719-22.
123. Moore AW, Russel JS. Climate. Tropical pasture research. Principles and methods. Ed by SHAW et BRYAN Chapages. 1976 ; 2 : 18-33.

## **ANNEXES**

**Annexe 1: Schéma simplifié de la digestion des glucides, des lipides et des matières azotées chez le ruminant**



AA : acide aminé ; AG : acides gras ; AGV : acide gras volatil ; N non protéique : azote non protéique ; SS : sucres solubles

(Source : Cuvelier C, Dufrasne I. Livret de l'agriculture : L'alimentation de la vache laitière, Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle. Liège : Université de Liège ; 2003.) [36].

## **Annexe 2: Réactifs pour les déterminations des compositions chimiques**

### **REACTIFS POUR LA DETERMINATION DE LA CENDRE INSOLUBLE**

- Acide chlorhydrique 3N : (109,39g d'acide chlorhydrique 25% dans 1 litre d'eau distillée)

### **REACTIFS POUR LE DOSAGE DU CALCIUM**

- Acide citrique 30% (m/m) : 30g d'acide dans une quantité suffisante pour 100 ml d'eau distillée.
- Chlorure d'ammonium 5% (m/m) : 5 g de chlorure dans une quantité suffisante pour 100 ml d'eau distillée.
- Oxalate d'ammonium, solution saturée à froid
- Ammoniaque pure pour analyse.
- Vert de bromocrésol, solution à 0,4 g/l
- potassium, solution titrée, 0,1 mol/l.
- Acide sulfurique à 20% ( $d = 1,13$ ).

### **REACTIFS POUR LE DOSAGE DE PHOSPHORE**

- Réactif de nitro vanado molybdique : 200 ml de solution d'heptamolybdique d'ammonium, 200 ml de solution de monovanadate d'ammonium et 134 ml d'acide nitrique sont mélangés dans un ballon jaugé de 1l puis complétés avec de l'eau distillée.
  - Solution d'heptamolybdate d'ammonium : 100g d'heptamolybdate d'ammonium pur pour analyse  $\text{NH}_4, 6 \text{Mo}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}$  sont dissouts dans l'eau chaude additionné de 10ml d'ammoniac ( $d : 0,91$ ) puis complétés à 1l avec de l'eau distillée
  - Solution de monovanadate d'ammonium : 2,35g de monovanadate d'ammonium pour analyse  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  dissous dans 400 ml d'eau chaude puis 20 ml d'acide nitrique sont additionnés lentement tout en agitant puis complétés à 1 l avec de l'eau distillée.

- Solution étalon à 1 mg de phosphore par ml : 4,387 g de dihydrogénophosphate de potassium pour analyse  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  sont dissous dans l'eau puis complétés à 1 l avec de l'eau distillée.

## **REACTIFS POUR LE DOSAGE DE LA MATIERE AZOTEE TOTALE**

- Sulfate de potassium pour analyse.
- Catalyseur : oxyde cuivrique pour analyse ou sulfate cuivrique cristallisé pour analyse.
- Acide sulfurique pour analyse,  $d = 1,84$
- Acide sulfurique 0,1 N
- Acide sulfurique 0,5 N
- Indicateur de rouge de méthyle : 300 mg de rouge de méthyle dans 100 ml d'éthanol à 95-96% (v/v)
- Solution à 40% (p/v) d'hydroxyde de sodium
- Solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N
- Solution d'hydroxyde de sodium 0,25 N
- Pierre ponce en graine
- Réactif de Tashiro

## **REACTIFS POUR LA DETERMINATION DES CONSTITUANTS MEMBRANAIRES**

Méthode de VAN SOEST: Neutral Detergent Fiber, Acid Detergent Fiber, Acid Detergent Lignin

### **Neutral Detergent Solution (NDS)**

- |  |        |
|--|--------|
| ○ Sodium lauryl sulfate                                  | 30g    |
| ○ Disodium éthylène diamine tétraacétate                 |        |
| ○ (EDTA), crystal dihydrate, « reagent grade »           | 18,61g |
| ○ Sodium borate decahydrate, « reagent grade »           | 6,81g  |
| ○ Disodium hydrogen phosphate, anhydre, “reagent grade”  | 4,56g  |
| ○ 2 éthoxy éthanol (éthylène glycol monoéthyl ether) pur | 10ml   |
| ○ Eau distillée  | 1000ml |

### **Acid Detergent Solution (ADS)**

- Cetyltriméthylammonium bromide (CTAB). Technique, 20g dans 1 solution d'acide sulfurique 1N 1L.
- Acide sulfurique 72% de densité 1,634 à 20°C ou 24N.

### **Méthode de WEENDE : CELULOSE BRUTE**

- Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) 0,26N (12,74g/l)
- Hydroxyde de potassium (KOH) 0,23N (12,9)

### **Annexe 3: Appareillages**

#### Matériel Electrique :

- Broyeur
- Plaque chauffante
- Agitateur
- Etuve
- Four a moufle
- Soxelht
- Appareil de distillation
- Polarimètre
- Chauffe ballon
- Pompe à vide
- burette
- Bain marie
- Spectrophotomètre
- Balance

#### Les verreries

- Creuset et cuve
- Ampoule de Kjeldhal
- Pipette
- Tube à essaie

#### **Annexe 4: Analyses bromatologiques et prévisions des valeurs nutritionnelles des fourrages**

- **Mesure de l'humidité totale (HT) et de la matière sèche (MS)**

La mesure de l'humidité totale consiste à déterminer la perte de poids de l'échantillon après séchage à une température de 70°C.

Les échantillons préalablement pesés (Pi) sont séchés à l'étuve à 70°C jusqu'à ce qu'il n'y ait plus variation de poids. Cette opération dure environ 7 jours. Après cette dessiccation, les échantillons sont pesés à nouveau (Pf).

La teneur en eau ou la quantité d'eau perdue lors de la dessiccation ou l'humidité (H%) est donnée par la formule suivante :

$$\text{HT}\% = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

HT% : Humidité totale ou teneur en eau en grammes pour 100g d'échantillons ;

Pi : Poids humide de l'échantillon ;

Pf : Poids après étuvage à 70°C.

La différence de pesée entre la matière fraîche et la teneur en eau constitue la teneur en matière sèche (MS%) et cette dernière sera alors déduite de celle de l'humidité selon la formule suivante :

$$\text{MS}\% = 100 - \text{HT}$$

Après l'obtention du poids sec des échantillons, une partie de chaque échantillon a été broyée sur une maille de 1 millimètre (mm). Sous tamis de 1 mm. Par la suite, une aliquote de 250 g de ces échantillons broyés a été conservée dans des bocaux plastiques jusqu'aux analyses ultérieures.

- **Détermination de l'humidité résiduelle (Hr) et l'Indice de correction (IC)**

Pour les fourrages verts, il existe toujours une humidité restante (Hr) dans la masse qui doit être quantifiée par étuvage à 103°C.

Après avoir déterminé le pourcentage de la matière sèche, une prise d'essai (Pe) de cinq grammes (5g) d'échantillon est placée dans une capsule préalablement pesée. La capsule préalablement tarée (P0) contenant l'échantillon (P1) est ensuite introduite dans l'étuve pendant 8 heures à 103°C. Aussitôt après l'étuvage, la capsule est laissée 30 minutes (mn) dans un dessiccateur afin d'éliminer l'humidité restante. Puis, elle est pesée (P2).

Même après l'étuvage à 103°C, il reste toujours une petite quantité d'eau dans l'échantillon. Ainsi, il est nécessaire de procéder à une correction et d'exprimer les résultats en fonction de l'indice de correction (IC). Pour les fourrages, une certaine quantité d'eau réside toujours dans l'échantillon même après avoir déterminé la matière sèche (humidité résiduelle) d'où l'origine de l'indice de correction.

$$\text{Hr \%} = \frac{(P0 + Pe) - P2}{Pe} \times 100 \qquad \text{IC} = \frac{100}{100 - Hr}$$

P0 : Poids de la capsule vide ;

Pe : Prise d'essai de 5g ;

P1 : Poids de la capsule avec la prise d'essai (P0+Pe) ;

P2 : Poids de la capsule avec la prise d'essai après étuvage à 103°C.

- **Détermination de la teneur en cendre totale ou la matière minérale (MM)**

Les matières minérales ou cendres brutes représentent l'ensemble de tous les éléments minéraux de l'aliment : Macroéléments (chlore, phosphore, soufre, calcium, sodium, magnésium, potassium, etc) et Oligo-éléments (fer, cuivre, zinc, cobalt, manganèse, iode, sélénium, etc).

