

Caractérisation bromatologique et nutritive des ligneux fourragers dans la zone agro-pastorale de Ngouye au Sénégal

Abdou Dione ^{1,2*} Aïssatou Bathily ² Saliou Ngom ³ Oumar Sarr ¹ Adja Rockaya Diarra ² Daouda Ngom ¹ Aliou Guissé ¹

1. Laboratoire d'écologie végétale et écohydrologie, FST-UCAD, BP 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

2. Laboratoire national d'élevage et de recherche vétérinaire (LNERV), ISRA, Dakar-Fann, Sénégal.

3. Direction de la Protection des Végétaux (DPV), Dakar-Mbatal, Sénégal.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +221773448115 ; email : dioneabdou10@gmail.com

Submitted on 5th July 2022. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 30th September 2022
<https://doi.org/10.35759/JABs.177.10>

RÉSUMÉ

Objectif : La caractérisation des ligneux fourragers et la détermination de leur composition chimique ont été étudiées pour identifier les meilleurs fourrages en alimentation animale.

Méthodologie et résultats : L'étude a été réalisée en utilisant un inventaire floristique qui a permis d'identifier et de recenser 28 espèces ligneuses, dont 23 sont considérées comme fourragères soit 82,14 %. Parmi les espèces inventoriées comme fourragères, 43,47 % sont très appréciées, 17,40 % sont appréciées et 39,13 % sont peu appréciées. Des analyses bromatologiques qui ont montré des teneurs élevées en matières azotées (MAT) de 18,21 ; 17,01 ; 16,62 ; et 15,65 % de matière sèche (MS), respectivement pour, *Piliostigma reticulatum*, *Cordyla pinnata*, *Balanites aegyptiaca*, *Azadirachta indica*, peuvent constituer donc, une source potentielle de complément en matières azotées. Les unités fourragères (viande et lait) ainsi que les protéines digestibles dans l'intestin estimées à partir des équations de l'INRA (2018) montrent que *Balanites aegyptiaca*, *Piliostigma reticulatum*, *Adansonia digitata*, *Cordyla pinnata* et *Azadirachta indica* donnent les valeurs les plus élevées. Ces espèces fourragères pourraient constituer de bonne source en énergie et protéines.

Conclusion et application des résultats : La classification hiérarchique ascendante a permis d'identifier trois groupes de fourrages : groupe 1 et 3 : fourrages fibreux à faible valeur nutritionnelle ; groupe 2 : fourrages adéquats pour le bon fonctionnement des microorganismes du rumen. Les fourrages du groupe 2 : *Eucalyptus alba*, *Securidaca longepedunculata*, *Acacia ataxacantha*, *Adansonia digitata*, *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia nilotica* sont les plus importants du point de vue valeur alimentaire.

Mots-clés : ligneux fourragers, valeur bromatologique, valeur nutritive, valeur alimentaire, zone agropastorale, Kaffrine, Sénégal.

Bromatological and nutritional characterization of forage woody plants in the agro-pastoral zone of Ngouye in Senegal

ABSTRACT

Objective: The characterization of woody fodder and the determination of their chemical composition have been studied to identify the best fodder for animal feed.

Methodology and results: The study was carried out using a floristic inventory which made it possible to identify and list 28 woody species, of which 23 are considered as fodder, i.e. 82.14%. Among the species inventoried as fodder, 43.47% are very palatable, 17.40% are palatable and 39.13% are not palatable. Bromatological analyzes which showed high levels of nitrogenous matter (MAT) of 18.21; 17.01; 16.62; and 15.65% dry matter (DM), respectively for *Piliostigma reticulatum*, *Cordyla pinnata*, *Balanites aegyptiaca*, *Azadirachta indica*, can therefore constitute a potential source of additional nitrogenous matter. The fodder units (meat and milk) as well as the digestible proteins in the intestine estimated from the INRA equations (2018) show that *Balanites aegyptiaca*, *Piliostigma reticulatum*, *Adansonia digitata*, *Cordyla pinnata* and *Azadirachta indica* give the highest values. high. These forage species could be a good source of energy and protein.

Conclusion and application of results: The ascending hierarchical classification made it possible to identify three groups of fodder: group 1 and 3: fibrous fodder with low nutritional value; group 2: adequate fodder for the proper functioning of rumen microorganisms. Group 2 fodder: *Eucalyptus alba*, *Securidaca longepedunculata*, *Acacia ataxacantha*, *Adansonia digitata*, *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia nilotica* are the most important from the food point of view.

Keywords: woody fodder, bromatological value, nutritional value, food value, agro-pastoral zone, Kaffrine, Senegal.

INTRODUCTION

Au Sénégal, l'élevage constitue avec l'agriculture, les principales activités des populations rurales, pourvoyeuses d'aliments et de revenus monétaires. En effet, en 2018, l'élevage a contribué à 3,6 % au produit intérieur brut (PIB) (ANDS, 2020). Le sous-secteur de l'élevage a connu un réel dynamisme au cours des dernières années, avec des performances soutenues, notamment en matière de production de viande et de lait. L'élevage est un secteur stratégique qui occupe près de 60 % des ménages agricoles du Sénégal, mais sa contribution à la richesse du pays est largement en deçà des objectifs fixés par le gouvernement en matière de sécurité alimentaire (ANDS, 2016). Au Sénégal, le secteur agricole emploie environ 70 % de la population, 50 % de la population active et contribue à 18 % à la création de richesse nationale (ANSD, 2011). La diminution de la

pluviométrie et la crise du secteur de l'arachide, principale culture de rente du pays, ont ramené la contribution de l'agriculture en-dessous du seuil de 20 % du PIB. Dans le secteur primaire, l'activité d'élevage représente (23,7 % en 2018) du PIB agricole et contribue significativement aux revenus des ménages et à la création d'emplois (ANSD, 2020). A Kaffrine, le système d'élevage traditionnel pratiqué est extensif avec des prélèvements sur les ressources fourragères naturelles sans complémentation et un maintien des animaux en plein air sans aucun soin particulier (Buldgen *et al.*, 1995). L'alimentation des ruminants domestiques est essentiellement assurée par les pâturages naturels dont la productivité s'établit à 2,51 t/ha dont 1,16 t/ha de MS issues du tapis herbacé (Camara, 2007). Les ressources végétales disponibles constituent la base de

l'alimentation. Le système d'alimentation repose principalement sur l'exploitation des ressources fourragères herbacée et ligneuse. Les sous-produits agro-industriels (le tourteau d'arachide et de coton, la mélasse, les graines de coton.) et les résidus agricoles sont également utilisés en alimentation animale. Pour l'ensemble de ces sous-produits, la vente en détail est très rare. En effet, souvent, en raison des prix élevés, les utilisateurs finaux sont des producteurs en zone urbaine ou périurbaine qui pratiquent un élevage semi-intensif. Ils s'approvisionnent avec des quantités, relativement importantes de sous-produits. Ainsi, les petits producteurs ou les éleveurs avec de faibles intrants zootechniques n'ont pas accès à ces aliments qui paraissent comme du luxe (FAO, 2014). Les cultures fourragères ont été également expérimentées pour lever la contrainte alimentaire dans les systèmes d'élevage, mais elles deviennent compétitives avec les cultures céréalières et de rente (Ngom, 2013) au niveau des zones d'élevage mixte (Umutoni, 2012). Dès lors, l'utilisation des ressources naturelles devient la seule alternative à mettre en place pour satisfaire les besoins des animaux dans les élevages extensifs et semi-intensifs (Bognounou, 2004). La production végétale est dépendante de la nature du sol et surtout de la pluviométrie. D'une manière générale, les pâturages se caractérisent par la variation de leur potentiel nutritif en fonction de la pluviométrie. En saison des pluies, la valeur alimentaire de la production végétale est relativement correcte. Pendant la longue saison sèche, les pailles de brousse sur pied de faible valeur nutritive constituent la principale ressource fourragère pour le bétail (Yanra, 2006). Dans ce contexte, il n'est plus important mais primordial d'étudier les ligneux existants pour une meilleure utilisation en alimentation animale mais également son rôle dans la biodiversité et la fertilité des champs à travers l'agroforesterie

Justificatif et objectifs de l'étude :

Généralement, les ligneux fourragers sont bien fournis en MAT, en vitamines. Ils sont de véritables compléments alimentaires pour les animaux durant les périodes de l'année où les herbages ne sont que de la paille. Bien qu'ils représentent un important potentiel pour l'alimentation des animaux domestiques, leur utilisation optimale dans les systèmes d'élevage semble être limitée par une faible connaissance de leurs valeurs nutritives. Ainsi, l'utilisation des arbres et arbustes fourragers comme éléments principaux dans l'alimentation des ruminants sous-entend une meilleure connaissance de leurs compositions chimiques et valeurs alimentaires. De même, l'utilisation des ligneux fourragers pour une production plus soutenue de l'élevage nécessite une quantification de la ressource au niveau des pâturages afin de permettre une meilleure planification (Ouedraogo, 2006). La valeur alimentaire d'un fourrage dépend de deux facteurs d'égale importance : sa valeur nutritive, plus spécialement sa valeur énergétique dont le meilleur critère est le coefficient de digestibilité de la matière organique, et son acceptabilité ou quantité de matière sèche volontairement ingérée par un animal à qui on offre ce fourrage à volonté. Pour que, les animaux, obtiennent de bonnes performances, leur alimentation doit au moins contenir un taux minimum d'azote ou de protéines et d'autres éléments essentiels. Ce qui fait que l'un des critères de choix d'une espèce ligneuse fourragère réside dans son adéquate valeur nutritive et sa faible teneur en fibres (lignine) et en produits toxiques tels que les tannins. L'utilisation optimale de certaines espèces ligneuses fourragères a conduit certains auteurs à s'intéresser à leur valeur nutritive. En effet, depuis le début des années 80, beaucoup de recherches portant sur la composition chimique des ligneux ont été menées (Le Houerou, 1980a). Par ailleurs, si de nombreuses études ont mis en évidence l'intérêt majeur des fourrages ligneux, la

composition chimique et les valeurs nutritives des fourrages ligneux. Au Sénégal, peu d'espèces ont fait l'objet de plusieurs travaux (Mbow *et al.*, 2013 ; Fall-Touré *et al.*, 1997 ; Fall *et al.*, 1993 ; Fall *et al.*, 1994). Ces études certes intéressantes n'ont pas pris en compte la majorité des espèces fourragères. Il apparaît donc nécessaire de déterminer la valeur fourragère d'un plus grand nombre de ligneux fourragers afin de connaître ceux qui sont susceptibles d'être valorisés en alimentation animale. De quelles manières peut-on alors valoriser ces ressources fourragères ? L'objectif générale de cette étude est de faire la caractérisation bromatologique des ligneux fourragers dans la zone agro-pastorale de Ngouye pour une meilleure valorisation en

alimentation des ruminants. De façon spécifique, il s'agit :

- Inventorier les espèces ligneuses dans le bassin arachidier ;
- Identifier les espèces ligneuses fourragères appétées menacées et / ou en voie de disparition, de connaître la diversité spécifique des ligneux fourragers ;
- Détermination de la composition chimique et la valeur nutritive des fourrages ligneux potentiellement valorisable en alimentation animale.
- Faire une classification hiérarchique des fourrages pour connaître ceux qui présentent de meilleures valeurs nutritives.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site de l'étude : L'étude a été menée dans la région de Kaffrine, localité Ngouye, département de Birkelane dans la commune de Ndiognick (Figure 1). Kaffrine est située entre

les latitudes 12°06 et - 14°10 N et les longitudes 15°33 et 15°53 O. Sa population est estimée à 632 023 habitants en 2016 (ANSD, 2019).

