

Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

Institut du Développement Rural

Laboratoire d'Etudes et de Recherches des Ressources Naturelles et en
Sciences de l'Environnement

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du

DIPLÔME D'ÉTUDES APPROFONDIES

en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles
Option Productions Animales

Par

Saïdou SAVADOGO

**Influence du mode de séchage et de stockage sur
la valeur nutritive de quelques ligneux fourragers**



Directrice de mémoire : Pr Chantal Yvette KABORE-ZOUNGRANA, Maître de
Conférences, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

Décembre 2006

Table des matières

Table des matières	i
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	iii
Liste des annexes.....	iii
Liste des abréviations	iv
Remerciements	v
Résumé.....	vi
Abstract	vii
INTRODUCTION	1
SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
I. Production primaire des fourrages ligneux	5
1.1. Méthodes de mesures	5
1.2. Biomasse ligneuse	6
1.3. Facteurs de variation	6
II. Variations saisonnières de la valeur nutritive des fourrages ligneux	7
III. Évolutions pondérales consécutives à l'utilisation des ligneux fourragers	9
MATÉRIELS ET MÉTHODES	11
I. Zone d'étude	12
1.1. Localisation	12
1.2. Climat, végétation et hydrographie	12
II. Ligneux fourragers étudiés.....	12
III. Modes de séchage et vitesse de dessiccation	14
IV. Modes de stockage et durée de conservation	14
V. Analyses chimiques	15
VI. Ingestibilité et digestibilité	15
4.1. Fourrage	15
4.2. Animaux	15
4.3. Mesure de l'ingestibilité.....	15
4.4. Mesure de la digestibilité <i>in vivo</i>	16
VII. Analyses statistiques.....	16
RÉSULTATS.....	17
I. Vitesse de dessiccation des fourrages ligneux.....	18
1.1. Comparaison des vitesses de dessiccation des fourrages séchés au soleil et à l'ombre.	18
1.2. Influence du salage sur la vitesse de dessiccation des fourrages séchés à l'ombre	19
II. Influence du mode de séchage sur la composition chimique des fourrages ligneux	20
III. Influence de la durée de conservation et du mode de stockage sur la composition chimique des ligneux fourragers.....	22
3.1. Influence sur la MS, MO et les MAT	22
3.2. Influence sur les parois (NDF et ADF)	24
IV. Ingestibilité et digestibilité.....	25
4.1. Composition chimique des aliments distribués.....	25
4.2. Comparaison de l'ingestibilité des feuilles fraîches et sèches de <i>K. senegalensis</i>	26
4.3. Digestibilité <i>in vivo</i> des rations distribuées seules ou en association avec du foin.....	26
4.3.1. Influence du niveau d'alimentation sur la digestibilité.....	26
4.3.2. Influence du séchage sur la digestibilité des rations	27

4.3.3. <i>Influence du séchage sur les digestibilités des rations à base de K. senegalensis distribuées en association avec du foin</i>	28
4.4. Taux du ligneux sur la digestibilité des rations	28
DISCUSSION.....	30
I. Influence du mode de séchage sur la dessiccation	31
II. Influence du mode de séchage sur la composition chimique.....	31
III. Influence de la durée et du mode de stockage sur la composition chimique	32
IV. Effet du séchage sur l'ingestibilité et la digestibilité	33
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	36
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	38
ANNEXE.....	43

Liste des figures

Figure 1. Variations saisonnières de la teneur en tanins des ligneux.....	8
Figure 2. Courbes de dessiccation des feuilles de quatre ligneux fourragers séchées au soleil ou à l'ombre	19
Figure 3. Courbes de dessiccation des feuilles de quatre ligneux fourragers séchées à l'ombre	20

Liste des tableaux

Tableau 1. Composition chimique (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers en fonction du mode de séchage.....	22
Tableau 2. Teneurs en matière sèche (%), en matière organique et en matières azotées totales (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers séchées au soleil et conservées pendant 3 mois	23
Tableau 3. Teneurs en matière sèche (%), en matière organique et en matières azotées totales (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers séchées à l'ombre et conservées pendant 3 mois ..	23
Tableau 4. Teneurs en parois totales (NDF), en ligno-cellulose (ADF) (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers séchés au soleil et conservées pendant trois mois	24
Tableau 5. Teneurs en parois totales (NDF), en ligno-cellulose (ADF) (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers séchées à l'ombre et conservées pendant trois mois	25
Tableau 6. Composition chimique (g/kg MS) des aliments distribués.....	26
Tableau 7. Taux de refus et ingestibilité des feuilles fraîches et sèches de <i>K. senegalensis</i> distribuées.....	26
Tableau 8. Comparaison des digestibilités (%) des feuilles vertes de <i>K. senegalensis</i> distribuées seules ad libitum et en quantité limitée.....	27
Tableau 9. Comparaison des digestibilités (%) des feuilles sèches de <i>K. senegalensis</i> distribuées seules ad libitum et en quantité limitée.....	27
Tableau 10. Influence du séchage sur la digestibilité (%) des feuilles de <i>K. senegalensis</i> distribuées seules <i>ad libitum</i>	27
Tableau 11. Comparaison des digestibilités (%) des feuilles vertes et sèches de <i>K. senegalensis</i> distribuées seules en quantité limitée	28
Tableau 12. Influence du séchage sur les digestibilités (%) des rations à base de feuilles de <i>K. senegalensis</i> distribuées en association avec du foin	28
Tableau 13. Comparaison de la digestibilité des différents constituants de rations à base de feuilles de <i>K. senegalensis</i> distribuées seules ou en association avec du foin	29

Liste des annexes

Photo 1. Pied de <i>K. senegalensis</i>	
Photo 2. Feuillage de <i>K. senegalensis</i>	
Photo 3. Pied de <i>M. inermis</i>	
Photo 5. Pieds de <i>F. albida</i>	
Photo 6. Feuillage de <i>F. albida</i>	
Photo 7. Pied de <i>B. aegyptiaca</i>	
Photo 8. Feuillage de <i>B. aegyptiaca</i>	
Photo 9. <i>M. inermis</i> ayant perdu une branche	
Photo 10. Pied de <i>M. inermis</i> mutilé	
Photo 11. Bois de <i>M. inermis</i> coupé	
Photo 12. Bois de <i>M. inermis</i> coupé	