Les matières minérales sont obtenues après destruction de la matière organique par incinération à 550°C. La prise d'essai est celle utilisée pour la détermination de l'Hr. La durée de l'incinération est 6 heures dans le four à moufle. Cette température sera gardée constante jusqu'à l'obtention de cendres blanches. L'absence de corpuscule noirâtre indique l'incinération totale des matières organiques. Dès que cette opération sera terminée, les échantillons seront tout de suite pesés(P3) après avoir été refroidis dans un dessiccateur pendant 30 mn.

La proportion des cendres brutes est obtenue à partir de la formule :

$$MM (\%MS) = \frac{P3-P0}{Pe} \times 100$$

P0 : Poids de la capsule vide ;

Pe : Prise d'essai de 5g ;

P3 : Poids de la capsule avec l'échantillon après incinération à 550°C

- **Détermination de la teneur en cendre insoluble (CI)**

Le principe consiste à déterminer la teneur de l'échantillon en éléments insolubles à l'acide chlorhydrique (HCl). Les CI représentent le résidu de traitement à l'HCl 3N, suivi d'une incinération à 550°C.

Les matières minérales obtenues de la manipulation précédente (les cendres blanches) sont transvasées dans un bécher de 600 ml dans lequel elles sont rajoutées de 75 ml d'acide chlorhydrique 3N. Le bécher est porté à ébullition douce sur une plaque chauffante pendant 15 mn.

La solution chaude est filtrée sur un papier filtre puis lavée abondamment avec de l'eau chaude jusqu'à la disparition totale des restants d'acides (figure 9). Le papier filtre contenant le résidu est remis dans la capsule et incinéré à 550°C pendant 2 heures puis refroidi dans un dessiccateur et pesé (P4).

Les résultats sont exprimés en pourcentage de la matière sèche.

$$CI (\% MS) = \frac{P4-P0}{Pe} \times 100$$

P0 : Poids de la capsule vide ;

Pe : Prise d'essai de 5g ;

P4 : Poids de la capsule avec l'échantillon après incinération du résidu à 550°C.

Le filtrat est ensuite récupéré dans une fiole puis ajusté à 250 ml qui servira pour le dosage du calcium et du phosphore.



### **Filtration des cendres insolubles à l'aide des papiers filtres**

#### **• Dosage du Calcium (Ca)**

Après incinération à 550°C pendant 6 heures, les cendres sont traitées à l'HCl et le dosage du Calcium se fait après précipitation du calcium sous forme d'oxalate de calcium, à la dissolution du précipité dans l'acide sulfurique et au titrage de l'acide oxalique formé à l'aide d'une solution titrée de permanganate de potassium 0,1N.

La détermination de la teneur en Ca est effectuée par le dosage du filtrat obtenu dans la fiole jaugée de 250 ml.

- Dans ce cas, à l'aide d'une pipette, une prise aliquote (PA=25 ml de filtrat obtenu lors de la détermination des cendres insolubles) versée dans le bécher (de 600 ml) est ajoutée d'1ml d'acide citrique 30% et de 5 ml de chlorure d'ammonium 5% puis réajustée à 100 ml avec de l'eau distillée.
- Le tout est porté à ébullition, puis additionné de 10 gouttes de solution de vert de Bromocrésol et de 30 ml de solution d'oxalate d'ammonium saturée.

- La préparation est ensuite retirée de la plaque chauffante, neutralisée très lentement avec de l'ammoniac jusqu'à l'obtention d'un pH de 4,4 à 4,6 (jusqu'au virage de l'indicateur).
- Le bécher est mis dans un bain-marie bouillant pendant 30 mn. Il est ensuite retiré puis laissé reposer pendant une heure.
- La solution est filtrée dans le creuset filtrant n°4 (Porosité 4). Puis, le bécher et le creuset sont lavés à l'eau distillée jusqu'à élimination complète de l'excès d'oxalate d'ammonium. D'où, le résidu contenu dans le creuset est remplacé dans le bécher avec un ajout de 50 ml de solution d'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> chaud et rincé par de l'eau distillée chaude 50 ml.
- La solution est portée à environ 70°C, puis titrée avec une solution de KMnO<sub>4</sub> (0,1N) jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante pendant 1 mn. La descente de burette (DB) correspondant au virage de couleur est notée.

La teneur en calcium est exprimée en pourcentage de matière sèche.

$$\text{Ca (\% MS)} = \frac{\text{DB} \times \text{V} \times 2,004}{\text{PA} \times \text{Pe} \times 1000} \times 100$$

DB : Descente de burette du permanganate en ml ou volume en ml de KMnO<sub>4</sub> correspondant au virage de couleur ;

V : Volume de la dilution (250 ml) ;

PA : Prise aliquote ;

Pe : Prise d'essai de 5g ;

2,004 : Facteur de correspondance de quantité de Ca

#### • Dosage du Phosphore (P) par la méthode calorimétrique

Le filtrat précédemment obtenu est traité par le réactif de vanado-molybdène. La densité optique de la solution jaune ainsi formée est mesurée au spectrophotomètre à 430 nanomètres (nm).

Une prise aliquote de ce même filtrat est versée dans un tube à essai, ajustée à 10 ml par de l'eau distillée, puis, additionnée de 10 ml de solution de vanado-molybdène. L'ensemble est mixé puis laissé reposer pendant 10 mn. La lecture de la densité optique est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à 430 nm.

La teneur en phosphore est exprimée en pourcentage de matière sèche.

$$P (\%MS) = \frac{L \times V}{Pe \times PA \times 1000} \times 100$$

L : Longueur d'onde correspondant à la densité optique ;

V : Volume de la dilution (250 ml) ;

PA : Prise aliquote ;

Pe : Prise d'essai de 5g



**Tubes à essais contenant les préparations pour le dosage de Phosphore.**

- **Détermination de la teneur en matière azoté total (MAT) ou protéine brute (PB)**

La matière azotée est dosée par la méthode de KJELDHAL.

Le principe consiste en un dosage indirect des protéines par le dosage de la teneur en azote total. La teneur en protéines est alors calculée en multipliant cette teneur en azote par le facteur de conversion conventionnel 6,25.

La teneur en azote total est déterminée après minéralisation du produit par chauffage avec de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré en présence d'un catalyseur, puis alcalinisation des produits de la réaction et distillation de l'ammoniac libéré qui, recueilli dans une solution d'acide borique, est titré par une solution de  $H_2SO_4$ .

- **Minéralisation**

Une prise d'essai (Pe) de 0,3g de l'échantillon est introduite dans le ballon (l'ampoule à décanter KJELDAHL) de l'appareil à minéraliser. Puis, il s'agit de rajouter successivement de 10 ml d'acide sulfurique concentré avec une densité  $d = 1,84$  (95%), d'un quart de comprimé de catalyseur ( $\approx 1,2g$ ) à base de sélénium, de sulfate de cuivre et

de potassium. et quelques granulés de pierre ponce. L'ensemble est agité énergiquement jusqu'à la disparition de l'écume. La préparation est homogénéisée puis chauffée avec modération pendant environ 8 heures jusqu'à l'obtention d'une solution limpide et incolore. Elle est ensuite refroidie à température ambiante.

#### ○ **Distillation**

Un volume de 20 ml d'eau distillée et 45 ml de soude NaOH 40% sont versés doucement dans la solution minéralisée en agitant l'ampoule de temps en temps dans un bécher contenant de l'eau glacée. La solution vire à la bleue claire.

L'ensemble est ensuite connecté au distillateur puis récupéré avec un ballon à fond plat contenant 20 ml d'acide borique 4% additionné d'une goutte de rouge de méthyle (solution de coloration rose). La distillation dure environ 30 à 45 mn.

#### ○ **Titration**

La coloration de la solution dans le ballon collecteur vire au jaune-vert et indique la présence de l'azote ammoniacal. Le ballon est titré par une solution d'acide sulfurique 0,1N jusqu'au retour à la coloration rose. La descente de burette est notée.

Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche.

$$\text{MAT ou PB (\%MS)} = \frac{DB \times 0,0014 \times 6,25}{Pe} \times 100$$

PB: Protéine Brute ;

DB : Descente de burette ;

Pe : Prise d'essai de 0,3g ;

1 ml d'acide sulfurique = 1,4 mg d'azote ;

La quantité d'azote est multipliée par le facteur 6,25.

#### ● **Détermination de le teneur en cellulose brute (CB)**

La teneur en cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE.

Le principe consiste à estimer l'importance de la paroi végétale, en l'occurrence, la digestibilité. La cellulose brute est le résidu organique obtenu après 2 hydrolyses successives, l'une en milieu acide en présence de l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et l'autre en milieu alcalin utilisant l'hydroxyde de potassium KOH.