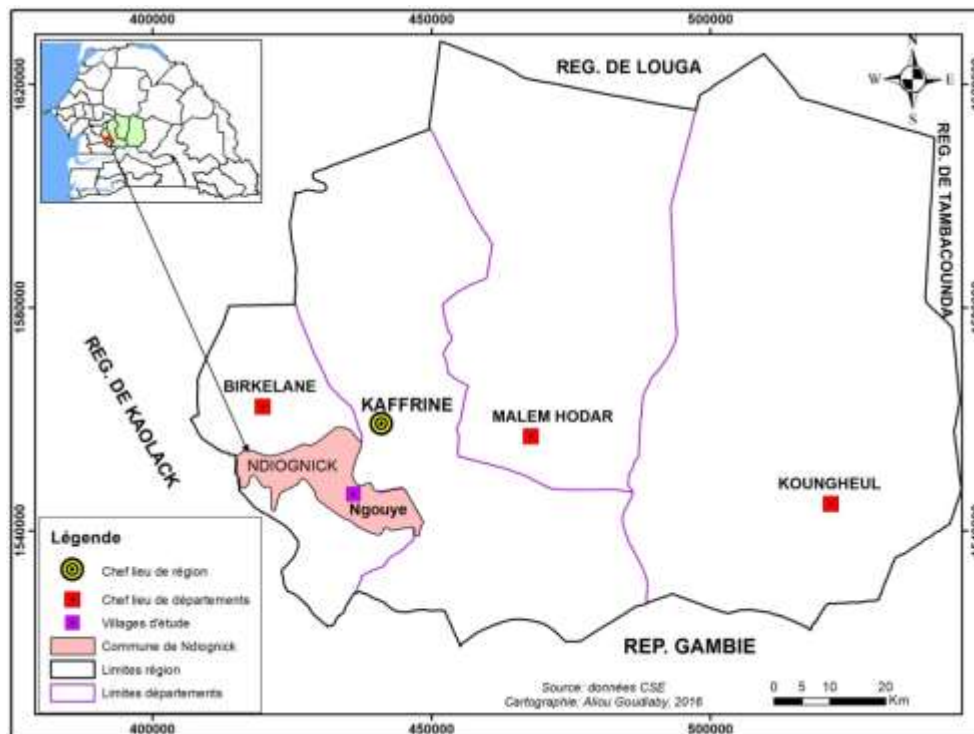


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude (village de Ngouye, commune de Ndiognick)

Climat : La région de Kaffrine se situe dans les isohyètes 500 à 800 mm. Le climat est de type soudano-sahélien avec une saison des pluies de courte durée, allant de juin-juillet à octobre et une longue saison sèche de 8 à 9 mois. Cette situation tient à la dynamique de la circulation atmosphérique générale qui prévaut en Afrique de l'Ouest. Elle est caractérisée par deux vents dominants :

- l'alizé continental ou harmattan, vent d'Est chaud et sec qui souffle généralement de février à mai ;
- la mousson, vent du sud-ouest, chaud et humide dont l'arrivée annonce le début de la saison pluvieuse (mai - juin).

La pluviométrie connaît une variabilité interannuelle. La moyenne est, depuis plusieurs années, inférieure à 800 mm. Les températures sont généralement élevées, avec des variations importantes. Elles oscillent entre 26 et 39° C avec une moyenne de 29° C et une durée d'ensoleillement moyenne de onze (11) heures. Les plus basses températures sont enregistrées entre décembre et janvier et les plus élevées entre mars et mai (ANSD/SRSD, 2015).

Relief et sols : Le relief est plat dans son ensemble et présente une légère pente du nord vers le sud.

Les sols rencontrés dans la région sont de trois types (ANSD, 2019) :

- les sols ferrugineux tropicaux (avec des variantes) exploités pour la culture de l'arachide et du mil. Ils sont sableux à sablo-argileux avec de bonnes aptitudes agricoles ;
- les sols hydromorphes caractérisant les bas-fonds et les cours d'eau, sont un peu dispersés dans la région avec une texture généralement argileuse. On les appelle « deck » avec des variantes « deck-dior » ;
- les sols halomorphes, caractéristiques des milieux salés ou tannes, se rencontrent surtout dans les départements de Birkelane et de Kaffrine.

Végétation : La région est localisée dans la zone de transition entre le domaine sahélien et

le domaine soudanien. Elle présente une végétation très variée. On y distingue plusieurs types de formations forestières du nord vers le sud (ANSD, 2019) :

Au nord on a une savane arbustive caractérisée par un écosystème qui regroupe les espèces forestières typiques de la zone sahélienne. Il s'agit de *Combretum sp*, *Balanites aegyptiaca*, *Lannea acida*, *Bauhinia rufescens*, *Adansonia digitata*, *Anageissus leocarpus* . Au sud nous avons une savane arborée qui présente une composition floristique plus variée. Les espèces les plus fréquentes sont : *Cordyla pinnata*, *Pterocarpus erinaceus*, *Daniellia oliveri*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Prosopis africana*, *Sterculia setigera*, *Parinari macrophila*. La région dispose de treize (13) massifs forestiers dont onze (11) forêts classées et deux réserves sylvo-pastorales. En dépit de sa fermeture à l'exploitation forestière, la région produit du bois de chauffe, du charbon de bois, et divers produits de cueillette (ANSD/SRSD, 2019).

Population et ses activités : La région bénéficie de certains atouts tels que : sa situation agro-écologique favorable à une diversification, ses disponibilités foncières pas encore totalement exploitées, l'expérience des exploitants agricoles, l'intégration agriculture/élevage avec la traction animale et le parcage des animaux (ANSD, 2015). L'agriculture occupe 75% de la population régionale. Dominée essentiellement par les cultures pluviales, la moyenne des emblavures en année normale dans la région se situe entre 350 et 400 000 ha. Ces cultures sont essentiellement constituées par les cultures vivrières (mil, maïs, sorgho), de rentes (l'arachide). En outre, les Kaffrinois s'adonnent de plus en plus aux activités maraîchères autour des forages et dans les vallées. L'élevage pratiqué dans la région reste encore extensif. Le cheptel est composé de bovins, ovins, caprins, équins et asins. Par ailleurs, Kaffrine est une véritable région carrefour dans le commerce du bétail avec le

marché à bétail de Birkelane qui a été modernisé par l'Etat du Sénégal en partenariat avec l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) (ANSD/SRSD, 2019).

Méthodologie

Identification des ligneux fourragers : Une enquête a été menée auprès de 60 agropasteurs. Pour chaque enquête, un questionnaire portant sur les espèces fourragères utiles, leurs principaux usages et les parties utilisées a été rempli. Cette enquête a été complétée par un focus groupe pour plus de précision dans les données. A l'issue de cette enquête, les ligneux jugés importants par les enquêtés par leur appétibilité surtout et leur abondance sur le site ont été sélectionnés.

Échantillonnage : Au total, 23 espèces ligneuses ont été échantillonnées en saison des pluies. Pour chaque espèce échantillonnée, les rameaux feuillés (ou plusieurs feuilles) ou quelques rameaux porteurs d'aiguilles ont été récoltés. Les échantillons récoltés sont séchés à l'étuve à 60°C pendant 48 heures pour les analyses chimiques.

Détermination de la composition chimique des ligneux : La valeur bromatologique est un paramètre très important dans l'appréciation de la qualité d'un fourrage (Ouedraogo, 2006). La détermination de la composition chimique d'un fourrage constitue une étape primordiale dans l'évaluation de sa valeur nutritive. Les analyses chimiques ont été effectuées sur les espèces appréciées présentant un fort potentiel fourrager en alimentation animale.

- **Détermination de la matière sèche et minérale :** Les échantillons de fourrages sont séchés à l'étuve à 60°C pendant 48 heures pour la détermination de la matière sèche (MS). La teneur en cendres totales ou matière minérale (MM) est obtenue par calcination de la matière sèche à 550 °C (AOAC, 1990 ; AFNOR, 1985).

- **Méthodes de dosage :** Les paramètres dosés ont concerné les matières azotées totales (MAT), les parois totales « Neutral Detergent Fiber » (NDF), « Acide Detergent Fiber »

(ADF), « Acide Detergent Lignin » (ADL), la cellulose brute (CB), le calcium (Ca) et le phosphore (P).

Dosage des matières azotées totales (MAT) : Les MAT sont dosées par la méthode AOAC 2001.11. Le broyat d'échantillon séché (0,5 g) ; le catalyseur Kjeltabs (3 pastilles) et 20 ml d'acide sulfurique concentré sont introduits dans le tube de minéralisation. Ensuite, le tube est mis dans le bloc de minéralisation préalablement chauffé pendant une vingtaine de minutes. L'ensemble est placé sous la hotte, la température est maintenue autour de 420° C, pendant 2heures. La solution obtenue est alcalinisée par une solution de soude. L'ammoniac libéré est entraîné par distillation et recueilli dans un excès d'acide borique. Cet ammoniac est ensuite titré par l'acide sulfurique. Les MAT sont estimés par la relation $N \times 6,25$, où N représente l'azote.

Dosage des composants pariétaux : Les composants pariétaux sont évalués par la technique de Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991). Le NDF qui correspond aux parois totales est obtenu par une hydrolyse à l'aide d'un détergent neutre qui solubilise le contenu cellulaire. Le résidu obtenu représente la fraction pariétale des cellules végétales. L'ADF représente la lignocellulose. Il est obtenu par hydrolyse du résidu du dosage du NDF avec un détergent acide. Cette hydrolyse donne un deuxième résidu qui représente la lignocellulose. La lignine est obtenue après une hydrolyse à l'acide sulfurique du résidu du dosage de l'ADF. Le résidu obtenu appelé *Acide Detergent Lignine* correspond à la lignine. La cellulose brute est dosée selon la norme ISO 6865 :2000 (E). Elle consiste à effectuer deux hydrolyses successives acide et alcaline avec l'acide sulfurique 0,13 N et l'hydroxyde de potassium 0,23 N, respectivement. La perte de poids résultant de la calcination du résidu obtenu après ces deux hydrolyses correspond à la cellulose brute de la prise d'essai.

Dosage du calcium et du phosphore : Les analyses (phosphore et calcium) ont été réalisées selon les méthodes classiques d'analyse bromatologique (AOAC, 1990 ; AFNOR, 1985). Le phosphore est dosé par colorimétrie. Après minéralisation, le phosphore contenu dans l'échantillon est caractérisé à l'aide du réactif de Misson (nitro-vanado-molybdique). L'intensité de la coloration est proportionnelle à la teneur en phosphore et est déterminée par spectrophotométrie visible aux rayons ultraviolet (UV) à 430 nm. Le calcium est dosé par

titrimétrie. L'échantillon est calciné au four à 550° C pendant 24 heures. Les cendres obtenues sont solubilisées par de l'acide chlorhydrique. Le calcium est ensuite précipité sous forme d'oxalate de calcium, puis sa teneur déterminée par manganimétrie. Différentes méthodes sont procédées pour la détermination des constituants d'un aliment (Figure 2) à partir des échantillons séchés et broyés. D'une manière générale, les procédures d'analyses bromatologiques se schématisent et s'effectuent comme suit.