Liste des abréviations

- ADF: acid detergent fiber
ADL: acid detergent lignin
dADF: digestibilité de la ligno-cellulose
dMA: digestibilité des matières azotées
dMO: digestibilité de la matière organique
dMS: digestibilité de la matière sèche
dNDF: digestibilité des parois totales
MAT: matières azotées totales
MM: matières minérales
MO: matière organique
MS: matière sèche
NDF: neutral detergent fiber
 $P^{0.75}$: poids métabolique
PV : poids vif
QMOVI : quantité de matière organique volontairement ingérée
QMSVI : quantité de matière sèche volontairement ingérée
SE : sans emballage directement au sol
SJ : sac en jute
SO : séchage à l'ombre
SOSel : séchage à l'ombre plus ajout de sel (salage)
SPT : sac en plastique tissé
SS : séchage au soleil

Remerciements

La réalisation de ce travail a pu se faire grâce au soutien de plusieurs personnes. Nous remercions tous ceux qui de loin ou de près ont contribué au bon déroulement de ce travail :

Au Pr Chantal Y. Kaboré-Zoungrana, directrice du LERNSE, qui a accepté diriger et suivre notre travail malgré ses nombreuses sollicitations et occupations ;

Au Pr Marie Claude Viguié-Martinez, conseillère technique (coopération française) à l'Université polytechnique de Bobo-dioulasso, qui a accepté présider mon jury de soutenance ;

Au Pr Abdoulaye Gouro, directeur du CIRDES, qui a accepté prendre part à mon jury de soutenance comme examinateur ;

Au Dr Toguyéni Aboubacar pour ses encouragements ;

A Mr Ladjé Sidibé pour son appui technique pour les analyses alimentaires au laboratoire de nutrition animale de Gampéla ;

A Mr Luc Lankoandé, responsable de la production animale et végétale à la station expérimentale de Gampéla, pour ses conseils et sa disponibilité ;

A Mr Lokré Simporé pour son appui dans la mise en place des essais ;

Au personnel de la station expérimentale de Gampéla pour leur disponibilité ;

A mon collègue et ami Jean de Dieu Yanra avec qui j'ai passé des moments difficiles et heureux à la station de Gampéla et pour sa franche collaboration ;

A notre jeune soeur Safoura Ouédraogo et à mes collègues Oumar Sirima, Ahmed Mohamadou Diallo pour leur collaboration ;

A mes amis Marc Yaméogo et Sadouanouan Malo pour leur soutien omniprésent et inconditionnel ;

A mes parents et à la famille Yaméogo (ma famille d'adoption) qui n'ont ménagé aucun effort pour m'accompagner dans cette entreprise ;

A tous ceux qui d'une manière ou d'une autre m'ont encouragé à faire le 3^e cycle.

Résumé

La production des denrées animales de premier choix telles que le lait ou la viande nécessite l'utilisation de fourrages de qualité. Dans les régions sahéliennes et soudaniennes, l'élevage est confronté à un problème d'alimentation en saison sèche entraînant une pression sur les ligneux fourragers. L'étude a pour but de mettre à la disposition des éleveurs des fourrages ligneux de bonne qualité en période de soudure pour améliorer la production animale et de promouvoir des stratégies de gestion durable de ces ressources. Les feuilles de quatre ligneux fourragers (*Khaya senegalensis*, *Mitragyna inermis*, *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca*) ont été soumises au séchage au soleil, à l'ombre et au salage. La vitesse de dessiccation a été variable selon l'espèce et le mode de séchage. La perte en eau des feuilles de ligneux a été plus rapide au départ qu'en fin de séchage. Les feuilles de *K. senegalensis* et *M. inermis* ont séchées plus vite au soleil qu'à l'ombre. Le point d'équilibre est atteint à la même période pour *F. albida* et *B. aegyptiaca* quel que soit les deux modes de séchages. Après 33 heures de séchage, les feuilles de *K. senegalensis*, *M. inermis*, *F. albida* et *B. aegyptiaca* ont des teneurs en eau respectives de 7,8 ; 22 ; 7,2 et 2,2 fois plus élevées pour le salage que le séchage à l'ombre. L'expression de la composition chimique de l'ensemble des fourrages ligneux en fonction le mode de séchage n'a pas montré de différence significative ($P < 0,05$) pour les constituants excepté pour la matière sèche. Les teneurs en MS des fourrages séchés sont plus élevées au soleil qu'avec les deux autres modes. Le mode de stockage (sol sans emballage, sacs en jute ou en plastique tissé) de ces fourrages ligneux n'a pas eu d'effet significatif ($P < 0,05$) sur leur composition chimique mais de légères modifications ont été notées. Les teneurs en matières azotées totales de ces fourrages ligneux sont au moins égales à 96 g/kg MS. Dans le cas des animaux alimentés à volonté, les quantités de matières sèches et de matière organique de feuilles de *K. senegalensis* ingérées ont été significativement ($P < 0,001$) plus importantes pour le fourrage sec (70,3 et 63,7 g MS/kg $P^{0,75}$) que pour le fourrage vert (64,7 et 58,7 g MS/kg $P^{0,75}$). Contrairement à l'ingestibilité, la digestibilité des rations à base de fourrage ligneux vert a été supérieure à celles de fourrage sec pour le fourrage ligneux distribué à volonté ou en quantité limitée. Le niveau d'alimentation a aussi influencé la digestibilité. Les valeurs de digestibilité des matières azotées ont été supérieures à 50 % pour toutes les rations. Le fourrage sec étudié a permis de couvrir dans une moindre mesure les besoins d'entretien des ruminants. Ces résultats autorisent leur utilisation sous forme sèche pour l'alimentation des ruminants.