C'est un résidu composé de cellulose vraie, d'hémicellulose, de matières azotées et une fraction variable de la lignine.

○ **Hydrolyse acide**

Trois (03) grammes d'échantillon (Pe) sont introduits dans 200 ml d'acide sulfurique 0,26N, puis portés rapidement à ébullition, et bouillis pendant 30 mn. Pour maintenir le volume constant, la préparation est effectuée dans un bécher sans bec couvert par un dispositif de circulation d'eau froide.

Après 30 mn d'ébullition, la préparation est filtrée par un creuset n°1 (porosité 1) préalablement garni d'une couche de sable fin. Le résidu est lavé à grande eau.

○ **Hydrolyse basique**

Les résidus de l'hydrolyse acide sont transvasés quantitativement dans un bécher sans bec, puis additionnés de 200 ml d'une solution d'hydroxyde de potassium 0,23N. La préparation est portée à ébullition, maintenue pendant 30 mn, dans les mêmes dispositifs que l'hydrolyse acide. Ensuite, elle est filtrée immédiatement sous vide, sur le même creuset regarni de sable fin. Le résidu est lavé à l'eau chaude jusqu'à la neutralité des eaux de lavage.

Le creuset est séché à l'étuve 103°C jusqu'à poids constant. Puis il est placé dans le dessiccateur et pesé rapidement (P1). Le creuset est introduit dans le four à moufle puis laissé calciner pendant 3 heures à 550°C. Après refroidissement, il est pesé (P2).

La teneur en cellulose brute est exprimée en pourcentage de matière sèche.

$$CB (\%MS) = \frac{x1-x2}{Pe} \times 100$$

P1 : Poids du creuset avec le résidu après étuvage à 103°C ;

P2 : Poids du creuset avec le résidu après calcination à 550°C ;

Pe : Prise d'essai de 3g.



### **Hydrolyses acides des échantillons par la méthode de Weende.**

- **Méthode de VAN SOEST**

C'est un procédé comportant deux hydrolyses (par une solution neutre et une solution acide) :

Par ébullition de l'échantillon dans une solution neutre de détergent pour l'obtention d'une fraction soluble et d'une fraction insoluble fibreuse (NDF : Neutral Détergent Fiber). La fraction soluble comprend les sucres, les glucides solubles, l'amidon, l'azote non protéique, les protéines, les lipides et autres composants. La fraction fibreuse regroupe l'hémicellulose, la cellulose, la lignine, les protéines et les minéraux.

Par ébullition dans une solution de détergent acide pour l'obtention d'une fraction soluble et d'une fraction insoluble fibreuses (ADF). La fraction soluble contient les mêmes constituants que ceux du NDF. De même pour la fraction fibreuse mais sans la présence la présence d'hémicellulose.

L'hémicellulose est alors obtenu par soustraction de l'ADF au NDF.

Par destruction de la cellulose vraie par l'acide sulfurique 72% du résidu ADF, la lignine ADL est estimée. L'ADL est évalué par soustraction de la lignine et les cendres insoluble de la fraction ADF.

- **Obtention du résidu neutre (Neutral Detergent Fiber : NDF)**

Dans un récipient contenant 1g d'échantillon (Pe) est versé 50 ml de NDS (Neutral Detergent Solution). Après l'avoir branchée dans le dispositif de reflux, la

préparation est portée à ébullition pendant environ une heure, la température doit être stabilisée pour maintenir une ébullition ménagée constante. Ensuite, l'échantillon est filtré sur un creuset en verre fritté de porosité n° 1 préalablement taré (P0) en prenant soin de bien nettoyer les parois du récipient avec un maximum d'eau distillé bouillant. Ensuite le creuset est placé pendant au moins 8 heures à l'étuve à 103°C. Après refroidissement dans un dessiccateur l'échantillon est pesé (P1).

○ **Obtention du résidu acide (Acide Detergent Fiber : ADF)**

Le résidu obtenu (NDF) est récupéré pour subir une seconde hydrolyse. Le mode opératoire suivi est celui utilisé pour l'obtention du NDF, seule la solution NDS est remplacée par une solution d'ADS (Acide Detergent Solution).

Le nouveau résidu obtenu après hydrolyse est filtré sur le même creuset, séché à l'acétone et placé à l'étuve (100°C, 8 heures) puis pesé (P2).

○ **Isolement de la lignine (Acid Insoluble lignin : ADL)**

Le creuset contenant le résidu d'ADF est placé dans un bécher puis il est additionné d'acide sulfurique à 72% jusqu'à mi-hauteur. La solution est agitée toutes les heures environ puis additionnée d'acide si nécessaire pour briser les grumeaux. Après trois heures de traitement, le maximum d'acide est filtré sous vide puis lavé à l'eau distillé chaude jusqu'à neutralisation du résidu.

Le creuset est placé à l'étuve à 103°C pendant au moins 8 heures et après refroidissement dans le dessiccateur, il est pesé (P3).

○ **Minéralisation du résidu**

Le résidu d'ADF est minéralisé à 550°C pendant 4 heures puis refroidi dans dessiccateur. P4 est obtenu par pesage.

Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche.

$$\text{NDF (\%MS)} = \frac{P1-P4}{Pe} \times 100$$

$$\text{ADF (\%MS)} = \frac{P2-P4}{Pe} \times 100$$

$$\text{Lignine (\%MS)} = \frac{P3-P4}{Pe} \times 100$$

$$\text{Hémicellulose (\%MS)} = \text{NDF} - \text{ADF}$$

P0: Poids du creuset vide;

Pe: Prise d'essai (1g);

P1: Poids du creuset après hydrolyse par NDS et étuvage;

P2: Poids du creuset après hydrolyse par ADS et étuvage;

P3: Poids du creuset après traitement à l'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% et étuvage,

P4 creuset après minéralisation à 550°C.

- **Prévision des valeurs nutritives à partir de la composition chimique.**

Les valeurs nutritives des plantes analysées (valeurs énergétiques exprimées en UFL et UFV ; et valeurs azotées exprimées PDIN et PDIE) ont été estimées à partir des résultats de la composition chimique : matière organique (MO), matière azotée totale (ou PB) et cellulose brute (CB).

L'estimation de la digestibilité de la matière organique (dMO) et des valeurs énergétiques est basée sur la publication de Jarrige et al en utilisant le CB et le PB comme variable prédictives.

➤  **$dMO = 0,717 + 0,001222 PB - 0,000748 CB$ .**

➤  **$UFL \text{ (unité /kg de MS)} = 0,840 + 0,001330 PB - 0,000832 CB$ .**

➤  **$UFV \text{ (unité /kg de MS)} = 0,762 + 0,001443 PB - 0,000946 CB$ .**

L'estimation de la valeur azotée a été effectuée selon le système des protéines digestibles dans l'intestin (PDI). Ce système nécessite le calcul des protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA), des protéines digestibles dans l'intestin grêle d'origine microbienne limitées par l'azote (PDIMN), des protéines digestibles dans l'intestin grêle d'origine microbienne limitées par l'énergie (PDIME) et des matières organiques fermentescibles (MOF). Le mode de calcul est basé sur les équations de prédictions selon la publication de Vérité et Peyraud:

Le calcul de la valeur azotée d'un fourrage (PDI) nécessite de connaître, outre sa teneur en MAT et sa dMO, la dégradabilité théorique de ses matières azotées dans le rumen (DT) et la digestibilité réelle des protéines dans l'intestin (dr).

Chaque fourrage possède deux valeurs :

- PDIN (g/kg de MS) : qui représente la valeur PDI, s'il est inclus dans une ration déficitaire en azote dégradable ;  $PDIN = PDIA + PDIMN$  ;
- PDIE (g/kg de MS) : qui représente la valeur PDI, s'il est inclus dans une ration déficitaire en énergie fermentescible ;  $PDIE = PDIA + PDIME$ .

➤  **$MO = MS - MM$**

➤  **$PDIA = 1,11 \times PB \times (1 - DT) \times dr$  ;**

Selon Verité et Peyraud, pour les fourrages verts  $DT = 0,73$

et  $dr = 0,75$

➤  **$PDIMN = 0,64 \times PB \times (DT - 0,10)$**

➤  **$PDIME = 0,093 \times MOF$**

➤  **$MOF = MO \times (dMO - PB) \times (1 - DT)$**

Les compositions chimiques et les valeurs nutritionnelles de chaque fourrage sont issues de la fiche de résultat d'analyse bromatologique du Laboratoire de chimie nutrition de la division animale du DRZVP.