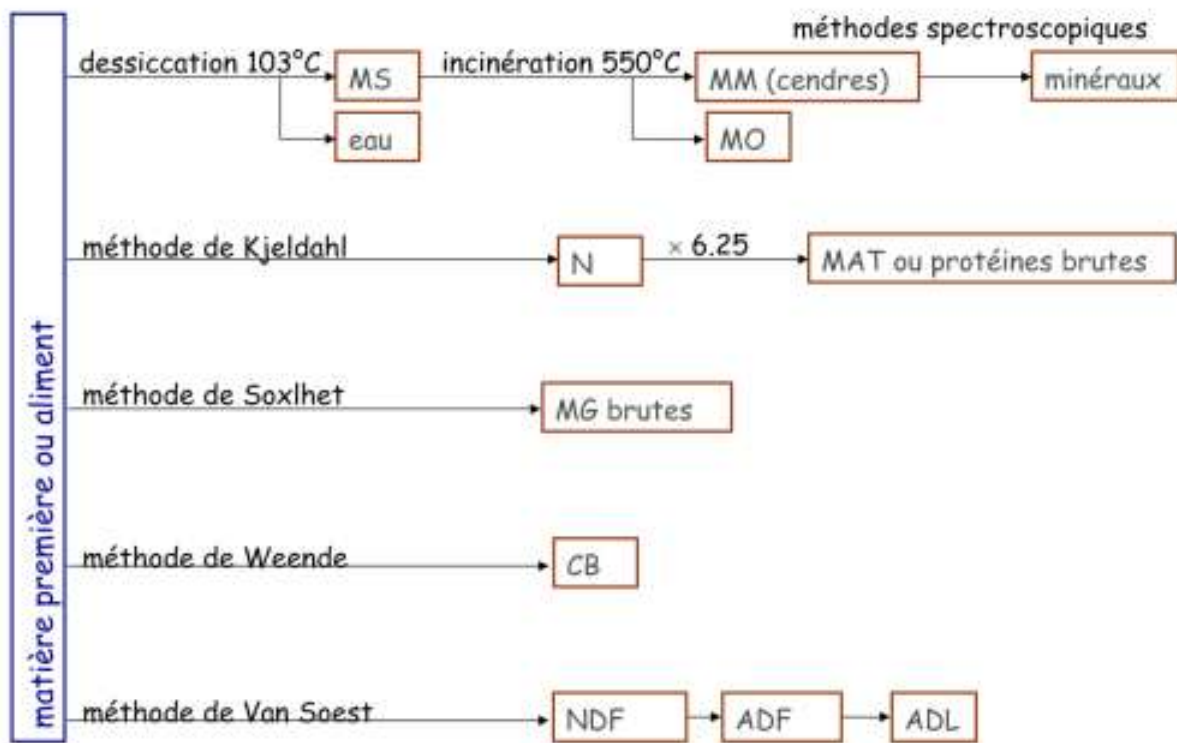


Figure 2. Méthodes d'analyse bromatologique d'un aliment

(Source : RAKOTOMANANA, 2012)

Traitement des données : Afin d'évaluer la valeur alimentaire des ligneux fourragers, les unités fourragères viande et lait de même que les protéines digestibles dans l'intestin ont été calculées en utilisant les équations d'estimation des tables de la valeur des aliments utilisés dans les régions chaudes (INRA, 2018).

Valeur énergétique :

La valeur énergétique correspond à la teneur en énergie nette du fourrage. Elle est exprimée dans le système INRA en **unité fourragère (UF)** basée sur la valeur de l'orge de référence (1 kg d'orge = 1760 kcal d'énergie nette = 1 UF). **L'UFL** est l'unité d'énergie nette pour la lactation et **l'UFV** est l'unité d'énergie nette pour la production de viande. **La valeur énergétique (UFL ou UFV)**

est déterminée à partir du calcul séquentiel de l'énergie brute (EB), de l'énergie digestible (ED), de l'énergie métabolisable (EM) et enfin de l'énergie nette pour la lactation (ENL) ou pour la production de viande (ENV). Elle a pour formule :

Unités fourragères : $UFL = ENL/1760$ $UFV = ENV/1760$ en UF/kgMS

- **Energie brute (EB) en kcal/kg MS**

Les valeurs UF sont calculées de façon séquentielle à partir de l'énergie brute (EB). L'énergie brute des fourrages peut être mesurée ou est estimée à partir de leur teneur en MAT et en MO. Sa formule est :

$$EB = (4531 + 1,735 \times MAT \text{ (g/kg MO)} + \Delta) \times MO/1000$$

avec Δ (variation) = -11

MAT : Matières Azotées Totales

MO : Matière Organique

- **Energie digestible (ED) en kcal/kg MS**

L'énergie digestible du fourrage est calculée à partir de l'énergie brute et de la digestibilité apparente de l'énergie (dE). Sa formule est :

$$ED = EB \times dE \times 0,01$$

avec $dE = -0,068 + 0,957 \times dMO$

La digestibilité de l'énergie (dE) est prédite à partir des valeurs dMO en %.

La prévision de la valeur alimentaire repose sur l'estimation de la dMO, c'est donc une caractéristique essentielle et clé pour déterminer la valeur alimentaire des fourrages

$$\text{Avec } dMO = 62,9 + 0,137 \times MAT - 0,23 \times 10^{-3} \times MAT^2 - 0,020 \times NDF - 0,479 \times NI$$

Où dMO est la digestibilité in vivo de la MO (%), MAT et NDF sont les teneurs en protéines brutes et en fibre insoluble dans le détergent neutre NDF en g/kg MS et NI est le niveau d'ingestion de la MS (% Poids Vif (PV)).

Pour la majorité des fourrages, la valeur de référence de NI est indiquée. Si le NI n'est pas connu, il est suggéré d'appliquer cette dernière valeur de 2,1 % du PV. Le NI utilisé (appelé NI de référence, NIref et exprimé pour 100 kg de poids vif). Ainsi nous avons utilisé la constante 2,1% pour 100 kg de PV.

- **Energie perdue dans les urines (EU) en kcal/kg MS**

La valeur de l'énergie perdue dans les urines dépend de la teneur en MAT de l'aliment et de NIref. Elle a pour formule :

$$EU = EU\%EB \times EB \times 0,01$$

avec $EU\%EB = 2,9 + 0,017 \times MAT - 0,47 \times NIref$

Où NIref correspond à la matière sèche volontairement ingérée par le ruminant pour les fourrages.

Pour la majorité des fourrages, la valeur de référence de NI (NIref) est indiquée. Si le NIref n'est pas connu, il est suggéré d'appliquer cette dernière valeur de 2,1 % du PV.

- **Energie métabolisable (EM) en kcal/kg MS**

L'énergie métabolisable (EM) d'un aliment est calculée à partir de l'énergie digestible (ED) en retranchant, d'une part, la perte d'énergie liée à la production de méthane lors des fermentations entériques (ECH4) et, d'autre part, la perte d'énergie dans les urines (EU). Sa formule est :

$$EM = ED - ECH4 - EU$$

La valeur de l'énergie perdue sous forme de méthane (ECH4 en kcal/kg MS) dépend principalement de la teneur en matière organique digestible (MOD en g/kg MS) de l'aliment et de NIref. On a :

$$ECH4 = CH4/MOD \times 0,001 \times MOD \times 12,5$$

avec $CH4/MOD = 45,42 - 6,66 \times NIref + 0,75 \times NIref^2$

CH4 (g/j) = Méthane, **MOD** = Matière organique digestible et **NI ref** = Niveau d'ingestion de référence (%PV).

- **Energie nette (EN) en kcal/kg MS**

L'énergie nette correspond à la quantité d'énergie qui sera utilisée pour l'entretien et les productions de l'animal. Les valeurs d'**énergie nette** sont calculées en utilisant les équations de prévision de l'efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) en énergie nette (EN) pour la lactation et l'entretien (kls) et pour l'entretien et la croissance (kmf).

Energie nette pour la lactation (ENL) :

$$ENL = EM \times kls$$

avec $kls = 0,65 + 0,247 \times (EM/EB - 0,63)$

kls : coefficient d'efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production de lait et l'entretien des femelles laitières

Energie nette pour la production de viande (ENV) :

$$ENV = EM \times kmf$$

avec $kmf = (km \times kf \times 1,5) / (kf + 0,5 \times km)$

kmf : coefficient d'efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable en énergie nette pour l'entretien et le gain des animaux à croissance rapide

avec $km = 0,287 \times (EM/EB) + 0,554$ et $kf = 0,78 \times (EM/EB) + 0,006$

km : coefficient d'efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable en énergie nette pour l'entretien des animaux en croissance et à l'engraissement.

kf : coefficient d'efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable en énergie nette pour l'engraissement.

Et pour terminer on a les unités fourragères :

Unités fourragères : $UFL = ENL/1760$ $UFV = ENV/1760$ en UF/kgMS

Valeur protéique ou valeur azotée : La valeur azotée des aliments est exprimée en protéines digestibles dans l'intestin (**PDI**). La valeur PDI d'un aliment est la somme de deux fractions : les protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA) et les protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne (PDIM). La prévision de la valeur PDI nécessite d'estimer la dégradabilité théorique de l'azote dans le rumen (DT_N), la digestibilité réelle dans l'intestin des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen (dr_N) et enfin la matière organique fermentescible MOF fournie par l'aliment.

Valeur protéique : $PDI = PDIA + PDIM$ en g/kg MS

- **Dégradabilité théorique de l'azote (ou protéines) dans le rumen (DT_N) en %**

La détermination de la DT_N est basée sur la mesure de la dégradabilité in situ des MAT le rumen. Dans le nouveau système PDI, la DT_N dépend du NI qui affecte le transit des liquides et des particules hors du rumen. Toutefois, comme les DT mesurées in situ ou prévues sont généralement exprimées avec un taux de transit fixe de 6 %/h (DT6_N), des équations permettant de calculer les valeurs de DT_N à partir des valeurs de DT6_N et des NIref correspondants ont été développées pour les fourrages. Elle a pour formule :

$$DT_N = 27,6 + 0,76 \times DT6_N - 0,000468 \times DT6_N^2 - 5,45 \times NI_{ref} + 0,0312 \times DT6_N \times NI_{ref}$$

avec $DT6_N = 51,2 + 0,14 \times MAT - 0,00017 \times MAT^2 + \Delta_{vert}$

La DT6_N est prévue à partir des teneurs en MAT et prend en compte une correction (Δ_{vert}) pour la contamination microbienne d'azote proposée où DT6_N est la dégradabilité effective en supposant un transit de 6 %/h, MAT est la teneur en protéines brutes ou matière azoté totale.

- **digestibilité intestinale des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen (dr_N) en %**

La digestibilité intestinale des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen (**dr_N**) est estimée à partir de la quantité de protéines qui entrent dans le duodénum (PIA) et de la quantité de protéines alimentaires non digérées dans l'intestin grêle (PANDI_ig). Sa formule est :

$$\mathbf{dr_N} = 100 \times [(1 - 0,01 \times \mathbf{DT_N}) \times \mathbf{MAT} - \mathbf{PANDI_Ig}] / [(1 - 0,01 \times \mathbf{DT_N}) \times \mathbf{MAT}]$$

avec **PANDI_Ig** = 0,21 x PIA.

PANDI_Ig (g/kg MS): Protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin (fécales)

avec **PIA** = **MAT** × (1 – **DT_N/100**)

PIA (g/kg MS) : Protéines alimentaires entrant dans l'intestin

- **Matière organique fermentescible dans le rumen (MOF) en g/kg MS**

La teneur en matière organique fermentescible des aliments (**MOF**) est déterminée à partir de la teneur en matière organique digestible (**MOD**).

$$\mathbf{MOF} = - 63,34 + 0,971 \times \mathbf{MOD}$$

avec **MOD** = **MO** x **dMO** x 0,01

la matière organique digestible **MOD** est directement calculée à partir de la matière organique (**MO**) et de la digestibilité de la matière organique (**dMO**).

- **Protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne (PDIM) en g/kg MS**

Pour le calcul des protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne (**PDIM**), la matière organique fermentescible (**MOF**) est nécessaire

$$\mathbf{PDIM} = (41,67 + 71,9 \times 0,001 \times \mathbf{MOF}) \times 0,8 \times 0,8$$

- **Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (PDIA, non-dégradées dans le rumen) en g/kg MS**

La prévision des protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (**PDIA**) nécessite de calculer deux paramètres intermédiaires la dégradabilité de l'azote (**DT_N**) dans le rumen et la digestibilité intestinale des protéines non dégradées dans le rumen (**dr**). Ces deux paramètres sont estimés à partir de la teneur en **MAT** du fourrage.

$$\mathbf{PDIA} = \mathbf{MAT} \times (1 - 0,01 \times \mathbf{DT_N}) \times \mathbf{dr_N} \times 0,01$$

Et pour terminer on a la valeur azotée :

$$\text{Valeur protéique :} \quad \mathbf{PDI} = \mathbf{PDIA} + \mathbf{PDIM} \quad \text{en g/kg MS}$$

Analyse des données

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 23 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.