Mots clés : *fourrages ligneux, dessiccation, conservation, composition chimique, ingestibilité, digestibilité*

Abstract

Title: Influence of mode of drying and storage on the nutritive value of some browse species

The production of the animal food products of first choice such as milk or the meat requires the use of fodder of quality. In the sahelian and soudanian regions, the livestock is confronted with a problem of feed in dry season involving a pressure on the browse species at this period. The aim of the study is to place at the disposal of the farmers browse forage of good quality in period of welding to improve the livestock production and to promote strategies of durable management of these resources. The leaves from four browse species (*Khaya senegalensis*, *Mitragyna inermis*, *Faidherbia albida* and *Balanites aegyptiaca*) were subjected to drying under the sun, the indoors and salting. The speed of desiccation was variable according to the species and the mode of drying. The water loss of the leaves was faster at the beginning than at the end of the drying. *K. senegalensis* and *M. inermis* dried more quickly under the sun than under the indoors. The point of balance is reached at the same period for *F. albida* and *B. aegyptiaca* whatever the two modes of dryings. After 33 hours of drying, the leaves from *K. senegalensis*, *M. inermis*, *F. albida* and *B. aegyptiaca* have respective water contents of 7.8, 22, 7.2 and 2.2 times higher for salting than drying in the shade. The expression of the chemical composition of the whole of browse forage in function the drying methods did not show a significant difference ($P < 0.05$) for the components except for the dry matter. The chemical contents of dry matters of dried trees leaves are higher with the sun than with the two other methods. The mode of storage (ground without packing, woven plastic bags or jute bags) of these dried trees leaves did not have a significant effect ($P < 0.05$) on their chemical composition but little modifications were noted. The nitrogen content of these browse forage are at least equal to 96 g/kg DM. In the case of the leaves from *K. senegalensis* offered *ad libitum* to sheeps, the quantities of dry matter and organic matter ingested were higher ($P < 0.001$) for the dried forage (70.3 and 63.7 g DM/kg $W^{0.75}$) than for fresh forage (64.7 and 58.7 g DM/kg $W^{0.75}$). Contrarily to the voluntary intake, the digestibility of the rations containing fresh forage was higher than those of drying forage distributed *ad libitum* or at maintenance level. The level of feed also influenced digestibility. The values of digestibility of the nitrogen content were higher than 50 % for all the rations. The dried tree leaves are allowed to the lesser extent the cover of needs for maintenance of the ruminants. The results obtained on browse forage authorize their use in dry form for the feed of the ruminants.

Key words: *browse forage, desiccation, conservation, chemical composition, feed intake, digestibility*

INTRODUCTION

Le développement de l'élevage en zones sahélienne et soudanienne est limité par l'alimentation, basée essentiellement sur l'utilisation des pâturages naturels. L'essentiel du disponible fourrager de saison sèche est constitué de pailles sur pied et de résidus de récolte céréaliers. Leurs teneurs moyennes en énergie, en azote et en minéraux ne permettent pas en théorie de couvrir les besoins d'entretien du cheptel (Koné et al., 1987 ; Bosma et Bicaba, 1997). Les résidus de récolte céréalière ont une teneur en protéine brute inférieure à la valeur minimale recommandée pour les besoins d'entretien (Malau-Aduli et al., 2003). Leurs utilisations nécessitent une complémentation adéquate en saison sèche (Fall et al., 1997 ; Malau-Aduli et al., 2003).

Les sous-produits agro-industriels ne sont pas disponibles en zone de production. Lorsqu'on les trouve, ils sont vendus à des prix hors de la portée des producteurs (Wiegand et al., 1996 ; Bosma et Bicaba, 1997).

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, époque durant laquelle ces espèces encore dotées d'un feuillage vert, produisent des repousses tendres ainsi que des fleurs et des fruits (Miranda, 1989). Les ligneux fourragers représentent respectivement environ 35, 70 et 90 % du régime alimentaire des bovins, des ovins et des caprins en saison sèche (Guérin et al., 1988). Les ligneux constituent ainsi un potentiel alimentaire disponible tout au long de l'année pour les ruminants, mais pas toujours accessible sans intervention humaine. Ils sont une ressource alimentaire riche en protéines, facteur limitant dans la production animale (Abdulrazzak et al., 2000 ; Melaku et al., 2005 ; Van et al., 2005).

Malgré la rareté des ressources fourragères au Sahel surtout en saison sèche, l'élevage demeure une activité pratiquée par la quasi-totalité des populations rurales. Le mode de conduite pratiqué jadis par les éleveurs a été perturbé récemment par plusieurs facteurs. Cette conduite était harmonieusement intégrée au rythme des cours d'eau. Ainsi, pendant la saison des pluies, l'inondation des vallées renvoyaient les troupeaux de bovins, ovins et caprins paître sur les zones non inondées et couvertes pendant cette période d'un abondant tapis herbacé de type graminéen. Au cours de la saison sèche, les troupeaux se déplaçaient vers les zones de décrues où ils trouvaient du fourrage vert, de l'eau dans les marigots et les cuvettes de décantation pendant encore plusieurs semaines. Sur les zones sèches, ils pouvaient trouver des repousses de graminées vivaces consécutives aux feux (Toutain, 1980).

Cependant, la pression démographique, l'urbanisation, la construction de barrages, les aménagements hydro-agricoles et d'autres facteurs divers ont profondément bouleversé le milieu

naturel et l'organisation socio-économique au Sahel. Les pâturages de décrues ont ainsi été sensiblement réduits par l'endiguement et l'affectation des surfaces disponibles à l'agriculture (Tourrand, 1993). Les couloirs traditionnels de transhumance et l'accès à l'abreuvement ont ainsi été significativement modifiés ou supprimés au niveau de la quasi-totalité des pays sahéliens. Les ressources ligneuses sont également sous forte pression d'utilisation pour des besoins humains croissants en bois de chauffage et de charbon de bois.

A cela s'ajoutent les périodes de sécheresse récurrentes qui sévissent dans cette zone et qui font fluctuer considérablement les ressources fourragères d'une année à l'autre ainsi que la valeur fourragère des parcours naturels (Boudet, 1989). L'évolution régressive de la pluviométrie dans les écosystèmes soudano-sahéliens accroît le rôle de l'arbre qui devient de plus en plus une composante majeure du milieu (Fall et al., 2000).