**Annexe 5: Correspondance entre nom scientifique et nom vernaculaire des plantes  
fourragères**

<b>Noms vernaculaires</b>	<b>Noms Scientifiques</b>	<b>Familles</b>	<b>Type biologique</b>
Ahibe	<i>Panicum mahafalense</i> A.Camus	POACEAE	Herbacée
	<i>Panicum pseudovoeltzkowii</i> (		
Ahidaly	Mez). A.Camus	POACEAE	Herbacée
	<i>Heteropogon contortus</i> (L.)		
Ahidambo	P.Beaw.	POACEAE	Herbacée
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.)		
Ahidraty	Willd.	POACEAE	Herbacée
Bozaka	<i>Andropogon eucomus</i> Nees.	POACEAE	Herbacée
Fandrotrarana	<i>Cynodon dactylon</i> (L) Pers.	POACEAE	Herbacée
Cynchrus	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	POACEAE	Herbacée
	<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst.		
Bracharia	ex A. Rich.) Stapf	POACEAE	Herbacée
	<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle)		
Bracharia	Schweick	POACEAE	Herbacée
	<i>Pennisetum purpureum</i>		
Penisetom	Schumach.	POACEAE	Herbacée
	<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth)		
Basy	Alston.	FABACEAE	Arbuste
Engetse	<i>Indigofera astragalina</i> D C.	FABACEAE	Arbuste
Kilimbazaha	<i>Pithecellobium dulce</i> Benth.	FABACEAE	Arbre
Kily	<i>Tamarindus indica</i> L.	FABACEAE	Arbre
Monjola	<i>Indigofera compressa</i> Lam	FABACEAE	Arbuste
	<i>Alysicarpus ovalifolius</i>		
	(Schumach. and Thonn.)		
Sarikatra	J.Léonard.	FABACEAE	Herbacée
Mokona	<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC	FABACEAE	Arbuste
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)		
Lesena	de Wit.	FABACEAE	Arbuste

	<i>Macroptilium atropurpureum</i>		
Siratro	(D C.) Urb.	FABACEAE	Herbacée
	<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.)		
Stilozantes	Sw	FABACEAE	Arbuste
Fandrihosa	<i>Dichrostachys tenuifolia</i> Benth.	FABACEAE	Arbuste
Angamay	<i>Tridax procumbens</i> L.	ASTERACEAE	Herbacée
Angea	<i>Senecio madagascariensis</i> Poir.	ASTERACEAE	Herbacée
	<i>Secamonopsis madagascariensis</i>		
Angalora	Jum.	ASCLEPIADACEAE	Arbre
	<i>Leptadenia madagascariensis</i>		
Taritarika	Decne.	ASCLEPIADACEAE	Arbuste
Filofilo	<i>Azima tetracantha</i> Lam.	SALVADORACEAE	Arbuste
Sasavy	<i>Salvadora angustifolia</i> Turrill.	SALVADORACEAE	Arbre
Jabihy	<i>Operculicarya decaryi</i> H.Perrier	ANACARDIACEAE	Arbuste
	<i>Poupartia caffra</i> (Sond.)		
Sakoa	<i>H.Perrier</i>	ANACARDIACEAE	Arbre
	<i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.)		
Raketamena	Haw.	CACTACEAE	Arbuste
Raketamalama	<i>Opuntia inermis</i> (D C)D. C.	CACTACEAE	Arbuste
Kompitse	<i>Plectaneia stenophylla</i> Jum.	APOCYNACEAE	Arbuste
	<i>Pentopetia grevei</i> (Baill.)		
Kompitra	Venter.	APOCYNACEAE	Arbuste
	<i>Croton mahafaliensis</i>		
Hazombalala	Leandri	EUPHORBIACEAE	Arbre
	<i>Allophylus decaryi</i>		
Hazomposa	Danguy&Choux	SAPINDACEAE	Arbuste
Beamena	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	NYCTAGINACEAE	Herbacée
	<i>Clerodendrum arenarium</i>		
Bedoko	J.G.Baker.	VERBENACEAE	Herbacée
	<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.)		
Lamoty	Merr.	FLACOURTIACEAE	Arbuste

	<i>Pycreus polystahyos</i>		
Moita	(Rottb.)P.Beauv.	CYPERACEAE	Herbacée
	<i>Capurodendron mandrarensense</i>		
Nato	Aubrév.	SAPOTACEAE	Arbre
	<i>Diospyros sclerophylla</i> H.		
Sanira	Perrier.	EBENACEAE	Arbre
	<i>Solanum hippophaeoides</i> Bitter		
Tsingily	in Herb	SOLANACEAE	Arbuste
Tsikimenamena	<i>Mollugo decandra</i> Sc.Elliot	AIZOACEAE	Arbuste
Varogasy	<i>Cordia caffra</i> Sond.	BORAGINACEAE	Arbre
Voandelaka	<i>Melia azedarach</i> L.	MELIACEAE	Arbre
Somangy	<i>Thilachium sumangui</i> Bojer.	CAPPARIDACEAE	Arbuste
Vaha	<i>Combretum collinum</i> Loefl.	COMBRETACEAE	Arbre
	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook)		
Flamboian	Raf.	CAESALPINIACEAE	Arbre

#### Annexe 6: Date, lieu de coupe et organes prélevés pour chaque échantillon

Noms scientifiques	Date de coupe	Lieu de coupe	Organe prélevé
	13/08/2015	Beanara	
<i>Panicum mahafalense</i>	03/02/2015	Anakafy	tiges+feuilles
A.Camus	06/02/2015	Ankilitelo	
	04/02/2015	Terabovo	
	17/03/2015	Eradaï	
	24/02/2015	Ambinoa Ambondro	
<i>Panicum pseudovoelskowi</i>	03/03/2015	Marofotsy/Ambinaivo	tiges+feuilles
5Mez.)A.Camus	14/03/2015	Bevato	+fleurs
	18/03/2015	Anivorano	
<i>Heteropogon contortus</i> (L.)	06/02/2015	Ankilitelo	feuilles
P.Beaw.	04/02/2015	Morafeno	

	04/03/2015	Anivorano	
	03/04/2015	Jafaro	feuilles+tiges
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	04/03/15	Menendra	+fleurs
	03/04/2015	Antanimora	
	03/03/2015	Erada	
<i>Andropogon eucomus</i> Nees.	04/03/15	Menendra	feuilles+tiges
	17/03/2015	Erada	
	03/04/2015	Antanimora	
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pears.	17/03/2015	Erada	feuilles+tiges
	03/04/2015	Jafaro	
	21/04/2015	station CTAS	
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	21/04/2015	station CTAS	feuilles+tiges
	21/04/2015	station CTAS	
<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweik	21/04/2015	station CTAS	feuilles+tiges
	21/04/2015	station CTAS	
<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst ex A. Rich) Stapf	21/04/2015	station CTAS	feuilles+tiges
	21/04/2015	station CTAS	
<i>Pennisetum purpureum</i> Schumacher	17/02/2015	Andramanera	tiges+feuilles
	04/02/2015	station CTAS	
<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston.	04/03/2015	Ebana Mariany	tiges+feuilles
	17/03/2015	Erada	+épines+fleurs
<i>Indigofera astragalina</i> DC.	04/02/2015	Morafeno	tiges+feuilles
	03/03/2015	Marofotsy/Ambinaivo	
	27/02/2015	Ankazoabo II	
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	06/02/2015	Ankilitelo	tiges+feuilles
	10/02/2015	Mantsabe	
	03/03/2015	Maromainty	
	27/02/2015	Ankazoabo II	
<i>Tamarindus indica</i> L.	06/02/2015	Ankilitelo	tiges+feuilles
	10/02/2015	Mantsabe	
	24/02/2015	Ambinoa	

	13/08/2015	Beanara	
<i>Indigofera compressa</i> Lam.	03/02/2015	Anakafy	tiges+feuilles
	06/02/2015	Ankilitelo	
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach. And Thonn.) J.Léonard.	04/02/2015	Terabovo	tiges+feuilles
	17/01/2015	Anakafy	
	04/02/2015	Terabovo	
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	05/02/2015	Morafeno	feuilles
	04/02/2015	Terabovo	
	13/02/2015	Sasilava	
	06/02/2015	Morafeno	
	26/02/2015	Ambiroa	
	26/02/2015	Sasilava I	
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit	13/02/2015	Sasilava	Feuilles+ gousse
	06/02/2015	Morafeno	+tiges
	06/02/2015	Ambonaivo	
	10/03/2015	Eradaï	
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (DC.) Urb.	20/02/2015	Anakafe	Tiges+feuilles
	04/03/2015	Talaky	
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw	03/03/2015	Station CTAS	feuilles+tiges
<i>Dichrostachys tenuifolia</i> Benth.	03/03/2015	Marofotsy	feuilles+tiges+
	06/02/2015	Ankilitelo	fleurs
	10/02/2015	Ambinoa	
<i>Tridax procumbens</i> ( L)L.	24/02/2015	Ambinoa	feuilles+tiges
	05/02/2015	Morafeno	
	13/02/2015	Sasilava	
	03/03/2015	Marofotsy	
<i>Senecio multibracteatus</i> Hary.	06/02/2015	Ankilitelo	feuilles+tiges+
	03/03/2015	Marofotsy	fleur
<i>Secamonopsis</i>	13/03/2015	Beanara	