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 (Duby et Robin, 2006). 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 (Duby et Robin, 2006).

RÉSULTATS

Inventaire des ligneux fourragers et degré d'appétibilité : Les enquêtes ont montré que sur les 28 espèces ligneuses recensées ; 23

sont considérées comme fourragers soit 82,14 % (Tableau 1).

Tableau 1. Classification des espèces ligneuses inventoriées par les éleveurs selon leur appétibilité.

Familles	Espèces	Noms locaux	Appétibilité
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Anacardium occidentale L.</i>	Anacardier	PA
	<i>Heeria insignis (Del.) O. Ktze</i>	Wosswassor	A
<i>Arecaceae</i>	<i>Borassus aethiopicum, Mart.</i>	Ronier	NA
<i>Balanitaceae</i>	<i>Balanites aegyptiaca (L.) Del.</i>	Soump	TA
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Stereospermum kunthianum cham.</i>	Yatou deum	NA
<i>Bombacaceae</i>	<i>Adansonia digitata L.</i>	Gouye	TA
<i>Combretaceae</i>	<i>Anogeissus leiocarpus (DC.) G. et P.</i>	Guédiane	PA
	<i>Combretum glutinosum Perr. ex DC.</i>	Rate	PA
	<i>Guiera senegalensis J. F. Gmel</i>	Nguer	TA
	<i>Terminalia avicennioides Guill. et Perr.</i>	Reub Reub	A
	<i>Terminalia macroptera Guill. et Perr.</i>	Wolo	TA
<i>Ebenaceae</i>	<i>Diospyros mespiliformis Hochst. ex DC.</i>	Alom	NA
<i>Fabaceae</i> (sous-famille <i>Caesalpinioideae</i>)	<i>Cassia sieberiana DC.</i>	Sendiène	NA
	<i>Cordyla pinnata (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redh.</i>	Dimb	PA
	<i>Piliostigma reticulatum (DC.) Hochst.</i>	Nguiguais	A
	<i>Tamarindus indica L.</i>	Dakhar	TA
<i>Fabaceae</i>	<i>Acacia ataxacantha DC.</i>	Sam	PA

(sous-famille Fabaceae)	<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) Wight et Arn.	Sintch	NA
Fabaceae (sous-famille Mimosoideae)	<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Del.	Nep nep	PA
	<i>Acacia seyal</i> Del.	Founakh	A
	<i>Faidherbia albida</i> Del.	Kad	TA
	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	Yiir	TA
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Neem	PA
Moraceae	<i>Ficus capensis</i> Thunb.	Soto	TA
Myrtaceae	<i>Eucalyptus alba</i> Reinw.	Eucalyptus	PA
Polygalaceae	<i>Securidaca longepedunculata</i> Fresen.	Funf	PA
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Sidem	TA
Sterculiaceae	<i>Sterculia setigera</i> Del.	Mbep	TA

TA= Très Appétées ; PA= Peu Appétées ; A= Appétées ; NA= Non appétées

Les résultats de l'enquête ont montré que, parmi les 82,14 % d'espèces inventoriées comme fourragères, 43,47 % sont très appétées, 17,39 % sont appétées et 39,13 sont peu appétées.

Les espèces très appétées (TA) sont : *B. aegyptiaca*, *A. digitata*, *T. indica*, *G. senegalensis*, *T. macroptera*, *F. albida*, *P. africana*, *Ficus capensis*, *Z. mauritiana* et *Sterculia setigera*.

Les espèces appétées (A) sont : *Heeria insignis*, *Piliostigma reticulatum*, *Terminalia avicennioides* et *A. seyal*. Les espèces peu appétées (PA) sont : *Anacardium occidentale*, *Cordyla pinnata*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *Acacia ataxacantha*, *A. indica*, *A. nilotica*, *Eucalyptus alba*, *Securidaca longepedunculata*.

Les espèces non appétées (NA) sont : *Borassus aethiopicum*, *Stereospermum kunthianum*, *Cassia sieberiana*, *Diospyros mespiliformis*, *Dichrostachys cinera*.

Détermination de la composition chimique des ligneux

• **Teneurs en constituants chimiques des ligneux :** Le tableau 2 donne les teneurs moyennes des composantes organiques des différents ligneux fourragers. L'examen des résultats du tableau montre que les teneurs en matière sèche (MS) ont variées significativement en fonction des espèces. En effet, deux catégories d'espèces se distinguent : celles dont les teneurs en MS

(<50%) (*A. indica*, *S. setigera*, *A. digitata*, *P. reticulatum*, *A. ataxacantha* et *S. longepedunculata*) et celles dont les teneurs en MS sont supérieures à 50% de MS (*F. capensis*, *Anogeissus leiocarpus*, *A. seyal*, *E. alba*, *F. albida*, *Z. mauritiana*, *B. aegyptiaca*, *G. senegalensis*, *A. occidentale*, *C. glutinosum*, *C. pinnata*, *P. africana*, *T. avicennioides*, *H. insignis*, *T. indica*, *A. nilotica*, *T. macroptera*). Toutes les espèces échantillonnées ont des teneurs en matières organiques supérieures à 90 % de MS excepté *Securidaca longepedunculata* (89,81 % de MS) et *Acacia ataxacantha* (84,68 % de MS). Ce tableau montre aussi des teneurs en matières azotées totales (MAT) élevées (18,21 ; 17,01 ; 16,62 ; et 15,65 % MS) respectivement chez (*P. reticulatum*, *C. pinnata*, *B. aegyptiaca*, *A. indica*). Toutefois, toutes les autres espèces fourragères échantillonnées ont des contenus en MAT supérieurs à 7 % de MS. Les teneurs des fractions NDF, ADF et lignine des espèces étudiées varient significativement. Des teneurs en NDF (<50% MS) sont notées chez *E. alba*, *A. ataxacantha*, *C. glutinosum*, *A. digitata*, *B. aegyptiaca*, *A. indica*, *A. nilotica*, *F. capensis* Thunb, *S. setigera*, *Anogeissus leiocarpus*, *Prosopis africana*, *A. seyal*, et *Securidaca longepedunculata*. Tandis que des teneurs faibles en lignine (<15% MS) sont enregistrées chez *Eucalyptus alba*, *A. seyal*, *A. ataxacantha*, *C. glutinosum*, *A. leiocarpus*, *A. nilotica* et *B. aegyptiaca*. Toutefois, les feuilles

de certaines espèces ont parallèlement des teneurs faibles en NDF, ADF et lignine (*E. alba*, *A. seyal*, *A. leiocarpus*, *A. nilotica*, *B.*

aegyptiaca et *C. glutinosum*) ce qui pourrait engendrer une augmentation de leur digestibilité.

Tableau 2. Teneurs moyennes en (% MS) des composantes organiques des différents ligneux inventoriés.

Espèces	MS	MO	MG	MAT	NDF	ADF	ADL	CB
<i>Azadirachta indica</i>	45,35	90,50	4,01	15,65	47,02	35,03	18,7	22,44
<i>Balanites aegyptiaca</i>	71,43	85,43	2,93	16,62	40,12	25,12	10,82	23,14
<i>Guiera senegalensis</i>	68,18	93,45	4,82	11,19	54,65	48,36	23,73	30,41
<i>Acacia nilotica</i>	77,14	94,87	2,01	11,79	44,80	34,22	12,13	28,96
<i>Terminalia macroptera</i>	60	97,74	6,79	10,67	54,26	46,98	19,53	40,64
<i>Ficus capensis</i>	88,89	96,86	4,21	9,47	49,65	41,17	18,04	32,98
<i>Sterculia setigera</i>	42,08	95,34	2,50	10,74	48,66	43,53	24,95	32,21
<i>Adansonia digitata</i>	35,14	90,07	2,74	12,4	38,55	36,61	17,03	16,48
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	84,86	93,81	2,59	11,24	45,28	37,04	10,50	32,62
<i>Anacardium occidentale</i>	63,70	94,92	2,36	12,9	62,91	60,28	34,50	28,96
<i>Combretum glutinosum</i>	58,77	94,95	6,03	11,88	39,29	34,22	9,88	31,74
<i>Piliostigma reticulatum</i>	43,65	94,01	3,5	18,21	59,78	56,92	27,24	31,06
<i>Acacia ataxacantha</i>	45,11	84,68	3,11	9,97	38,84	34,69	13,77	21,57
<i>Ziziphus mauritiana</i>	75,98	94,72	1,42	13,98	57,26	53,30	22,87	38,40
<i>Faidherbia albida</i>	77,54	92,93	3,55	7,98	57,39	45,45	20,45	37,05
<i>Prosopis africana</i>	63,25	96,97	3,33	10,99	48,12	43,45	25,60	33,41
<i>Terminalia avicennioides</i>	68,78	95,53	1,34	7,88	57,58	52,18	23,02	33,79
<i>Acacia seyal</i>	83,24	94,84	1,11	9,62	49,65	38,12	11,19	32,81
<i>Securidaca longepedunculata</i>	49,17	89,81	3,22	10,57	47,72	40,65	20,60	31,11
<i>Cordyla pinnata</i>	54,78	93,56	3,10	17,01	57,64	43,31	27,16	47,36
<i>Tamarindus indica</i>	62,25	93,66	1,48	9,18	62,80	52,77	22,57	41,98
<i>Eucalyptus alba</i>	75,97	92,67	2,94	7,79	40,7	38,67	14,72	21,28
<i>Heeria insignis</i>	57,64	94,73	4,26	12,99	67,47	65,54	39,41	28,22

Teneurs des constituants minéraux des feuilles des ligneux : Les teneurs moyennes des constituants minéraux sont résumées dans le tableau 3. Les teneurs en matières minérales (MM), Ca et P ont varié significativement en fonction de l'espèce. En effet, des teneurs élevées en matières minérales sont enregistrées chez *Acacia ataxacantha*, *B. aegyptiaca*, *Securidaca longepedunculata*. Pour le Ca *B. aegyptiaca*, et *Acacia ataxacantha* se distinguent des autres espèces par leurs teneurs

élevées en Ca (3,2 et 2,59 % MS respectivement). En outre, un taux de phosphore élevé est observé chez *Terminalia macroptera* (0,82 % MS). Les teneurs en insoluble chlorhydrique (In/HCL) ont aussi varié significativement en fonction de l'espèce. Des teneurs élevées ont été notées chez *G. senegalensis*, *E. alba* et *A. occidentale*. Les teneurs en In/HCL pour *A. ataxacantha* et *T. indica* ont été écartées de l'étude, étant donné que leurs valeurs étaient très élevées.

Tableau 3. Teneurs moyennes en constituants minéraux des différents ligneux inventoriés en (% MS).