Face à ces mutations dans la région, on assiste à une marginalisation progressive de l'élevage. L'activité pastorale doit par conséquent trouver des nouvelles stratégies d'adaptation pour être productive.

L'étude a pour objectif global, la mise à la disposition des éleveurs, des fourrages ligneux de bonne qualité en période de soudure pour améliorer la production animale et promouvoir des stratégies de gestion durable de ces ressources.

Notre travail vise les objectifs spécifiques suivants :

- (i) identifier des modes de traitement et de conservation appropriés des feuilles de ligneux afin de préserver la qualité du fourrage à long terme ;
- (ii) évaluer l'effet des différents modes de traitement, de conditionnement et de durée de stockage sur la composition chimique de ces fourrages ligneux ;
- (iii) évaluer l'effet de la conservation (fanage) sur la valeur nutritive (ingestibilité et digestibilité) des feuilles de *Khaya senegalensis*.

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. PRODUCTION PRIMAIRE DES FOURRAGES LIGNEUX

La plupart des études menées sur les pâturages tropicaux se contentent, pour caractériser l'apport fourrager des ligneux, d'en dresser la liste floristique. L'importance de la contribution des ligneux dans l'alimentation des ruminants n'est plus à démontrer. Il paraît donc indispensable d'évaluer leur production de biomasse et les facteurs qui la déterminent pour une bonne gestion de cette ressource. Dans le cas où une distribution à l'auge est envisagée pour l'alimentation des animaux, cette estimation est nécessaire même si la totalité de la biomasse produite ne sera pas utilisée. L'évaluation de cette biomasse fait appel à des méthodes de mesures directes et indirectes.

1.1. Méthodes de mesures

Les différentes méthodes de mesures s'appuient sur des indicateurs fidèles de la quantité du fourrage qu'on peut tirer des arbres.

La mesure directe par abattage des ligneux est une méthode de base utilisée dans la détermination de la biomasse ligneuse ou pour l'étalonnage des méthodes indirectes (Bille, 1980 ; Cissé, 1980a ; Hiernaux, 1980 ; Kagoné et al., 2005). Elle consiste, après abattage des arbres, à séparer les feuilles, les fleurs, les fruits et les tiges puis à les peser. La méthode est précise mais destructrice et fastidieuse. Il est donc préférable que son utilisation soit limitée.

L'estimation de la croissance de la biomasse foliaire est permise par la méthode basée sur les échanges d'oxygène et de gaz carbonique. La méthode des bilans hydriques aussi bien que la précédente utilise des techniques sophistiquées rendant impossible leur application à grande échelle en milieu tropical dans les conditions naturelles (Fall, 1993).

La télédétection (photographie aérienne, imageries satellitaires) est largement utilisée aujourd'hui pour caractériser l'état du couvert végétal. Quelle que soit la technique utilisée, les évaluations de densité de peuplement, les biomasses individuelles par espèce sur le terrain sont indispensables pour servir de référence aux interprétations de photographies aériennes ou d'imageries satellitaires.

Les méthodes indirectes permettent d'avoir des résultats plus rapidement et de préserver l'environnement. Ces méthodes consistent à établir des relations entre la biomasse et certains paramètres physiques des arbres (Cissé, 1980a ; Hiernaux, 1980 ; Pellew, 1980 ; Kagoné et al., 2005 ; Ouédraogo et al., 2005 ; Soulé, 2005). Cissé (1980a) a trouvé une corrélation positive et très significative entre la production foliaire et la circonférence du tronc, la hauteur de l'arbre et la surface de la couronne. Ces équations varient en fonction de l'espèce végétale et ne peuvent pas s'appliquer à toutes les situations.

1.2. Biomasse ligneuse

Les travaux sur la production de biomasse ligneuse ne sont pas nombreux en partie à cause de la difficulté à utiliser les méthodes de mesure. La biomasse des fourrages ligneux a des valeurs variables dans la littérature. Pellew (1980) a trouvé sur 4 types de forêts, des biomasses par hectare des fourrages ligneux disponibles variant de 22,8 à 1440,6 kg MS. La production annuelle totale des ligneux fourragers du Ranch de Niono au Mali a été estimée à 10 092 t MS (Hiernaux, 1980). L'estimation de la biomasse maximale des feuilles et de jeunes rameaux de *Combretum aculeatum*, *Cadaba farinosa* et *feretia apodanthera* a donné respectivement 655, 183 et 334 g MS/souche (Cissé, 1980b). La production moyenne de la biomasse foliaire de *Azelia africana* dans le parc national Kaboré Tambi au Burkina Faso a été évaluée à 10,5 kg MS par hectare (Kagoné et al., 2005). Une biomasse foliaire moyenne d'environ 4 t MS/ha et par an a été obtenue pour *K. senegalensis* en zone sud soudanienne (Ouédraogo et al., 2005). En zone nord soudanienne, une production de gousses de *P. reticulatum* variant de 863 à 944 kg/ha a été observée (Sanou et al., 2005). Par contre Ouédraogo (2006) a trouvé une production de gousses plus faibles pour la même espèce (364 à 535 kg/ha) sur le même site et une biomasse d'environ 744 kg/ha pour les gousses de *P. thonningii* dans une autre localité.

Seule une faible partie de la biomasse ligneuse disponible est accessible aux animaux domestiques. L'accessibilité des fourrages ligneux pour de nombreuses espèces d'ongulés domestiques ou sauvages dépend de leur répartition verticale. La biomasse fourragère au-dessus de 2 m de hauteur est hors de portée des animaux domestiques, sauf des chameaux (Pellew, 1980). L'auteur souligne que même le chameau ne peut utiliser que 70 % de la ressource alimentaire de la girafe qui peut, elle, atteindre le feuillage à 5,75 m. Breman et De Ridder (1991) évaluent la biomasse ligneuse accessible à 35 % pour de la phytomasse arbustive totale en Afrique subsaharienne.

1.3. Facteurs de variation

La biomasse ligneuse est sous l'influence de plusieurs facteurs parmi lesquels nous avons l'espèce, le stade de développement, le milieu, le mode d'exploitation et la hauteur de coupe.