<i>madagascariensis</i> Jum.	19/02/2015	Anivorano	feuilles+tiges
	04/02/2015	Terabovo	
<i>Leptadenia madagascariensis</i>	05/02/2015	Morafeno	
Decne.	13/03/2015	Beanara	feuilles+tiges
	04/02/2015	Terabovo	
	10/02/2015	Anatsake	
<i>Azima terracantha</i> Lam.	03/04/2015	Jafaro	feuilles+tiges+
	21/04/2015	Antanimora	épine
	03/04/2015	Anjakina	
<i>Salvadora angustifolia</i>	03/04/2015	Jafaro	tiges+feuilles+
Turrill.	12/03/2015	Mitreka	fleure
	17/03/2015	Erada	
<i>Operculicarya decaryi</i>	03/03/2015	Moaromainty	feuilles+tiges
H.Perrier	26/02/2015	Ambariho	
<i>Poupartia minor</i> (Bojer)	19/03/2015	Beanitara	tiges+feuilles+
L.Marchand.	03/03/2015	Marofotsy/Ambinaivo	fleure
	18/03/2015	Anivorano	
	13/03/2015	Beandidra	
<i>Opuntia dillenii</i> (Ker	13/03/2015	Beandidra	raquette
Gowl.)Haw	17/03/2015	Erada	
<i>Opuntia inermis</i> (D C) D C	04/03/2015	Ebana Mariany	Raquette
	17/03/2015	Erada	
	18/03/2015	Ambaroa III	
	24/02/2015	Ambinoa Ambondro	
<i>Plectaneia stenophylla</i> Jum.	10/03/2015	Ambodivona	feuille
	18/03/2015	Anivorano	
<i>Pentopetia grevei</i> (Baill.)	17/03/2015	Erada	fleurs+gousses
Venter.	01/03/2015	Beanara	+tiges+feuilles
	04/03/2015	Ebana Mariany	
<i>Croton mahafaliensis</i>	17/03/2015	Erada	tiges+feuilles+
<i>Leandri</i>	18/03/2015	Ambaroa III	épines
	18/03/2015	Ambovombe	+fruits +fleurs

<i>Allophylus decaryi</i>	18/03/2015	Anivorano	tiges+feuilles+
<i>Danguy &amp; Choux</i>	14/03/2015	Bevato	fleure
	27/02/2015	Ankazoabo II	
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	06/02/2015	Ankilitelo	tiges+feuilles
	10/02/2015	Mantsabe	
	03/03/2015	Maromainty	
<i>Clerodendrum arenarium</i>	04/03/2015	Talaky	tiges+feuilles+
J.G.Baker.	18/03/2015	Anivorano	fleure
	03/03/2015	Marofotsy/Ambonaivo	
	03/03/2015	Erada	
	20/06/2015	Ambovombe	
	03/04/2015	Jafaro	
<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.)	03/04/2015	Jafaro	tiges+feuilles
Merr.	04/02/2015	Erada	
	03/04/2015	Antanimora	
	17/03/2015	Erada	
	03/04/2015	Jafaro	
	03/03/2015	Erada	
	03/04/2015	Jafaro	
<i>Pycneus polystachyus</i>	17/03/2015	Erada	feuilles+tiges+
(Rottb.)P.Beauv.	03/04/2015	Antanimora	gousses
	10/03/2015	Erada	
	03/03/2015	Ambonavo	
	26/02/2015	Lamotia Ambovia	tiges+feuilles
<i>Capurodendron</i>	11/03/2015	Sihanamaro	+fleurs
<i>mandrarensis</i> Aubrev	13/03/2015	Beanara	+gousses
	04/02/2015	Morafeno	
<i>Diospyros sclerophylla</i> H.	05/02/2015	Morafeno	tiges+feuilles
Perrier.	03/02/2015	Anakafy	+fleurs
	24/02/2015	Morafeno	
	13/08/2015	Marofotsy/Ambonaivo	
	03/02/2015	Ambinoa	

<i>Solanum pyracanthos</i> Lam.	04/02/2015	Morafeno	tiges+feuilles
	05/02/2015	Morafeno	
	03/02/2015	Anakafy	
	26/02/2015	Morafeno	
<i>Mollugo decandra</i> Sc.Elliot.	13/03/2015	Beanara	feuilles+tiges
	19/02/2015	Terabovo	
	05/02/2015	Morafeno	
	13/02/2015	Sasilava	
	04/02/2015	Terabovo	
<i>Cordia caffra</i> Sond.	05/02/2015	Terabovo	
	20/02/2015	Anakafe	feuilles+tiges
	04/03/2015	Talaky	
	04/02/2015	Terabovo	
	05/02/2015	Morafeno	
<i>Melia azedarach</i> L.	06/02/2015	Beanara	
	10/03/2015	Erada	feuilles+tiges
	13/02/2015	Sasilava	
	06/02/2015	Morafeno	
<i>Thilachium sumangui</i> Bojer.	26/02/2015	Ambiroa	tiges+feuilles
	06/02/2015	Sasilava I	
	04/02/2015	Terabovo	
	05/02/2015	Morafeno	
<i>Combretum collinum</i> Loefl.	13/02/2015	Sasilava	Feuilles+tiges
	06/02/2015	Morafeno	
	26/02/2015	Ambiroa	
	13/03/2015	Sasilava I	
	04/02/2015	Terabovo	
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook) Raf	05/02/2015	Morafeno	Feuilles+tiges
	05/02/2015	Morafeno	
	13/02/2015	Sasilava	
	04/02/2015	Terabovo	
	04/02/2015	Ambiroa	

**Annexe 7: Bulletin d'analyse du laboratoire chimie et nutrition animale DRZVP**

MINISTERE AUPRES DE LA PRESIDENCE

EN CHARGE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE

DEPARTEMENT DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES VETERINAIRES ET  
PISCICOLES

LABORATOIRE DE CHIMIE NUUTRITION ANIMALE

AMPANDRIANOMBY B.P. 04 101 ANTANANARIVO

---

**BULLETIN D'ANALYSE      N°**

Nature de l'échantillon :

Provenance :

Date de réception :

---

**A.RESULTAT D'ANALYSES BROMATOLOGIQUES.**

DETERMINATIONS ANALYTIQUES	Teneur en % de produit brut	Teneur en % de matière sèche
Teneur en eau		
Matière sèche		
Cendres brutes		
Matières grasses brutes		
Protéines brutes		
Celluloses brute		
Calcium		
Phosphore total		
Cendre insoluble dans l'acide chlorhydrique		
Neutral Detergent Fiber (NDF)		
Acidel Detergent Fiber (ADF)		
Acid DetergentLigniner (ADL)		
Aflatoxine B1(en ppm)		
Gossypol libre (en ppm)		

**B.RESULTATS D'ANALYSES MICROSCOPIQUES.**

Destinataires :

Antananarivo,le

Le Chef de Laboratoire

### Annexe 8: Statistiques descriptives des variables

Statistique	MS	PB	CB	Lignine	dMO	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P
<b>Nb. d'observations</b>	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
<b>Nb. de valeurs manquantes</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Somme des poids</b>	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
<b>Minimum</b>	10,500	2,300	7,000	2,400	0,690	0,670	0,610	14,000	49,000	0,040	0,010
<b>Maximum</b>	61,400	26,600	44,600	74,200	0,740	0,820	0,750	167,000	114,000	5,060	0,870
<b>1er Quartile</b>	26,925	8,900	18,150	8,075	0,710	0,750	0,680	56,000	73,750	0,508	0,210
<b>Médiane</b>	35,450	13,100	23,550	27,300	0,714	0,770	0,693	82,500	80,500	1,065	0,365
<b>3ème Quartile</b>	41,625	17,275	30,475	36,275	0,720	0,780	0,710	108,500	92,250	1,975	0,520
<b>Moyenne</b>	34,827	13,381	24,154	27,819	0,714	0,763	0,681	84,125	82,188	1,372	0,373
<b>Ecart-type (n)</b>	10,606	6,230	9,325	20,429	0,012	0,035	0,032	39,125	14,031	1,107	0,232
<b>Coefficient de variation</b>	30,5	46,6	38,6	73,4	1,7	4,6	4,7	46,5	17,1	80,7	62,3