Espèces	MM	IN/HCL	Ca	P
<i>Azadirachta indica</i>	9,50	0,439	1,31	0,14
<i>Balanites aegyptiaca</i>	14,57	0,728	3,20	0,11
<i>Guiera senegalensis</i>	6,55	1,639	0,85	0,20
<i>Acacia nilotica</i>	5,13	0,509	0,51	0,27
<i>Terminalia macroptera</i>	2,26	0,015	0,38	0,82
<i>Ficus capensis Thunb</i>	3,14	0,679	0,70	0,08
<i>Sterculia setigera</i>	4,66	0,579	0,99	0,10
<i>Adansonia digitata</i>	9,93	0,828	0,84	0,21
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	6,19	0,471	1,34	0,19
<i>Anacardium occidentale</i>	5,08	1,575	0,49	0,19
<i>Combretum glutinosum</i>	5,05	0,969	0,73	0,15
<i>Piliostigma reticulatum</i>	5,99	1,447	0,68	0,21
<i>Acacia ataxacantha</i>	15,32	-	2,59	0,13
<i>Ziziphus mauritiana</i>	5,28	0,530	1,10	0,16
<i>Faidherbia albida</i>	7,07	1,049	1,72	0,09
<i>Prosopis africana</i>	3,03	0,659	0,43	0,07
<i>Terminalia avicennioides</i>	4,47	1,189	0,71	0,12
<i>Acacia seyal</i>	5,16	0,619	1,15	0,14
<i>Securidaca longepedunculata</i>	10,19	0,739	1,61	0,10
<i>Cordyla pinnata</i>	6,44	0,0036	0,91	0,14
<i>Tamarindus indica</i>	6,34	-	1,88	0,11
<i>Eucalyptus alba Reinw.</i>	7,33	2,961	1,97	0,06
<i>Heeria insignis</i>	5,27	0,779	0,73	0,16

Détermination de la valeur alimentaire des fourrages

• **Digestibilité des fourrages :** Le tableau 4 donne la digestibilité de la matière organique (%), l'énergie digestible, métabolisable et brute des feuilles des ligneux fourragers étudiés. Ce tableau montre que *B. aegyptiaca*,

A. digitata, *A. indica*, *P. reticulatum*, *C. glutinosum*, *Cordyla pinnata* ont des valeurs moyennes de dMO élevées (70, 68, 68, 67, 67, 67 %), respectivement. Les digestibilités de l'énergie sont inférieures aux dMO de 2 à 3 points. Les fortes teneurs en énergie digestible (ED) et métabolisable (EM) sont enregistrées

chez *B. aegyptiaca* (3031 et 2531 kcal/kg MS), *A. indica* (2935 et 2451 kcal/kg MS) et *P. reticulatum* (2917 et 2416 kcal/kg MS), *C. pinnata* (2894 et 2404 kcal/kg MS), *A. digitata* (2872 et 2418 kcal/kg MS) et *C. glutinosum* (28442 et 2395 Kcal/kg MS), respectivement.

Tableau 4. Digestibilité de la matière organique (%), l'énergie métabolisable, digestible, brute des ligneux échantillonnés (kcal/kg MS).

Espèces	dMO	dE	ED	EM	EB
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	65	62	2762	2327	4423
<i>Guiera senegalensis</i>	63	61	2681	2254	4422
<i>Adansonia digitata</i>	68	65	2872	2418	4442
<i>Anacardium occidentale</i>	63	60	2687	2247	4450
<i>Combretum glutinosum</i>	67	64	2842	2395	4433
<i>Cordyla pinnata</i>	67	64	2894	2404	4517
<i>Piliostigma reticulatum</i>	67	64	2917	2416	4537
<i>Azadirachta indica</i>	68	65	2935	2451	4495
<i>Ziziphus mauritiana</i>	65	62	2780	2323	4468
<i>Faidherbia albida</i>	60	57	2501	2115	4370
<i>Prosopis africana</i>	65	62	2727	2297	4419
<i>Balanites aegyptiaca</i>	70	67	3031	2531	4511
<i>Terminalia avicennioides</i>	60	57	2495	2109	4368
<i>Acacia seyal</i>	63	60	2648	2236	4397
<i>Heeria insignis</i>	62	60	2652	2214	4452
<i>Tamarindus indica</i>	60	57	2516	2120	4390
<i>Eucalyptus alba</i>	63	60	2631	2233	4367
<i>Ficus capensis Thunb.</i>	63	60	2641	2230	4394
<i>Securidaca longepedunculata</i>	64	61	2710	2285	4412
<i>Acacia ataxacantha</i>	65	63	2757	2331	4402
<i>Sterculia setigera</i>	64	61	2710	2284	4415
<i>Acacia nilotica</i>	66	63	2792	2350	4432
<i>Terminalia macroptera</i>	63	60	2660	2239	4414

• **Valeurs énergétiques et protéiques des fourrages :** Les valeurs énergétiques et protéiques des ligneux fourragers sélectionnés sont résumées dans le tableau 5. Les PDIA ont varié significativement en fonction des espèces. En effet, de fortes teneurs en PDIA ont été notées (44,53, 41,46 ; 40,42 et 37,96 g/kg MS) respectivement chez *Piliostigma reticulatum*, *Cordyla pinnata*,

Balanites aegyptiaca et *Azadirachta indica*. Concernant, les unités fourragères viande et lait des variations ont été observées. Des UFV et UFL élevées (supérieures à 0,8 UF) sont enregistrées chez *Balanites aegyptiaca*, *Azadirachta indica*, *Adansonia digitata*, *Piliostigma reticulatum*, *Combretum glutinosum*, *Cordyla pinnata*, *Acacia nilotica*, *Acacia ataxacantha* et *Ziziphus mauritiana*.

Tableau 5. Valeur protéique et valeur énergétique en UFV/kg et UFL/kg de Ms

Espèces	UFL	UFV	PDIA	PDIM	PDI=PDIA+PDIM
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	0,83	0,76	26,71	51,14	77,85
<i>Guiera senegalensis</i>	0,79	0,77	26,61	50,33	76,95
<i>Adansonia digitata</i>	0,86	0,85	29,65	52,10	81,75
<i>Anacardium occidentale</i>	0,79	0,76	30,99	50,23	81,22
<i>Combretum glutinosum</i>	0,85	0,84	28,33	51,86	80,19
<i>Cordyla pinnata</i>	0,85	0,84	41,46	51,84	93,30
<i>Piliostigma reticulatum</i>	0,86	0,84	44,53	51,95	96,47
<i>Azadirachta indica</i>	0,88	0,86	37,96	52,38	90,34
<i>Ziziphus mauritiana</i>	0,82	0,80	33,73	51,04	84,77
<i>Faidherbia albida</i>	0,74	0,70	18,44	48,85	67,30
<i>Prosopis africana</i>	0,81	0,79	26,08	50,81	76,89
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0,91	0,90	40,42	53,21	93,63
<i>Terminalia avicennioides</i>	0,74	0,70	18,19	48,80	66,98
<i>Acacia seyal</i>	0,79	0,76	22,60	50,17	72,76
<i>Heeria insignis</i>	0,78	0,75	31,23	49,87	81,11
<i>Tamarindus indica</i>	0,74	0,70	21,51	48,89	70,40
<i>Eucalyptus alba</i>	0,79	0,76	17,91	50,17	68,09
<i>Ficus capensis</i>	0,79	0,76	22,22	50,11	72,32
<i>Securidaca longepedunculata</i>	0,81	0,79	25,01	50,69	75,70
<i>Acacia ataxacantha</i>	0,83	0,81	23,46	51,21	74,67
<i>Sterculia setigera</i>	0,81	0,79	25,45	50,67	76,12
<i>Acacia nilotica</i>	0,83	0,82	28,11	51,37	79,48
<i>Terminalia macroptera</i>	0,79	0,76	25,28	50,18	75,46

Détermination des groupes de ligneux fourragers : L'analyse en composante principale (ACP) a été réalisée sur les 23 fourrages ligneux de l'étude en considérant les

22 variables (composition chimique et valeur nutritionnelle). Les corrélations des différentes variables par rapport aux axes d'inertie sont présentées par les figures 3 ; 4 et 5.

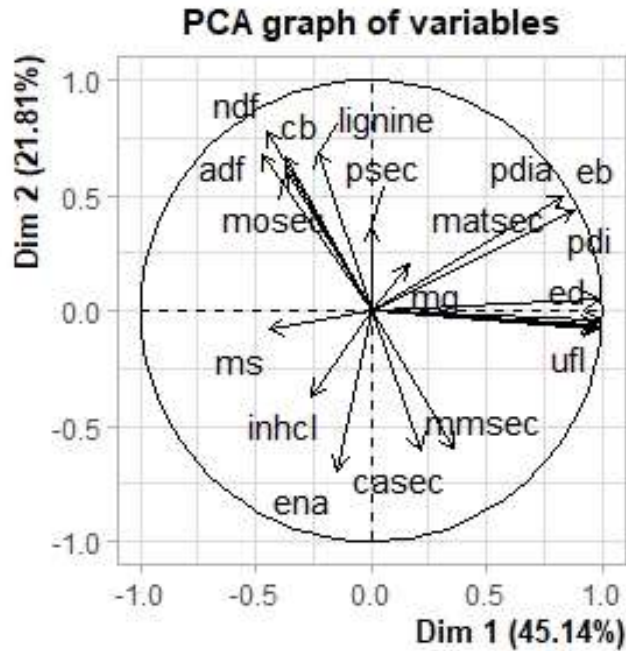


Figure 3 : Projection des variables sur les axes factorielles 1 et 2

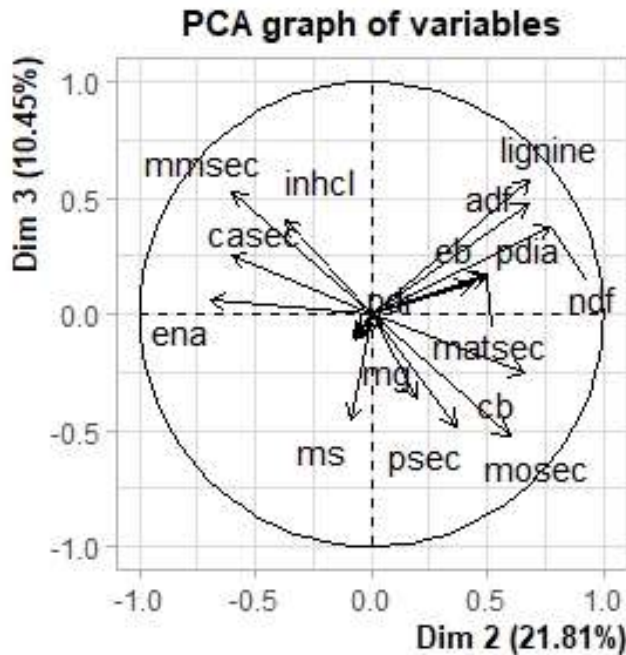


Figure 4 : Projection des variables sur les axes factorielles 2 et 3

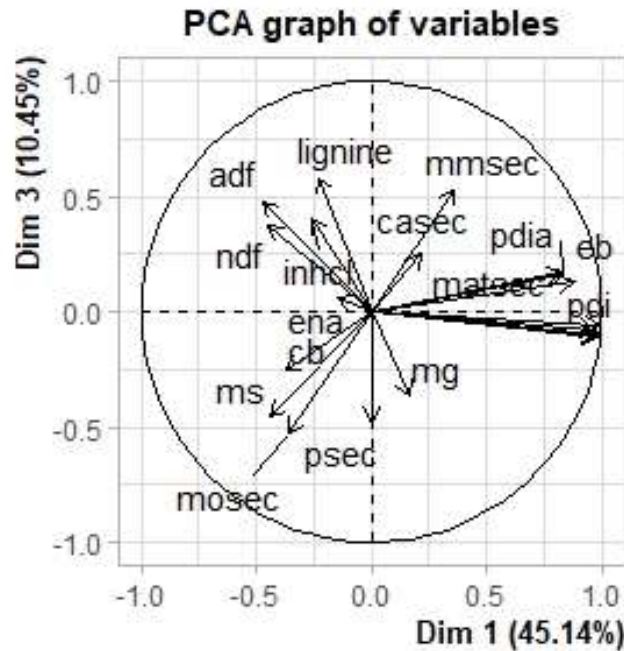


Figure 5 : Projection des variables sur les axes factorielles 1 et 3

Afin de définir plus précisément les groupes des ligneux fourragers en fonction de leur valeur nutritionnelle et composition chimique, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée avec la matrice obtenue à

partir de l'ACP. Elle a permis de différencier 3 groupes de fourrages. La meilleure représentation graphique est fournie par le dendrogramme (Figure 6).