Les caractéristiques morphologiques de l'espèce arbustive et sa capacité d'adaptation au milieu influent largement sur sa production (Fall, 1993).

Le stade de développement de l'arbre a un effet sur sa phytomasse. La pleine feuillaison ou la pleine fructification des arbres qui sont des périodes de production maximale de biomasse semblent plus favorables à la récolte du matériel végétal (Cissé, 1980b ; Pellew, 1980).

L'influence du milieu sur la biomasse arbustive semble la plus importante. La nature, la texture du sol, la température et la topographie favorisent ou empêchent la production optimale. Les conditions climatiques déterminent des variations intra-population d'un site, d'une saison et d'une année à l'autre.

Le mode et le rythme d'exploitation des arbres modifient la biomasse ligneuse. L'effeuillage simulant le broutage par des animaux peut avoir sur la production foliaire de l'année en cours soit un effet dépressif, soit un effet stimulant (Cissé, 1980b). Dans un cas, comme dans l'autre, on enregistre une baisse de la production en fonction du mode d'effeuillage et pour un même rythme, l'effeuillage partiel est plus productif que l'effeuillage total. La date d'émondage en relation avec la phénologie influence la biomasse des ligneux. La période favorable d'effeuillage se situe dans la phase ascendante de croissance où les repousses sont les plus fortes (Cissé, 1980b). Le prélèvement par l'animal sur parcours naturels paraît mieux protéger l'environnement que l'émondage (Fall, 1993).

La hauteur de coupe influence la biomasse arbustive. Les hauteurs de coupe permises sont variables en fonction des espèces végétales. Le diamètre du houppier a varié en fonction de l'interaction espèce-niveau de coupe lors d'essais réalisés par Fall et al. (2000).

La production de biomasse des ligneux fourragers a varié sous l'influence de plusieurs facteurs. La valeur nutritive de cette biomasse dépend également d'un certain nombre de facteurs.

II. VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA VALEUR NUTRITIVE DES FOURRAGES LIGNEUX

La composition chimique des aliments conditionne pour une large part leurs ingestibilité et digestibilité, lesquelles sont d'importants facteurs de la valeur nutritive (Kaboré-Zoungrana, 1995). La valeur nutritive des fourrages ligneux est caractérisée par de fortes variations dans la littérature. Ces variations peuvent être fonction de l'espèce, l'organe, l'âge, le stade phénologique, la saison, le site et la situation géographique. Parmi ces facteurs de variation, on s'intéressera à l'effet de la saison sur la valeur nutritive pour les besoins d'une exploitation des ligneux en vue de la conservation du fourrage.

Kaboré-Zoungrana (1995) a trouvé que l'effet de la saison est plus marqué sur les teneurs en MS, surtout entre la saison des pluies (SP) et la saison sèche froide (SSF). La saison a eu une influence sur la MO de 5 espèces sur 7 étudiées à Butana dans le Centre du Soudan (Elsced et al., 2002).

Les différents auteurs (Colomer et Passera, 1990 ; Barnes et al., 1991) s'accordent le plus sur l'évolution des teneurs en MAT des ligneux. L'effet saison est retrouvé pour les MAT (Borens et Poppi, 1990 ; Barnes et al., 1991 ; Fall, 1993). Des teneurs significativement élevées en MAT ont été observées pour les feuilles de *B. aegyptiaca*, *C. aculeatum* et *Acacia macrostachya* en SP (Kaboré-Zoungana, 1995). Par contre l'effet saison n'a pas été significatif pour les feuilles de *Ziziphus mauritiana* et d'*Acacia seyal*. Pour cette dernière espèce, ainsi que pour d'autres espèces, les teneurs en MAT ont été plus élevées en début de saison sèche qu'en fin de saison sèche (Elseed et al., 2002). Pour les feuilles de *Faidherbia albida* et d'*Adansonia digitata*, le début de la saison sèche correspond également aux plus fortes teneurs en MAT et en phosphore et à la plus faible concentration en ADF (Fall et al., 2000). En plus des teneurs en ADF, de faibles teneurs en NDF ont été enregistrées en début de saison sèche (Elseed et al., 2002). En revanche, les teneurs en ADF sont en hausse significative pendant la SP pour *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* et en ADL pour la seconde espèce par rapport à la SSF et à la saison sèche chaude (Kaboré-Zoungana, 1995).

La saison a eu un effet significatif sur les éléments minéraux tels que le Ca, le P, le Mg et le K des espèces ligneuses (Elseed et al., 2002). Par contre, seulement 3 espèces ont connu une variation significative pour le Na. Des évolutions importantes en Ca et P ont été observées pour *B. aegyptiaca* (Kaboré-Zoungana, 1995).

Les teneurs en éléments antinutritionnels comme les tannins condensés varient en fonction de la saison. Fall et al. (2000) ont enregistré des concentrations en tannins condensés élevées dans l'ensemble en saison sèche par rapport à la saison des pluies (figure 1). En revanche, des teneurs faibles en début de saison sèche excepté pour *B. aegyptiaca* ont été rapportées (Elseed et al., 2002). Les deux auteurs ont observé, en début de saison sèche, des teneurs globalement inférieures au seuil critique de 5 %.