**Annexe 9: Rapport de corrélation et triage des variables par ordre décroissant**

<b>Variables</b>	<b>Eta2</b>	<b>P-value</b>
<b>PDIE</b>	<b>0,6464978</b>	<b>6,899564.e<sup>-11</sup></b>
<b>PDIN</b>	<b>0,5615658</b>	<b>8,766948.e<sup>-09</sup></b>
<b>PB</b>	<b>0,5613220</b>	<b>8,877311.e<sup>-09</sup></b>
<b>dMO</b>	<b>0,4847385</b>	<b>3,316069.e<sup>-07</sup></b>
<b>UFL</b>	<b>0,4590284</b>	<b>9,918017.e<sup>-07</sup></b>
<b>Lignine</b>	<b>0,4290210</b>	<b>3,341590.e<sup>-06</sup></b>
<b>UFV</b>	<b>0,4235294</b>	<b>4,144632.e<sup>-06</sup></b>
<b>Ca</b>	<b>0,3502423</b>	<b>6,122193.e<sup>-05</sup></b>
<b>CB</b>	<b>0,3242900</b>	<b>1,477771.e<sup>-04</sup></b>
<b>P</b>	<b>0,1351265</b>	<b>3,814460.e<sup>-02</sup></b>

**Annexe 10: Matrice de corrélation des variables**

	<b>MS</b>	<b>PB</b>	<b>CB</b>	<b>Lignine</b>	<b>dMO</b>	<b>UFL</b>	<b>UFV</b>	<b>PDIN</b>	<b>PDIE</b>	<b>Ca</b>	<b>P</b>
<b>MS</b>	1.0000	-0.0333	0.2146	-0.1286	-0.1221	0.0206	0.0017	-0.0322	-0.0163	-0.0577	-0.1080
<b>PB</b>	-0.0333	1.0000	0.0243	0.1521	0.7197	0.2311	0.2709	0.9999	0.9388	-0.0532	0.0261
<b>CB</b>	0.2146	0.0243	1.0000	-0.5253	-0.6032	0.1758	0.1038	0.0268	0.1160	-0.3966	-0.1503
<b>Lignine</b>	-0.1286	0.1521	-0.5253	1.0000	0.4279	-0.3657	-0.3172	0.1491	-0.0155	0.6092	0.2193
<b>dMO</b>	-0.1221	0.7197	-0.5873	0.4279	1.0000	0.0400	0.1050	0.7191	0.6102	0.2676	0.1034
<b>UFL</b>	0.0206	0.2311	0.1758	-0.3657	0.0400	1.0000	0.9886	0.2324	0.5485	-0.4803	-0.2500
<b>UFV</b>	0.0017	0.2709	0.1038	-0.3172	0.1050	0.9886	1.0000	0.2723	0.5779	-0.4634	-0.2177
<b>PDIN</b>	-0.0322	0.9999	0.0268	0.1491	0.7191	0.2324	0.2723	1.0000	0.9393	-0.0540	0.0250
<b>PDIE</b>	-0.0163	0.9388	0.1160	-0.0155	0.6102	0.5485	0.5779	0.9393	1.0000	-0.2317	-0.0669
<b>Ca</b>	-0.0577	-0.0532	-0.3966	0.6092	0.2676	-0.4803	-0.4634	-0.0540	-0.2317	1.0000	0.1642
<b>P</b>	-0.1080	0.0261	-0.1503	0.2193	0.1034	-0.2500	-0.2177	0.0250	-0.0669	0.1642	1.0000

# Annexe 11: Classification des fourrages

NOMS SCIENTIFIQUES	MS	PB	CB	Lignine	dMO	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P	Cluster
<i>Panicum mahafalense</i> A.Camus	33,3	8,9	33,7	2,7	0,70	0,68	0,61	56	62,5	0,19	0,04	2
<i>Panicum pseudovoeltzkowii</i> (Mez). A.Camus	38,3	15,1	28,1	4,1	0,71	0,78	0,71	95	88	0,21	0,45	3
<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P.Beaw.	27,5	12,2	36,3	3,7	0,70	0,76	0,69	76,5	80	0,55	0,43	2
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	30,0	9,3	22,3	25,1	0,69	0,76	0,69	58	74	0,41	0,35	2
<i>Andropogon eucomus</i> Nees.	27,3	26,0	32,3	3,1	0,73	0,81	0,74	164	114	0,13	0,05	3
<i>Cynodon dactylon</i> (L) Pers.	31,6	17,5	38,7	2,4	0,71	0,80	0,72	110	96	0,05	0,05	3
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	23,1	2,3	7,0	2,9	0,71	0,82	0,74	14	68	0,04	0,02	2
<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf	44,2	5,3	29,8	6,8	0,70	0,79	0,71	34	71	0,50	0,07	2
<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick	57,1	10,4	30,2	4,8	0,71	0,75	0,68	66	74	0,81	0,12	2
<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	23,5	6,9	38,3	3,2	0,70	0,78	0,70	44	73	0,39	0,11	2
<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston.	24,4	25,2	17,7	13,2	0,74	0,77	0,70	158	105,5	0,50	0,82	3

NOMS SCIENTIFIQUES	MS	PB	CB	Lignine	dMO	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P	Cluster
<i>Indigofera astragalina</i> D C.	33,3	15,8	26,7	8,5	0,72	0,76	0,69	100	86	1,80	0,66	3
<i>Pithecellobium dulce</i> Benth.	35,5	14,3	18,6	25,5	0,72	0,78	0,71	90	86	1,40	0,70	3
<i>Tamarindus indica</i> L.	38,3	16,1	29,0	22,4	0,72	0,78	0,70	101	90	1,93	0,61	3
<i>Indigofera compressa</i> Lam	45,3	7,6	34,7	5,7	0,70	0,78	0,70	48	73	2,16	0,31	2
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach. and Thonn.) J.Léonard.	36,2	12,5	26,5	24,7	0,71	0,76	0,69	79	80	2,18	0,72	3
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC	24,3	21,5	31,9	36,8	0,72	0,77	0,69	135	99	1,46	0,55	3
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	47,4	18,2	28,2	49,3	0,72	0,77	0,69	114	92	1,71	0,25	3
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (D C.) Urb.	28,8	16,4	21,0	33,5	0,72	0,73	0,67	103	83	1,89	0,01	1
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw	40,4	9,1	44,6	6,5	0,69	0,76	0,69	57	75	1,16	0,32	2
<i>Dichrostachys tenuifolia</i> Benth.	45,3	17,2	27,7	27,1	0,72	0,78	0,71	108	93	0,94	0,29	3
<i>Tridax procumbens</i> L.	15,8	10,5	18,5	35,0	0,72	0,75	0,68	66	74	2,66	0,31	1
<i>Senecio madagascariensis</i> Poir.	22,1	8,8	23,1	15,7	0,71	0,77	0,69	55	74	1,03	0,03	2

NOMS SCIENTIFIQUES	MS	PB	CB	Lignine	dMO	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P	Cluster
<b>Secamonopsis madagascariensis</b> <b>Jum.</b>	40,0	18,1	24,0	3,3	0,72	0,77	0,70	114	93	0,94	0,50	3
<b>Leptadenia madagascariensis</b> <b>Decne.</b>	20,5	7,1	18,8	44,9	0,71	0,74	0,67	44	67	1,83	0,78	1
<b>Azima tetracantha Lam.</b>	46,1	17,2	13,2	74,0	0,73	0,71	0,64	108	81	5,06	0,23	1
<b>Salvadora angustifolia Turrill.</b>	34,9	15,6	12,7	74,2	0,73	0,67	0,61	98	74	4,87	0,23	1
<b>Operculicarya decaryi H.Perrier</b>	48,1	18,6	18,3	19,7	0,73	0,81	0,74	117	99	1,10	0,24	3
<b>Poupartia caffra(Sond.)</b> <b>H.Perrier</b>	34,9	8,9	9,5	69,8	0,72	0,73	0,67	56	69	2,14	0,45	1
<b>Opuntia inermis (D C) D. C.</b>	10,5	13,7	7,3	69,2	0,73	0,79	0,72	86	85	2,72	0,14	1
<b>Opuntia dillenii (Ker Gawl.)</b> <b>Haw</b>	61,4	2,6	16,4	24,1	0,71	0,68	0,61	16	49	2,56	0,51	1
<b>Plectaneia stenophylla Jum.</b>	36,4	2,4	14,1	12,1	0,71	0,78	0,71	15	63	2,11	0,30	2
<b>Pentopetia grevei (Baill.) Venter.</b>	38,0	13,8	18,6	60,3	0,72	0,78	0,71	87	84	0,93	0,38	3
<b>Croton mahafaliensis</b> <b>Leandri</b>	45,0	19,0	36,4	28,1	0,71	0,79	0,71	119	97	0,46	0,13	3
<b>Allophylus decaryi</b> <b>Danguy&amp;Choux</b>	40,9	12,2	14,6	21,1	0,72	0,79	0,72	76,5	83	0,66	0,47	3