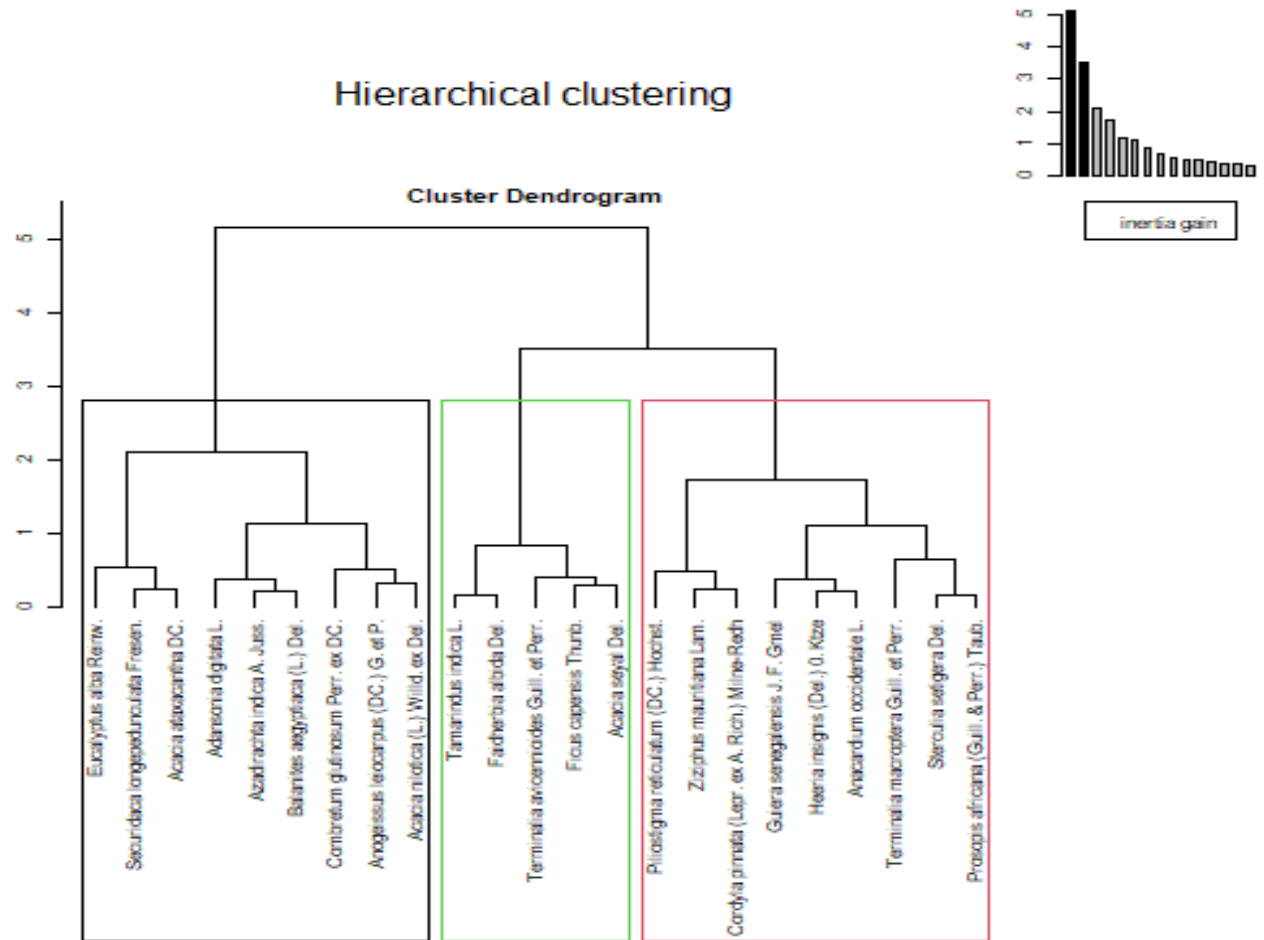


Figure 6 : Dendrogramme représentant la répartition des espèces des différents groupes

L'analyse de la répartition des groupes sur le graphique de la CAH a permis d'identifier 3 groupes d'espèces (Tableau 6). La

composition chimique et les valeurs nutritives des différents groupes sont données dans le tableau 7.

Tableau 6 : Identification des différents groupes d'espèces

Groupes	Espèces
1	<i>Tamarindus indica</i> , <i>Faidherbia albida</i> , <i>Terminalia avicennioides</i> <i>Acacia seyal</i> , <i>Ficus capensis</i>
2	<i>Eucalyptus alba</i> , <i>Securidaca longepedunculata</i> , <i>Acacia ataxacantha</i> , <i>Adansonia digitata</i> , <i>Azadirachta indica</i> , <i>Balanites aegyptiaca</i> , <i>Combretum glutinosum</i> , <i>Anogeissus leiocarpus</i> , <i>Acacia nilotica</i>
3	<i>Guiera senegalensis</i> , <i>Anacardium occidentale</i> , <i>Heeria insignis</i> , <i>Terminalia macroptera</i> , <i>Prosopis africana</i> , <i>Sterculia setigera</i> , <i>Piliostigma reticulatum</i> , <i>Ziziphus mauritiana</i> , <i>Cordyla pinnata</i>

Tableau 7. Caractéristiques des groupes de fourrages ligneux en fonction de leur composition chimique et valeur nutritive

Nutriments	Groupe 1 n=5	Groupe 2 n=9	Groupe 3 n=9
MS	76,14 ± 10,74 ^a	60,32 ± 17,57 ^b	58,80 ± 10,92 ^b
MO	94,76 ± 1,54 ^b	91,56 ± 3,23 ^a	95,04 ± 1,46 ^b
MAT	8,82 ± 0,83 ^a	12 ± 2,72 ^b	13,18 ± 2,77 ^b
CB	35,72 ± 3,88 ^a	25,48 ± 5,72 ^b	34,52 ± 6,35 ^a
NDF	55,41 ± 5,69 ^a	42,48 ± 3,68 ^b	56,75 ± 6,26 ^a
ADF	45,93 ± 6,51 ^a	35,13 ± 4,34 ^b	51,29 ± 8,15 ^a
Lignine	19,05 ± 4,81 ^a	14,27 ± 3,87 ^a	27,22 ± 6,11 ^b
dMO	61,09 ± 1,68 ^a	66,36 ± 2,20 ^b	64,45 ± 1,74 ^b
EB	4383,76 ± 13,57 ^a	4435,26 ± 44,33 ^b	4454,74 ± 45,21 ^b
ED	2560,4 ± 77,46 ^a	2814,71 ± 120,66 ^b	2745,24 ± 98,71 ^b
EM	2161,85 ± 65,02 ^a	2368,92 ± 90,24 ^b	2297,41 ± 71,60 ^b
UFL	0,76 ± 0,02 ^a	0,84 ± 0,03 ^b	0,81 ± 0,02 ^b
UFV	0,72 ± 0,03 ^a	0,82 ± 0,04 ^b	0,78 ± 0,03 ^b
PDIA	20,59 ± 2,11 ^a	28,61 ± 6,94 ^b	31,70 ± 7,09 ^b
PDI	69,95 ± 2,71 ^a	80,18 ± 7,81 ^b	82,47 ± 7,68 ^b

Lettre (a, b) sur des colonnes différentes = différence significative (p<0,05)

L'examen du tableau 7 a montré que les ligneux fourragers du groupe 1 sont caractérisés par la teneur la plus élevée en matière sèche (supérieur de 15% et de 17% respectivement à celle des groupes 2 et 3) et les teneurs les plus faibles en UFL, UFV mais aussi en PDIA. Ce sont des fourrages riches en lignine (teneur en lignine > de 5 % à celle des fourrages du groupes 2) et ont la plus faible digestibilité de la matière organique (inférieur de 5 points et 3 points respectivement à celle des fourrages des groupes 2 et 3). Par contre, les fourrages du groupe 2 ont les valeurs les

plus élevées en UFL et UFV et la plus forte teneur en énergie métabolisable. Ces fourrages (groupe 2) ont aussi les plus faibles teneurs en lignine (inférieur de 5 % et 12 % respectivement à celles des groupes 1 et 3) et la dMO la plus élevée (supérieur de 5 % et de 2 % respectivement à celle des groupes 1 et 3). En plus, les fourrages de ce groupe ont la dMO la plus élevée. Les espèces ligneuses fourragères du groupe 3 ont les teneurs en NDF, ADF, et MAT les plus élevées. Ils ont également la plus forte teneur en lignine, donc fibreux.

DISCUSSION

L'importance numérique des espèces ligneuses fourragères inventoriées (23 espèces soit 82,14 %), montre que les ligneux constituent un appoint considérable dans l'affouragement du bétail. En effet, les fourrages des arbres et arbustes constituent une composante essentielle dans la productivité du bétail dans les zones aride et semi-aride. Leur importance dans la nutrition animale se perçoit essentiellement en saison sèche, période durant laquelle ces espèces sont encore dotées d'un feuillage vert (Savadogo, 2006). Nos résultats

sont supérieurs aux 18 espèces ligneuses fourragères recensées dans la moyenne vallée du rift en Éthiopie par Shenkute *et al.*, 2012 et inférieurs aux 48 ligneux fourragers trouvés par Sèwadé *et al.*, 2016 en zone Soudano-guinéenne du Bénin. Ceci pourrait s'expliquer par les différences climatiques. Nos résultats sont différents de ceux trouvés par Savadogo (2002) pour les espèces appréciées (12%) et peu appréciées (38%) et largement supérieurs pour les espèces très appréciées (24%) dans le terroir de Tiogo au Burkina. En outre, ces résultats

diffèrent de ceux rapportés par Le Houerou (1980b) pour la même zone climatique. Cet auteur a trouvé que les espèces peu appréciées étaient de loin les plus nombreuses ce qui n'est pas le cas dans notre étude. Cela pourrait s'expliquer par les fortes variabilités climatiques, saisonnières et interannuelles mais aussi aux conditions édaphiques. En effet, les espèces ont des exigences édaphiques différentes (Le Houerou, 1980a). Il existe une différence entre les espèces en termes de composition chimique. Les teneurs en MS enregistrées chez la première catégorie d'espèces ligneuses fourragères (< à 50 % MS) sont similaires à celles rapportées (< 50 % MS) par Mebirouk Boudechiche *et al.*, 2015 pour les feuilles d'autres espèces ligneuses fourragères des zones humides du nord-est de l'Algérie. Par contre, les teneurs en MS de la deuxième catégorie d'espèces (> à 50 % MS) des ligneux fourragers de notre étude sont supérieures à celles trouvées par ces mêmes auteurs. La zone géographique où se trouvent ces plantes fourragères explique ces taux élevés de matières sèches notés chez certaines espèces. En effet, dans notre zone d'étude, la saison des pluies est de courte durée et la moyenne de la pluviométrie annuelle inférieure à 800 mm. Ainsi, le fourrage issu de ces plantes ligneuses présente l'avantage d'être une ressource végétale disponible toute l'année, en particulier durant les saisons sèche et humide, où le problème d'affouragement du bétail est le plus aigu. De nombreux fourrages ligneux ont une faible valeur nutritive en raison de leurs basses teneurs en protéines brutes. Les teneurs en MAT pour tous des ligneux de notre étude sont supérieures ou égales au taux minimum requis (7 - 8 % MS) pour un fonctionnement correct du rumen et une alimentation convenable des ruminants (Van Soest, 1994). Les teneurs en MAT des fourrages ligneux de notre étude sont supérieures à celles obtenues par Savadogo (2002) et Gomma *et al.*, 2017 respectivement sur le foin *Pennisetum pedicellatum* (6,58 %