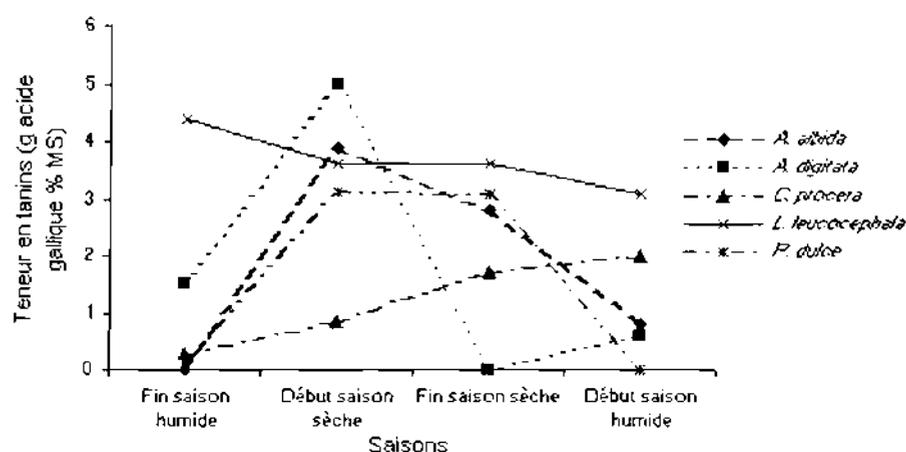


Figure 1: Variations saisonnières de la teneur en tanins des ligneux (Source : Fall et al., 2000)

La digestibilité des fourrages ligneux peut évoluer également sous l'influence de la saison de récolte. La dMS et la dMO de *B. aegyptiaca* et *F. albida* varient peu au cours du cycle de sorte que, pour ces espèces, aucune différence significative n'apparaît lorsque ces digestibilités sont exprimées en fonction du stade phénologique ou de la saison (Kaboré-Zoungrana, 1995). Par contre l'auteur enregistre un effet de la saison sur la dMS et dMO de *Z. mauritiana*. L'effet de la saison de récolte sur la dégradabilité de MO et de l'azote, la dMO *in vitro* et l'énergie métabolisable estimée (EME) ont été testés (Elseed et al., 2002). Ces auteurs ont rapporté que la dégradabilité de la MO des fourrages ligneux récoltés en début de saison sèche était plus élevée que ceux de fin de saison sèche. L'effet de la saison sur la dégradabilité de l'azote est masqué pour les feuilles de *Acacia tortilis* et de *A. ehrenbergiana*. La dMO *in vitro* et l'EME n'ont pas eu d'influence significative sur les feuilles de *B. aegyptiaca*.

La saison des pluies serait la période idéale de récolte des fourrages ligneux s'il ne se posait pas le problème de séchage et conservation du fourrage à cause des pluies et de l'humidité ambiante. De ce fait, le début de la saison sèche semble être la meilleure période pour la récolte du fourrage ligneux de bonne qualité au moment où il est encore riche en nutriments tels que les MAT.

La complémentation des rations par les ligneux fourragers sur les performances animales a été étudiée au vu de leur valeur nutritive.

III. ÉVOLUTIONS PONDÉRALES CONSÉCUTIVES A L'UTILISATION DES LIGNEUX FOURRAGERS

L'évolution pondérale des animaux qui résulte de l'ingestion des ligneux distribués seuls est fonction de l'espèce et des quantités ingérées. Elle peut aller d'une perte de poids considérable à un gain moyen quotidien (GMQ) positif (Bernard et al., 1992 ; Anugwa, 1990 cités par Kaboré-Zoungrana, 1995). Dans d'autres situations, la distribution n'a servi qu'à couvrir les besoins d'entretien des animaux (Colomer et Passera, 1990). Les ligneux contiennent des tannins qui ont un effet dépressif sur la digestibilité de ces derniers. L'effet bénéfique sur les performances de l'association de ligneux à une ration de base d'herbacées ou à d'autres aliments dépourvus de tanins a été observé et exploité par beaucoup d'auteurs.

Des tests d'embouche ovine réalisés dans la région Nord du Burkina Faso ont donné des gains de poids intéressants pour des rations composées de ligneux fourragers, un concentré et de la paille de graminée (Tiendrebéogo, 1993). L'auteur a obtenu un GMQ de 103,7 g pour les moutons alimentés avec des gousses d'*A. albida* (39 %MS dans la ration), du son de blé cubé et de la paille de *Schoenefeldia gracilis* et un GMQ de 88,9 g avec la ration contenant des feuilles de *Pterocarpus erinaceus* (44 % MS dans la ration).

L'incorporation de fruits de *F. albida* (21 % MS) dans la ration, lors d'essais alimentaires réalisés sur des taurillons zébus gobra, a permis une évolution pondérale croissante durant tout l'essai pour l'ensemble des 3 lots étudiés même si on a noté de faibles croissances en période d'adaptation. Le gain moyen quotidien a été de 1100, 615 et 173 g respectivement pour les lots 1, 2 et 3 (Fall et al, 1997). L'évolution pondérale observée a été différente d'un lot à un autre, ce qui illustre un effet exploitation hautement significatif ($P < 0.01$). Les pratiques d'élevage et la gestion des exploitations ont eu une influence décisive sur leurs performances (Fall et al, 1997).

Avec une ration constituée de 30 % de feuilles de *C. aculeatum* associé à la paille de sorgho, des gains de poids de 530 et 288 g ont été enregistrés respectivement pour les ovins et les caprins au bout de 2 semaines (Bosma et Bicaba, 1997). L'association de *Balanites aegyptiaca* (60 % de la ration) à du foin de *Pennisetum pedicellatum* a permis d'obtenir des GMQ positifs de 116 g chez les moutons (Kaboré-Zoungana, 1995).

Le GMQ est associé à une augmentation de la quantité de matières azotées totales ingérées des rations. C'est la teneur en MAT du fourrage qui influe beaucoup plus que la digestibilité sur les gains de poids vifs (Prattchet, 1977).

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I. ZONE D'ÉTUDE

1.1. Localisation

Cette étude a été conduite en région nord-soudanienne du Burkina Faso, à la station expérimentale de Gampéla, qui est située à une vingtaine de kilomètre à l'Est de Ouagadougou. La station est comprise entre 12°25' de latitude Nord et 1°21' de longitude Ouest. Elle couvre une superficie de 490 hectares.

1.2. Climat, végétation et hydrographie

La zone d'étude appartient au climat soudanien. Le climat se caractérise par une saison sèche alternant avec une saison des pluies.

La saison des pluies est relativement courte et dure 4 à 5 mois. La saison sèche chaude dure 6 à 7 mois et se subdivise en deux périodes :

- une saison sèche froide qui s'étend d'octobre à février;
- une saison sèche chaude qui débute en mars et se poursuit jusqu'à l'arrivée des pluies.