NOMS SCIENTIFIQUES	MS	PB	CB	Lignine	dMO	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P	Cluster
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	24,0	16,7	16,7	42,5	0,73	0,68	0,62	105	77	0,24	0,64	1
<i>Clerodendrum arenarium</i> J.G.Baker.	25,8	3,9	21,5	28,4	0,70	0,73	0,66	24,5	59	2,71	0,71	1
<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr.	41,4	8,1	25,0	32,3	0,71	0,76	0,69	51	72	0,96	0,38	2
<i>Pycneus polystahyos</i> (Rottb.)P.Beauv.	35,4	11,9	26,8	27,5	0,71	0,80	0,72	75	85	0,22	0,15	2
<i>Capurodendron mandrareense</i> Aubrév.	50,0	21,6	22,0	36,1	0,73	0,82	0,75	136	106	0,88	0,23	3
<i>Diospyros sclerophylla</i> H. Perrier.	29,4	10,6	37,7	32,5	0,70	0,76	0,69	66,5	78	2,34	0,49	2
<i>Solanum hippophaeoides</i> Bitter in Herb	39,4	22,6	9,6	33,5	0,74	0,78	0,71	142	102	1,14	0,43	3
<i>Mollugo decandra</i> Sc.Elliot	32,2	3,8	20,5	29,5	0,71	0,75	0,68	24	62	1,40	0,51	1
<i>Cordia caffra</i> Sond.	22,3	12,5	11,5	67,8	0,72	0,72	0,66	78	74,4	1,93	0,87	1
<i>Melia azedarach</i> L.	16,0	26,6	18,8	38,4	0,74	0,77	0,70	167	108	2,85	0,41	3
<i>Thilachium sumangui</i> Bojer.	43,2	15,5	31,3	44,8	0,71	0,79	0,72	97	91	0,51	0,58	3
<i>Combretum collinum</i> Loefl.S	42,3	9,7	42,3	28,1	0,70	0,75	0,674	61	74	0,68	0,59	2
<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook) Raf.	40,6	22,5	26,9	30,4	0,72	0,768	0,7	141	101	0,52	0,27	3

## Annexe 12: Codes des individus utilisés dans la typologie

Codes	Individus
E1	<i>Panicum mahafalense</i> A.Camus
E2	<i>Panicum pseudovoeltzkowii</i> ( Mez). A.Camus
E3	<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P.Beaw.
E4	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.
E5	<i>Andropogon eucomus</i> Nees.
E6	<i>Cynodon dactylon</i> (L) Pers.
E7	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.
E8	<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf
E9	<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick
E10	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.
E11	<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston.
E12	<i>Indigofera astragalina</i> D C.
E13	<i>Pithecellobium dulce</i> Benth.
E14	<i>Tamarindus indica</i> L.
E15	<i>Indigofera compressa</i> Lam
E16	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach. and Thonn.) J.Léonard.
E17	<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC
E18	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.
E19	<i>Macroptilium atropurpureum</i> (D C.) Urb.
E20	<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.
E21	<i>Dichrostachys tenuifolia</i> Benth.
E22	<i>Tridax procumbens</i> L.
E23	<i>Senecio madagascariensis</i> Poir.
E24	<i>Secamonopsis madagascariensis</i> Jum.
E25	<i>Leptadenia madagascariensis</i> Decne.
E26	<i>Azima tetracantha</i> Lam.
E27	<i>Salvadora angustifolia</i> Turrill.
E28	<i>Operculicarya decaryi</i> H.Perrier
E29	<i>Poupartia caffra</i> (Sond.) H.Perrier
E30	<i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.) Haw.
E31	<i>Opuntia inermis</i> (D C)D. C.
E32	<i>Plectaneia stenophylla</i> Jum.
E33	<i>Pentopetia grevei</i> (Baill.) Venter.
E34	<i>Croton mahafaliensis</i> Leandri
E35	<i>Allophylus decaryi</i> Danguy&Choux
E36	<i>Boerhavia diffusa</i> L.
E37	<i>Clerodendrum arenarium</i> J.G.Baker.
E38	<i>Flacourtia indica</i> (Burm.f.) Merr.
E39	<i>Pycneus polystachyos</i> (Rottb.)P.Beauv.
E40	<i>Capurodendron mandrarensis</i> Aubrév.
E41	<i>Diospyros sclerophylla</i> H. Perrier.
E42	<i>Solanum hippophaeoides</i> Bitter in Herb
E43	<i>Mollugo decandra</i> Sc.Elliot

Codes	Individus
E44	<i>Cordia caffra</i> Sond.
E45	<i>Melia azedarach</i> L.
E46	<i>Thilachium sumangui</i> Bojer.
E47	<i>Combretum collinum</i> Loeft.
E48	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook) Raf.

### Annexe 13: Compositions chimiques des centres des classes

	MS	PB	CB	Lignine	dMO	UFL	UFV	PDIN	PDIE	Ca	P
1	34,9	8,9	9,5	69,8	0,72	0,73	0,67	56	69	2,14	0,45
2	30,0	9,3	22,3	25,1	0,69	0,76	0,69	58	74	0,41	0,35
3	40,0	18,1	24,0	3,3	0,72	0,77	0,70	114	93	0,94	0,50

## Annexe 14: Moyenne, écart-type et p-value des compositions chimiques et nutritives des différentes classes

\$ quanti\$`1

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
Lign	4.182937	49.4083333	27.8187500	19.08771238	20.42919333	2.877669e-05
Ca	4.035544	2.5008333	1.3720833	1.28728693	1.10709259	5.447585e-05
PDIE	-3.109018	71.1666667	82.1875000	10.13108528	14.03070480	1.877102e-03
CB	-3.616659	15.6333333	24.1541667	4.52351879	9.32530067	2.984304e-04
UFL	-4.150451	0.6575000	0.6912500	0.03112475	0.03218598	3.318207e-05
UFV	-4.454852	0.7233333	0.7627083	0.03299832	0.03498450	8.395120e-06

\$ quanti\$`2

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
CB	2.762007	29.7266667	24.1541667	9.969986069	9.32530067	5.744719e-03
P	-2.494249	0.2473333	0.3727083	0.176577336	0.23233184	1.262240e-02
PDIE	-2.982679	73.1333333	82.1875000	5.512007096	14.03070480	2.857371e-03
Lign	-3.132510	13.9733333	27.8187500	11.322983509	20.42919333	1.733188e-03
PDIN	-3.810866	51.8666667	84.1250000	18.183753432	39.12513312	1.384808e-04
PB	-3.819221	8.2333333	13.3812500	2.878811483	6.23009016	1.338739e-04
dMO	-4.733802	0.7026667	0.7152083	0.006798693	0.01224568	2.203531e-06

\$ quanti\$`3

	v.test	Mean in category	Overall mean	sd in category	Overall sd	p.value
PDIE	5.500650	94.9523810	82.1875000	8.87197938	14.03070480	3.783947e-08
PDIN	5.036116	116.7142857	84.1250000	26.30253085	39.12513312	4.750732e-07
PB	5.032294	18.5666667	13.3812500	4.19924407	6.23009016	4.846448e-07
UFV	3.522177	0.7100000	0.6912500	0.01661898	0.03218598	4.280181e-04
UFL	3.399877	0.7823810	0.7627083	0.01600737	0.03498450	6.741607e-04
dMO	3.306261	0.7823810	0.7152083	0.00957131	0.01224568	9.454994e-04

## Annexe 15: Photos de quelques matériels d'analyse



Bocale d'échantillons broyés    Broyeur électrique à grille de 1mm    Etuve



Dessiccateur

Plaques chauffantes

Bain marie



Distillateur de Kjeldhal

Dispositif refroidisseur

Creuset

**Annexe 16: Photos de quelques échantillons d'analyses**



*Andropogon eucomus* Nees

*POACEAE*



*Caesalpinia decapetala* (Roth)

*FABACEAE*



*Alstonia procumbens* (L.) L.