MS) et sur la paille de brousse (4 % MS). Les teneurs en MAT enregistrées chez *B. aegyptiaca* (16,62 % MS) et *A. indica* (15,65 % MS) sont inférieures à celles trouvées par Fall *et al.*, 1993 dans les échantillons collectés à Dakar (19,2 % MS et 19,5 % MS respectivement) et aussi inférieures à celles enregistrées par Fadel Elseed *et al.*, 2002 chez *B. aegyptiaca* en fin de saison des pluies (19,5 % MS). Cependant, le taux en MAT obtenu chez *B. aegyptiaca* est inférieur à celui rapporté par Kabore-Zoungrana *et al.*, 2008 pour la même espèce en région Nord soudanienne du Burkina (20,2 % MS). Les teneurs élevées en MAT des feuilles de *P. reticulatum* (18,21 % MS) obtenues dans notre étude sont supérieures à celles trouvées sur les gousses *P. reticulatum* (9,64 ; 7,92 et 8,03 % MS) par d'autres auteurs tels que Ouédraogo (2006) ; Sanou (2010) et Sanou (2005), respectivement. Les teneurs élevées en MAT trouvées chez *P. reticulatum*, *Cordyla pinnata*, *B. aegyptiaca*, *A. indica*) peuvent être attribuées à la capacité de ces fourrages à fixer l'azote atmosphérique (Baumont *et al.*, 2017), ce qui favorise l'utilisation de ces espèces comme supplément protéique aux fourrages de mauvaise qualité et aux sous-produits fibreux. Cependant, cette proposition doit être envisagée avec précaution en tenant fortement compte des facteurs antinutritionnels tels que les composés phénoliques et les tanins en particulier qui sont susceptibles de limiter la digestibilité de l'azote. Les teneurs en parois totales ou NDF des fourrages ligneux de notre étude sont faibles (35,85- 63,85 % MS) comparées aux pailles de brousse (81,2 % MS) qui sont des fourrages pauvres (Nantoumé *et al.*, 2000) et au foin d'*Andropogon gayanus* (77,49 % MS) (Serge, 2001). En outre, il a été rapporté que les teneurs en NDF et ADF des fourrages ligneux sont inférieures à celles des herbacés même si ces derniers sont à l'état vert (Koné, 1987). Une teneur en parois totales ou NDF de 44,80 % MS a été enregistrée chez *A. nilotica*, alors que Gaikwad *et al.*, 2017 rapportent un taux de 36 % MS pour la même

espèce. La teneur en NDF notée chez *S. setigera* (48,66 % MS) est semblable à celle trouvée par Mbow *et al.*, 2013 pour la même espèce (49,65 % MS) dans la même zone d'étude. Par ailleurs, Fall *et al.*, 1993 ont rapporté des teneurs en NDF de 39,3 et 34,6 respectivement chez *A. indica* et *B. aegyptiaca*, ces résultats sont inférieurs aux nôtres (47,02 et 40,12 % MS) pour les mêmes espèces. Pour *C. glutinosum* et *A. digitata* les teneurs en NDF obtenues (39,29 et 38,55 % MS respectivement) sont inférieures à celles enregistrées (46,5 et 48,7 % MS) en zone sahélienne pour les mêmes espèces échantillonnées (Fall *et al.*, 1994). Quant aux teneurs en lignine (ADL) des espèces échantillonnées, elles demeurent faibles (<15 % MS) pour, *E. alba*, *A. seyal*, *A. ataxacantha*, *C. glutinosum*, *A. leiocarpus* et *A. nilotica*. Les teneurs en lignine des fourrages ligneux de notre étude sont supérieures à celle trouvée par Savadogo (2006) sur le foin (8,1 % MS). La teneur en lignine trouvée chez *B. aegyptiaca* (10,82 % MS) est semblable à celle rapportée par Kabore-Zoungana *et al.*, 2008 en région Nord soudanienne du Burkina (9,4 % MS) pour la même espèce. Toutefois, une légère variation a été observée. Pour *A. ataxacantha*, la teneur en lignine notée (13,77 % MS) est inférieure à celle enregistrée par Koné *et al.*, 1987 en zone sahélienne et soudanienne (17 % MS). Par contre, pour *A. nilotica* et *A. seyal* les teneurs en lignine obtenues (12,13 et 11,19 % MS respectivement) sont semblables à celles enregistrées par Abdulrazak *et al.*, 2000 pour ces mêmes espèces échantillonnées dans la vallée du rift au Kenya (9,9 et 12,1 % MS respectivement). En outre, Traoré (1998) a noté une variation significative des teneurs en lignine des ligneux échantillonnés au Sahel. Les différences notées sur les teneurs des constituants pariétaux des espèces étudiées pourraient s'expliquer par l'âge de la végétation ou la saison d'échantillonnage. En effet, les caractéristiques nutritionnelles des ligneux varient en fonction de l'espèce

végétale, de l'organe, de l'âge et de la saison (Fall, 1993 ; Tabsoba, 2001 ; Traoré, 1998). En outre, les feuilles de certaines espèces ont parallèlement des teneurs faibles en NDF, ADF et lignine (*E. alba*, *A. seyal*, *A. leiocarpus*, *A. nilotica*, *B. aegyptiaca* et *C. glutinosum*) ce qui pourrait engendrer une augmentation de leur digestibilité. Les fortes concentrations en Ca des feuilles de *B. aegyptiaca*, *A. ataxacantha*, *E. alba*, peuvent être une bonne source de complément en cet élément. Cependant, le rapport Ca/P est élevé pour l'ensemble des espèces ligneuses échantillonnées en raison des faibles teneurs en P. Il est supérieur aux normes recommandées pour une ossification normale (Abdulrazak *et al.*, 2000). En effet, ce rapport élevé peut interférer avec une utilisation efficace du Ca par les animaux même si les feuilles contiennent un niveau approprié en cet élément (Fadel Elseed *et al.*, 2002). L'absorption du P se trouve être réduite par la même occasion. Les digestibilités (dMO et dE) de *B. aegyptiaca* sont supérieures à celles rapportées par Kabore-Zoungana *et al.*, 2008 pour la même espèce en région Nord soudanienne du Burkina (dMO = 61% ; dE = 51 %). La valeur de la dMO des feuilles de *P. reticulatum* obtenue est plus élevée que celle trouvée par Ouédraogo (2006) sur les gousses (44%) pour la même espèce échantillonnée au Burkina. Ceci pourrait s'expliquer par la différence de teneurs en constituants chimiques (surtout en MAT qui étaient de 10,53 % MS pour les gousses). En effet, la composition chimique est un facteur de variation de la digestibilité (Sawadogo, 2000). Cependant, pour *C. glutinosum* la valeur de dMO est supérieure à celles rapportées, Lukhele et Van Ryssen (2003) chez certaines espèces de *Combretum* (64,1 et 55,5 %) pour *C. apiculatum* et *C. molle*, respectivement. La digestibilité de la matière organique élevée notées chez certains ligneux fourragers de l'étude pourrait être due à l'espèce. En effet, la dMO varie selon l'organe et l'espèce étudiée (Sawadogo, 2000).

Les feuilles de *B. aegyptiaca* ont une valeur en EM (2531 kcal/kg MS) supérieure à celles obtenues par Kaboré-Zoungana *et al.*, 2008 et Fadel Elseed *et al.*, 2002 (1930 et 1911 kcal/kg MS respectivement) pour la même espèce échantillonnée. Selon Kaboré-Zoungana *et al.*, 2008 cette valeur en EM (1930 kcal/kg MS) permettrait selon ces auteurs de couvrir les besoins d'entretien des ovins lorsqu'ils ont été distribués comme seul aliment à raison de 70g par kg/MS. Par contre, la valeur en EM trouvée par Fadel Elseed *et al.*, 2002 chez *B. aegyptiaca* ne permettrait pas de satisfaire les besoins d'entretien des brebis. L'UF permet d'estimer la valeur énergétique d'un fourrage en référence à la valeur énergétique d'un kg d'orge à 1,76 kcal. Cette valeur est très élevée par rapport aux UFV et UFL des espèces ligneuses fourragères étudiées. Cependant, comparées aux autres espèces fourragères comme *Piliostigma thonningii* (0,4 UF/kg MS) et *P. africana* (0,61 UF/kg MS) (Sidi Imorou *et al.*, 2016), les feuilles de *B. aegyptiaca*, *Piliostigma reticulatum*, *A. digitata*, *C. glutinosum*, *C. pinnata* et *A. indica* présentent un réel intérêt fourrager avec des teneurs en UF élevées. Ainsi donc, les fourrages des groupes 1, 2 et 3 peuvent s'apprécier différemment en fonction de leur potentialité à fournir aux microorganismes du rumen assez de nutriments dans le but d'optimiser leurs valeurs énergétiques et azotées. Les fourrages des groupes 1 et 3 avec leur teneur élevée en MS et lignine, vont encombrer le rumen des animaux. Ce sont des fourrages fibreux à faible valeur nutritionnelle. En effet, la lignine est le facteur déterminant de l'ingestibilité des pailles, elle permet de mieux prévoir la digestibilité des fourrages. Tandis que la composition bromatologique et les valeurs énergétiques des fourrages du groupe 2

indiquent qu'ils apporteront assez de nutriments pour le bon fonctionnement des microorganismes du rumen. Les fourrages du groupe 2 à savoir : *Eucalyptus alba*, *Securidaca longepedunculata*, *Acacia ataxacantha*, *Adansonia digitata*, *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia nilotica* sont les plus intéressants du point de vue valeur fourragère.

Concernant l'exploitation des ligneux dans la zone d'étude, les populations pratiquent l'émondage des ligneux fourragers au profit des petits ruminants lorsqu'il y a rupture des stocks des résidus de récolte et raréfaction des ressources herbacées. Il faut aussi noter, malgré l'interdiction de l'émondage par le comité de gestion, les pratiques persistent dans la zone d'étude. En effet, l'émondage des arbres les met moins en péril, que les défriches pour la mise en valeur de nouveaux champs ou la coupe à d'autres fins par les bucherons (bois d'œuvre, de chauffe). En plus de l'utilisation des ligneux fourragers pour l'alimentation animale, ils assurent à la fois plusieurs rôles aussi importants les uns que les autres (l'alimentation humaine, l'artisanat, la pharmacopée, le bois d'œuvre et le bois de chauffe). L'arbre occupe donc une place importante dans la contribution des écosystèmes à la satisfaction des besoins socioéconomiques. Cependant, la surexploitation des espèces ligneuses due à la forte pression exercée par l'homme sur l'arbre pour satisfaire ses besoins (Ado *et al.*, 2016), combinée au changement climatique ne semble pas garantir l'utilisation durable de ces essences forestières. D'ailleurs certaines espèces ont disparu ou sont menacées de disparition (Sarr *et al.*, 2013).

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Les ligneux fourragers représentent des ressources alimentaires sans lesquelles la survie du bétail serait impossible dans les

zones Sahélienne et Soudanienne d'Afrique de l'Ouest. En effet, le fourrage arbustif est un complément non négligeable au régime des

bovins alors qu'il représente l'aliment de base pour les petits ruminants pour lesquels il atteint plus de 70 % de la matière sèche du régime alimentaire en saison sèche. L'étude a permis de caractériser les espèces ligneuses fourragères dans la zone agropastorale de Kaffrine et de les classer en fonction de leur degré d'appétibilité. Vingt-huit espèces ligneuses ont été recensées, dont 23 sont considérées comme fourrager. Parmi les espèces inventoriées comme fourragères, 43,47% (*B. aegyptiaca*, *A. digitata*, *T. indica*, *G. senegalensis*, *T. macroptera*, *F. albida*, *P. africana*, *F. capensis*, *Z. mauritiana* et *S. setigera*) sont très appréciées, 17,4 % (*Heeria insignis*, *P. reticulatum*, *T. avicennioides* et *A. seyal*) sont appréciées et 39,13% (*Anacardium occidentale*, *Cordylapinnata*, *Anogeissus leiocarpus*, *Combretum glutinosum*, *A. ataxacantha*, *A. indica*, *A. nilotica*, *E. alba*, *S. longepedunculata*) sont peu appréciées. Bien que ce travail ait permis de caractériser les ligneux fourragers de la zone agropastorale de