Les facteurs climatiques et édaphiques déterminent en premier ressort la quantité et la qualité du fourrage produit.

La pluviométrie annuelle de la station de Gampéla en 2005 s'élevait à 827 mm d'eau tombée. Les mois le plus arrosés sont juillet et août. La température moyenne des dix dernières années était de 35,4 °C. La végétation est dans son ensemble constituée de savanes arbustives et arborées.

La station expérimentale de Gampéla est limitée à l'Est par un cours d'eau : le Massili. Au Sud, un de ses affluents traverse la station. Cet ensemble fluvio-alluvial comporte une cuvette de décantation formant pendant la saison des pluies une véritable mare qui s'assèche pendant la saison sèche.

II. LIGNEUX FOURRAGERS ÉTUDIÉS

Les espèces ligneuses ont été choisies pour leur intérêt fourrager et leur feuillage encore vert à cette période de l'année. Quatre espèces ligneuses ont fait l'objet de cette étude. Ce sont *Khaya senegalensis* (*kouka en mooré*), *Mitragyna inermis* (*ylga en mooré*), *Faidherbia albida* (*zaanga en mooré*) et *Balanites aegyptiaca* (*tcheglga en mooré*).

Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss., appelé communément caïlcédrat, appartient à la famille des Meliaceae. C'est un grand arbre commun à toute la zone soudanienne qu'il caractérise. Il est fréquemment planté ou protégé dans les villages et au bord des routes comme

arbre d'ombrage et d'alignement. Il fournit un excellent bois d'œuvre (Toutain, 1980). L'écorce de *K. senegalensis* est utilisée dans le traitement des certaines maladies humaines (Fall et al., 1999) et des pathologies animales en luttant par exemple contre l'activité des helminthes dans les voies gastro-intestinales (Ademola et al., 2004). Dans beaucoup de zones soudaniennes (Mali, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Nigéria entre autres), l'arbre est exploité pour l'alimentation du bétail en saison sèche (Le Houérou, 1980a ; Ouédraogo et al., 2000). En effet, dans notre zone d'étude et à cette même période, les individus sont ébranchés ou écimés par les éleveurs peulhs pour nourrir leur bétail.

Mitragyna inermis (Willd.) O. Ktze est classé dans la famille des Rubiaceae. Ce petit arbre se trouve en région sahélienne et soudanienne exclusivement dans les bas-fonds temporairement inondés. Les pieds de *M. inermis* sont ébranchés par les populations de la localité et vendus comme bois de chauffe. Il est considéré comme une espèce ligneuse secondaire (Le Houérou (1980a ; Toutain, 1980). Les feuilles et les jeunes rameaux sont consommés par les petits ruminants dans les régions sèches en saison sèche et rarement par les bovins.

Faidherbia albida (Del) A. Chev. de la famille des Mimosaceae, est un grand arbre typique des espèces fourragères ligneuses de la zone soudanienne, plus spécialement du secteur nord-soudanien. Il est tout à fait représentatif d'un système agropastoral soudanien. Contrairement à la plupart des espèces caducifoliées, il perd son feuillage à la saison des pluies et le maintient pendant toute la saison sèche. Il crée un micro-climat favorable aux cultures grâce à son cycle inversé, enrichit le sol par sa litière. Sur le plan pastoral, c'est un excellent fourrage comme l'ont montré de nombreux auteurs (Fall 1993 ; Kaboré-Zoungrana 1995 ; Wiegand et al., 1996 ; Fall et al., 1997). Les fruits sont l'objet d'un commerce dans les pays sahéliens et soudaniens (Fall et al., 1997 ; Le Houérou, 1980a) pour l'alimentation des animaux domestiques.

Balanites aegyptiaca (L.) Del. appartient à la famille des Zygophyllaceae. C'est un arbre et arbuste caractéristique du Sahel. Il est parfois fréquent en zone nord-soudanienne en situation d'aridité mais ne pénètre pas jusqu'aux savanes arborées (Le Houérou, 1980a ; Toutain, 1980). Au Sahel, les feuilles et les fruits sont également utilisés dans l'alimentation humaine en saison sèche et pendant les périodes de soudure (Cook et al., 1998 ; Lockett et al., 2000). Il a aussi un intérêt médicinal chez les populations rurales (Kamel et Koskinen, 1995 ; Lockett et al., 2000 ; Sarker et al., 2000). Son intérêt fourrager est considérable en raison de la qualité fourragère de ses feuilles, de la persistance de son feuillage et de sa résistance aux ébranchages et aux coupes (Dicko, 1980 ; Toutain, 1980 ; Kaboré-Zoungrana 1995).

III. MODES DE SÉCHAGE ET VITESSE DE DESSICCATION

Le but de toute méthode de conservation des fourrages est de transformer, le plus rapidement et avec le moins de pertes possible, l'état instable du fourrage vert qu'on vient de faucher en un état stable permettant une conservation prolongée sans dégradation supplémentaire (Demarquilly, 1987).

La récolte du fourrage a été effectuée aux mois de février et de mars (saison sèche chaude) dans le village de Gampéla et à l'intérieur de la station. Les fourrages ligneux ont été récoltés frais et séchés immédiatement. Des branches des ligneux étudiés sont coupées, et ensuite les feuilles fraîches sont arrachées une à une.

Trois modes de traitement ont été testés sur les fourrages. Ce sont :

- le séchage au soleil ;
- le séchage à l'ombre ;
- le salage.

Le séchage au soleil dépend des rayons solaires, de la température et du vent alors que celui à l'ombre est soumis aux deux derniers paramètres climatiques. Pour chaque mode de traitement, les quantités de feuilles fraîches utilisées étaient de 2000 g de poids frais. Les feuilles soumises au séchage au soleil ou à l'ombre étaient retournées au minimum trois fois par jour. La technique de salage adoptée a consisté à utiliser 5g de sel pour 100g de fourrage vert. Dans le cas du salage, le séchage a été fait à l'ombre sans retournement des feuilles.