*ASTERACEAE*



*Leptadenia madagascariensis* Decne

*ASCLEPIADACEAE*



*Azima tetraantha* Lam.

*SALVADORACEAE*



*Poupartia minor* (Bojer) L. Marchand.

*ANACARDIACEAE*



*Opuntia inermis* (DC) DC

*CACTACEAE APOCYNACEAE*



*Plectanella stenophylla* Jum.



*Croton mahafaliensis* Leandri  
J.G. Baker *EUPHORBIACEAE*



*Allophylus decaryi* Danguy & Choux  
*SAPINDACEAE*



*Boerhavia diffusa* L.  
*NYCTAGINACEAE*



*Clerodendrum arenarium*  
*VERBENACEAE*



*Flacourtia indica* (Burm.f.) Merr. *Pycnus polystachyus* (Rottb.) Alston *Capurodendron mandrarenses* Aubrev *Diospyros sclerophylla* H. P.

FLACOURTIACEAE

CYPERACEAE

SAPOTACEAE

EBENACEAE



*Solanum hippophaeoides* Better in Herb

*Mollugo decandra* Sc.Elliott

*Cordia alliodora* Sond.

*Melia azadirach* L.

SOLANACEAE

AIZOACEAE

BORAGINACEAE

MELIACEAE



*Thilachium sumangui* Bojer.

*Combretum collinum* Loefl

*Delonix regia* (Bojer ex Hook) Raf.

CAPPARIDACEAE

COMBRETACEAE

CAESALPINIACEAE

## VELIRANO

« Eto anatrehan'i Zanahary, eto anatrehan'ireo mpikambana ao amin'iny Holafitra Nationalin'ny Dokotera Veterinera Malagasy sy ireo Mpampianatra ahy, miniana aho fa hitandro lalandava ary hatraiza hatraiza ny haja amam-boninahitry ny dokotera Veterinera sy ny asa. Noho izany dia manome toky ary mianiana aho fa :

- a. Hanatanteraka ny asako eo ambany fifehezan'ny fitsipika misy ary hanaja hatrany ny rariny sy ny hitsiny ;
- b. Tsy hivadi-belirano amin'ny lalàn'ny voninahitra, ny fahamendrehana, ny fanjana rariny sy ny fitsipi-pitondran-tena eo am-panatanterahana ny asa maha Dokotera Veterinera;
- c. Hanaja ireo nampianatra ahy, ny fitsipiky ny hai-kanto. Hampiseho ny sitraka sy fankatelémama amin'izy ireo ka tsy hivaona amin'ireo soa nampianarin'izy ireo ahy ;
- d. Hanaja ny ain'ny biby, hijoro ho toy ny andry iankinan'ny fiarovana ny fahasalaman'izy ireo sy ho fanatsarana ny fianany ary hikatsaka ny fivoaran'ny fahasalaman'ny olombelona sy ny toe-pianany ;
- e. Hitazona ho ahy samy irery ny tsiambaratelon'ny asako ;
- f. Hiasa ho an'ny fiarovana ny tontolo ianana sy hiezaka ho an'ny fiasian'ny fianana mirindra ho an'ny zavamana'aina rehetra ary hikatsaka ny fanatanterahana ny fisian'ny rehetra ilaina eo amin'ny fiaraha-monina tsy misy raoraon'ny olombelona sy ny biby ;
- g. Hiezaka hahafehy ireo fahalalana vaovao sy hai-tao momba ny fitsaboana biby ary hampita izany ho an'ny hafa ao anatin'ny fitandroana ny fifanakalozana amin'ny hairaha mifandray amin'izany mba hitondra fivoarana ho azy ;
- h. Na oviana na oviana aho, tsy hanaiky hampiasa ny fahalalako sy ny toerana misy ahy hitondra ho any amin'ny fahalovana sy hitarika fietsika tsy mendrika.

Ho toavin'ny mpiarabelona amiko anie aho raha mahatanteraka ny velorano nataoko. Ho rakotry ny henatra sy horabirabian'ireo mpiray asa amiko kosa aho raha mivadika amin'izany"

**PERMIS D'IMPRIMER**

**LU ET APPROUVE**

Le Directeur de Thèse,

Signé : Professeur RANDRIANARIVELOSEHENO Arsène

**VU ET PERMIS D'IMPRIMER**

Le Doyen de la Faculté de Médecine d'Antananarivo

Signé: Professeur SAMISON Luc Hervé

**Name and first names:** RAKOTONDRAZANANY Mamizara Masiharison

**Title of the thesis:** "NUTRITIONAL AND TYPOLOGICAL ASPECTS OF THE MAIN NATURAL FOURRAGER RESOURCES IN THE AMBOVOMBE DISTRICT"

**Category:** Animal Feed

**Number of pages** : 67    **Number of annexes** : 16

**Number of paintings:** 03    **Number of web sites** : 01

**Number of figures** : 26    **Number of bibliographical references** : 123

### ABSTRACT

**Introduction:** Ruminant farming systems in dry and hot areas are based on the irrational exploitation of natural pastures. The objective of this study is to identify and study the nutritional value of unconventional forage species in the Ambovombe District.

**Materials and methods:** Surveys of pastoralists and collection of field fodder samples followed by 11-month bromatological analyzes from January to November 2015 were carried out. For the typology of forage, two multivariate PCR and CAH analyzes were performed.

**Result:** The surveys identified 48 forage species divided into 23 families; the results showed the dominance of *Fabaceae* and *Poaceae*. The nutritional study revealed that the species *Meliaazedarach* L. has a high content of crude protein (26.6% of dry matter) and therefore expresses a significant nutritional value, while *Salvadora angustifolia* Turill present the highest concentration of Lignin with 74.1% of dry matter is of less nutritional value. The PCA study divided the species into three distinct groups and allowed us to characterize each class.

**Conclusion:** Forages in natural environments are sufficient to meet the needs of animals. Now we must think about good management and better exploitation of natural pastures.

**Key words:** Animal nutrition; Ambovombe; natural fodder; nutritional value.

**Director and Reporter's Thesis:** Professor RANDRIANARIVELOSEHENO Arsène

**Address of the author:** masiharison@gmail.com



**Nom et Prénoms :** RAKOTONDRAZANANY Mamizara Masiharison  
**Titre de la thèse :** « ASPECTS NUTRITIONNELS ET TYPOLOGIQUES DES PRINCIPALES RESSOURCES FOURRAGERES NATURELLES DANS LE DISTRICT D'AMBOVOMBE »  
**Rubrique:** Alimentation animale  
**Nombre de pages :** 67 **Nombre d'annexes :** 16  
**Nombre de tableaux :** 03 **Nombre de webographie :** 01  
**Nombre de figures :** 26 **Nombre de références bibliographiques :** 123

## RESUME

**Introduction:** Les systèmes d'élevage des ruminants dans les zones sèches et chaudes sont basés sur l'exploitation irrationnelle des pâturages naturels. La présente étude a pour objectif l'identification et l'étude de la valeur nutritionnelle des espèces fourragères non conventionnelles dans la District d'Ambovombe.

**Matériels et méthodes :** Des enquêtes auprès des éleveurs et pasteurs et des collectes des échantillons de fourrages sur terrains suivis des analyses bromatologiques sur une période de 11 mois qui s'étend de Janvier en Novembre 2015 ont été effectuées. Pour la typologie des fourrages, deux analyses multivariées ACP et CAH ont été réalisées.

**Résultat :** Les enquêtes ont permis de recenser 48 espèces fourragères qui se répartissent en 23 familles, les résultats ont montré la dominance des *Fabaceae* et *Poaceae*. L'étude nutritive a dévoilé que l'espèce *Melia azedarach* L. présente la teneur élevée en protéine brute (26,6% de matière sèche), donc exprime une valeur nutritive importante, alors que *Salvadora angustifolia* Turrill présente la teneur le plus importante en Lignine avec 74,2% de matière sèche, est de moindre valeur nutritionnelle. L'étude de l'ACP, a réparti les espèces en trois classes distinctes et a permis de caractériser chaque classe.

**Conclusion:** Les fourrages en milieux naturels suffisent pour satisfaire les besoins des animaux. Maintenant il faut réfléchir à une bonne gestion et une meilleure exploitation des parcours de pâturages naturels.

**Mot clés:** Alimentation animale; Ambovombe; fourrages naturelles; valeur nutritive.

**Directeur et Rapporteur de thèse :** Professeur RANDRIANARIVELOSEHENO  
Arsène

**Adresse de l'auteur :** masiharison@gmail.com