Kaffrine, il a néanmoins révélé à travers l'analyse chimique des composants des feuilles, l'importance de ces ressources en alimentation animale. En effet, *P. reticulatum*, *C. pinnata*, *B. aegyptiaca*, *A. indica* pourraient constituer, vu leurs teneurs intéressantes en matières azotées totales, un bon complément protéique aux fourrages fibreux. Les feuilles de *Eucalyptus alba*, *Acacia seyal*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia nilotica* et *Balanites aegyptiaca* contiennent des proportions faibles de teneurs en constituants pariétaux (NDF, ADF et lignine) ce qui pourrait engendrer une augmentation de leur digestibilité. Parmi ces 23 espèces ligneuses, les fourrages du groupe 2 à savoir : *Eucalyptus alba*, *Securidaca longepedunculata*, *Acacia ataxacantha*, *Adansonia digitata*, *Azadirachta indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia nilotica* ont été identifiés comme étant les plus adéquats du point de vue qualité nutritionnelle ou valeur alimentaire.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdulkrazak S.A.; Fujihara T., Ondiek J.K.Orskov E.R., 2000. Nutritive evaluation of sorne Acacia tree leaves from Kenya. *Animal Feed Sci Technol.* .85, pp 89-98.
- Ado A., Laouali A., Soumana D., Ali M., Mahamane S., 2016. Les ligneux alimentaires de soudure dans les communes rurales de Tamou et Tondikiwindi : diversité et structure des populations. *J. Anim. Plant Sci.*31 (1).
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). 2011. Situation économique et sociale du Sénégal 2010 (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie).
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) / Service Régional de la Statistique et de la démographie (SRSD) Kaffrine. 2015. Situation économique et sociale régionale 2012, 18-19 p.
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). 2016. Situation économique et sociale du Sénégal en 2013, 186-195.
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) / Service Régional de la Statistique et de la démographie (SRSD). 2019. Situation économique et sociale de la région de Kaffrine édition 2016, 224p.
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). 2020. Situation économique et sociale du Sénégal 2017-2018, 11-243.
- Association Française de Normalisation (AFNOR). 1985. Méthodes d'analyse d'aliments des animaux, Paris (FRA).
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of

- Analysis, 15th Edition. AOAC, Washington, DC.
- Baumont R, Dulphy JP, Doreau M, Peyraud JL, Nozieres MO, Andueza D et al., 2017. La valeur des fourrages pour les ruminants : comment synthétiser et diffuser les nouvelles connaissances, comment répondre aux nouvelles questions ? Renc Rech Ruminants. 2017 ; 12 : 85-92.
- Bognounou O, Ganaba S, Ouadba JM. 2004. Plantes de construction d'habitations en région sahélienne (Burkina Faso). *Bois et Forêts des Tropiques*, 282(4) : 11-17. DOI: <https://doi.org/10.19182/bft2004.282.a20215>.
- Buldgen A., Dieng A., Ducrot D., Dumont D., et Compère R., 1995. Productivité des élevages villageois de moutons du bassin arachidier sénégalais. – Etude préliminaire du Projet de l'Agence Générale de Coopération de Développement (AGCD), Coopération belgo-sénégalaise, pour la création d'un Département de Productions Animales à l'INDR. 11p.
- Camara A, 2007. Diagnostic fourrager pour une amélioration des productions animales dans le Bassin Arachidier du Sénégal : Cas de l'arrondissement de Niakhar, Thèse, UCAD-FST-EISMV.
- Duby C, Robin S., 2006. Analyse en Composantes Principales. Paris : Dép. O.M.I.P.
- Fadel Elseed A.M.A., Amin A.E., Khadiga A., Abdel Ati J., Sekine M., Hishinuma M., Hamana K., 2002. Nutritive evaluation of some fodder tree species during the dry season in Central Sudan. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 15 (6): 844-850.
- Fall T.S., Friot D., Richard D., 1993. Valeur nutritive de cinq espèces ligneuses d'Afrique de l'Ouest. Leur aptitude à améliorer les rations à base de fourrages pauvres distribuées aux ovins. Rapport final, ISRA/LNERV, (Convention de recherches entre le CIPEA et l'ISRA), Res. Alim. (34) : 27p.
- Fall T.S., Friot D., Richard D., Guerin H., 1994. Utilisation des ligneux fourragers dans l'alimentation des ruminants domestiques en zone sahélienne. Composition chimique, digestibilité et influence sur les performances de jeunes moutons. Rapport final, ISRA/LNERV (Bourse FIS), Res. Alim. (16): 13p.
- Fall T.S., Traoré E.H., N'Diaye K., N'Diaye N.S., Sèye B.M., 1997. Utilisation des fruits de *Faidherbia albida* pour l'alimentation des bovins d'embouche paysanne dans le bassin arachidier au Sénégal. *Livestock Research for Rural Development*, 9 (5): <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/feedback/lrrd/lrrd9/5/fall95.htm>.
- FAO, 2014. Résidus agricoles et sous-produits agro-industriels en Afrique de l'ouest. État des lieux et perspectives pour l'élevage, Bureau régional pour l'Afrique de la FAO, Accra. <http://www.fao.org/docrep/019/i3562f/i3562f.pdf>.
- Gaikwad U.S., Pawar A.B., Kadlag A.D., 2017. Nutritional Status of Fodder Tree Leaves and Shrubs of Scarcity Zone of Maharashtra. *Advances in Life Sciences*, 7(1): 11-14.
- Gomma AD., Chaibou I., Banoïn M. et Schlecht E., 2017. Commercialisation et valeur nutritive des fourrages dans les centres urbains au Niger : cas des villes de Maradi et de Niamey ; *ijias* ; 21 (3), pp 508-521.
- INRA., 2018. Alimentation des ruminants, Editions Qua, Versailles, France, 728 p.
- INRA, 2018. Connaître la valeur alimentaire de ses fourrages : Le calcul de la valeur alimentaire de son fourrage ; 6 p.

- Kabore-Zoungrana C., Diarra B., Adandéjan C., Savadogo S., 2008. Valeur nutritive de *Balanites aegyptiaca* pour l'alimentation des ruminants. *Livestock Research for Rural Development*, 20 (4): 16 p.
- Koné A.R., Guérin H., Richard D., 1987. Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude de la valeur nutritive des fourrages ligneux. *In* : Séminaire régional sur les fourrages et l'alimentation des ruminants IRZ/IEMVT. N'Gaoundéré (Cameroun), 16-20 novembre 1987. *Etudes et Synthèses de l'IEMVT*, N° 30, 789-809.
- Le Houérou H.N., 1980a. Le rôle des ligneux fourragers dans les zones sahélienne et soudanienne. *In* : Colloque International sur les Fourrages Ligneux en Afrique, Etat des Connaissances, Le Houérou HN (ed). CIPEA: Addis-Abeba, Ethiopie, pp 85- 100.
- Le Houérou H.N., 1980b. Composition chimique et valeur nutritive des fourrages ligneux en Afrique tropicale occidentale. *In* : Colloque International sur les Fourrages Ligneux en Afrique, Etat des Connaissances, Le Houérou HN (ed). CIPEA : Addis-Abeba, Ethiopie ; 25 p.
- Lukhele M.S., Van Ryssen J.B.J. 2003. The chemical composition and potential nutritive value of the foliage of four subtropical tree species in southern Africa for ruminants. *South African Journal of Animal Science*, 33 (2): 132-142.
- Mbow MA, Akpo LE, Diouf M, Traoré EH, 2013. Valeurs bromatologiques et nutritive des jeunes feuilles de *Stercularia setigera* Del. En milieu soudanien au Sénégal, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(1): 203-212.
- Mebirouk-Boudechiche L., Cherif M., Abidi S., Bouzouraa I. 2015. Composition chimique et facteurs antinutritionnels de quelques feuilles de ligneux fourragers des zones humides du nord-est de l'Algérie, *Fourrages*, 224, 321-328.
- Nantoumé H., Kouriba A., Togola D., Ouologuem B., 2000. Mesure de la valeur alimentaire de fourrages et de sous-produits utilisés dans l'alimentation des petits ruminants. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 53 (3) : 279-284.
- Ngom D., 2013. Diversité végétale et quantification des services écosystémiques de la réserve de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord-Sénégal). *Thèse*, ED-SEV/UCAD. Dakar, 167 p.
- Ouedraogo S., 2006. Potentialités fourragères et essais d'amélioration de la valeur nutritive de trois ligneux fourragers : *Piliostigma thonningii* Schumacher Mile-Redh, *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hoscht et *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo dioulasso (UPB)/INERA, 67p.
- Sanou S., 2005. *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hoscht.: Potentialités fourragères et essai d'amélioration de la valeur nutritive des gousses Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso/IDR, Burkina Faso, p. 57.
- Sanou S., Sawadogo L., Kabore-Zoungrana C.Y., 2010. Amélioration de la valeur nutritionnelle des gousses de *Piliostigma reticulatum* (D. C.) Hochst dans l'alimentation du bétail en période de soudure. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (5): 1519-1528.
- Sarr O, Diatta A.S, Gueye M, Ndiaye PM, Guisse A, Akpo. LE, 2013. Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de

- l'ouest). *Revue Méd. Vét.Toulouse*, 164, 1, 2-8.
- Savadogo P., 2002. Pâturages de la forêt classée de Tiogo : Diversité végétale, productivité, valeur nutritive et utilisations. Mémoire d'Ingénieur. IDR /UPB. 105p.
- Savadogo S., 2006. Influence du mode de séchage et de stockage sur la valeur nutritive de quelques ligneux fourragers. Diplôme d'études approfondies, IDR/UPB (Burkina Fasso), 43p.
- Sawadogo I., 2000. Phénologie, composition chimique et digestibilité de quatre ligneux fourragers : *Acacia raddiana Savi.*, *Acacia seyal Del.*, *Bauhinia rufescens Lam.*, *Piliostigma reticulatum (DC.) Hochst.* Mémoire d'ingénieur. IDR/UPB. 70p.
- Serge T.W., 2001. Phénologie, composition chimique et digestibilité de cinq ligneux : *Acacia raddiana Savi*, *Maerua crassifolia Forsk.*, *Pterocarpus lucens Lepr.*, *Commiphora africana (A.Rich.) Engl.*, *Grewia flavescens Juss.* Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo dioulasso (UPB)/IDR, 83p.
- Sèwadé C., Azihou A.F., Fandohan A.B., Houéhanou T.D., Houinato M., 2016. Diversité, priorité pastorale et de conservation des ligneux fourragers des terres de parcours en zone soudano-guinéenne du Bénin. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 20 (2), 113-129.
- Shenkute B., Hassen A., Assafa T., Amen N., Ebro A., 2012. Identification and nutritive value of potential fodder trees and shrubs in the mid rift valley of Ethiopia. *J. Anim. Plant Sci.* 22(4):1126-1132.
- Sidi Imorou H, Babatounde S, Sidi Imorou F, Mensah GA, 2016. Ligneux fourragers des parcours naturels communautaires du Nord-Bénin : prédiction de la valeur nutritive au moyen de plusieurs approches analytiques. *Journal of Animal et Plant Sciences* 29 (1), 4537-4552.
- Tabsoa W.S., 2001. Phénologie, composition chimique et digestibilité de cinq ligneux : *Acacia raddiana savi*, *Maerua crassifolia forsk.*, *Pterocarpus lucens lepr*, *Commiphora africana (A. rich.) engl.*, *Grewia flavescens Juss.* Mémoire de fin d'étude. IDR/UPB. 83p.
- Traoré E.H., 1998. Facteurs de variations de la composition chimique et de la digestibilité des ligneux consommés par les ruminants domestiques au Sahel. Doctorat de troisième cycle en biologie animale, 95 p.
- Umutoni C., 2012. Ressources alimentaires disponibles et utilisables comme suppléments en alimentation pour l'amélioration de la production laitière dans les régions de Kaolack et de Kolda (Sénégal). Thèse : Méd. Vét : Dakar ; n° 16.
- Van Soest J.P., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal production. *Journal of Dairy Science*, 74 : 3583-3597.
- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, 476.
- Yanra J.D., 2006. Gestion des ressources alimentaires pour une optimisation de la productivité des troupeaux dans les zones agropastorales. Mémoire : Thèse de DEA : Production Animal : Bobo Dioulasso.