La vitesse de dessiccation des feuilles fraîches a été estimée au cours des différents modes de traitement. Des mesures périodiques des quantités de feuilles soumises aux différents traitements ont été effectuées chaque jour : matin, midi et soir. Le premier jour, les mesures ont été faites toutes les 3 heures pendant 9 heures. Les teneurs en eau sont exprimées en pourcentage de matière fraîche. Les fourrages ligneux sont séchés jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Des échantillons ont été prélevés à différentes étapes : après la récolte, après le séchage pour des analyses chimiques au laboratoire.

IV. MODES DE STOCKAGE ET DURÉE DE CONSERVATION

Les fourrages des différentes espèces ont fait l'objet de conservation après le séchage. Ainsi, trois modes de stockages ont été comparés :

- le stockage directement au sol sans emballage ;
- le stockage dans des sacs en jute (fibres végétales tissées) ;
- le stockage dans des sacs plastiques tissés (perméables).

Les fourrages séchés ont été conservés dans un lieu sec et aéré. Dans le cadre de cette étude, la conservation du fourrage a duré trois mois après séchage.

V. ANALYSES CHIMIQUES

Les échantillons prélevés sont homogénéisés et analysés au laboratoire de nutrition animale de Gampéla. Les analyses chimiques suivantes ont été effectuées : matière sèche (MS) à l'étude à 105 °C pendant 24 h ; cendres totales (MM) par calcination de la matière sèche à 550°C ; matières azotées totales (MAT) correspondent à l'azote selon Kjeldahl ($N \times 6,25$) ; constituants pariétaux, NDF (*neutral detergent fiber*), ADF (*acid detergent fiber*) dosé directement sur l'échantillon et ADL (*acid detergent lignin*) sulfurique déterminé à partir de l'ADF.

VI. INGESTIBILITÉ ET DIGESTIBILITÉ

4.1. Fourrage

Les feuilles de *Khaya senegalensis* étaient récoltées frais chaque matin dans le milieu naturel tout au long de l'expérience (mars à avril en saison sèche chaude). Une partie du fourrage était distribuée frais et l'autre préfanée au soleil, puis séchée à l'ombre avec plusieurs retournements sous un hangar, avant distribution. Le fourrage ligneux a constitué l'aliment de base des différentes rations.

4.2. Animaux

Le fourrage a été distribué à des moutons adultes mâles castrés de race Djallonké et d'un poids vif moyen de $22,49 \pm 3,22$ kg. Les animaux ont été déparasités à l'Albendazole et ont reçu une injection d'Oxytétracycline 20 % longue action (LA) en intramusculaire avant le début de l'expérience. Pour chaque mesure d'ingestibilité et de digestibilité, un lot homogène de cinq moutons a été constitué sur la base du poids vif. Les animaux ont disposé à volonté d'eau de boisson et de pierre à lécher. Ces moutons ont été maintenus en cages à métabolisme individuelles, ce qui a permis la mesure exacte des quantités d'aliments offertes et refusées ainsi que des quantités de fécès excrétées.

4.3. Mesure de l'ingestibilité

Pour la mesure de l'ingestibilité, les feuilles de *Khaya senegalensis* ont été distribuées *ad libitum* (IV) à deux lots de moutons. Le premier lot a reçu du fourrage vert et le second lot du

fourrage sec. Le taux de refus retenu était compris entre 15 et 25 % de la quantité distribuée. Un échantillon représentatif des aliments distribués et refusés était prélevé chaque jour pour analyses. Les quantités ingérées ont été exprimées en fonction du poids métabolique (g MS/kg P^{0.75}) et en pourcentage du poids vif des animaux (Van soest, 1982).

4.4. Mesure de la digestibilité *in vivo*

La technique classique des bilans *in vivo* a été utilisée pour mesurer la digestibilité des rations à base de feuilles de *Khaya senegalensis*.

La digestibilité *in vivo* a été mesurée pour des animaux alimentés en quantité limitée (IL) et ceux soumis à une ingestion volontaire. La période de collecte des fécès de 7 jours a été précédée par une période d'adaptation de 15 jours. Un échantillon représentatif des fécès, de l'aliment distribué et du refusé était prélevé quotidiennement pour être analysé.

Dans le cas de la distribution en quantité (IL), Les fourrages ligneux ont été distribués soit seuls ou en association avec du foin de *Pennisetum pedicellatum* dans les proportions 70/30. Les rations sont distribuées en quantité limitée, au voisinage de la couverture des besoins d'entretien à savoir, 50g de MS/kg P^{0.75}. Les animaux reçoivent 2 repas par jour au cours desquels le ligneux (plus rapidement ingéré) est distribué en premier.

La digestibilité de la ration (dR) est calculée par différence à partir de la mesure de la quantité ingérée (QI) et celle excrétée (QE).

$$dR = \frac{QI - QE}{QI} \times 100$$

Les digestibilités des différents constituants : MS, MO, MAT, NDF et ADF sont déterminées pour chaque animal.

Cette partie du travail a permis d'examiner l'effet du séchage (ou mode de présentation) sur l'ingestibilité et la digestibilité des feuilles de *K. senegalensis*.

VII. ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats obtenus ont été analysés au moyen du logiciel de traitement de données MINITAB 14. L'analyse de variance (ANOVA) a permis de mettre en évidence les différences entre les valeurs de compositions chimiques et de digestibilités. Les corrélations entre les différents variables ont été établies par l'analyse de régression.

RÉSULTATS

I. VITESSE DE DESSICCATION DES FOURRAGES LIGNEUX

1.1. Comparaison des vitesses de dessiccation des fourrages séchés au soleil et à l'ombre

Les différentes courbes de dessiccation (figures 2) montrent que la perte en eau des feuilles des ligneux fourragers est plus rapide au départ du séchage et diminue avec le temps. Après 9 h de séchage, l'évolution de la teneur en eau est plus corrélée linéairement à l'ombre ($r^2 = 0,99$ en moyenne) qu'au soleil ($r^2 = 0,97$ en moyenne) pour toutes les espèces étudiées. A cette période, les feuilles de *Khaya senegalensis*, *Mitragyna inermis*, *Faidherbia albida* et *Balanites aegyptiaca* ont des teneurs en eau respectivement inférieures de 3,8 ; 2,4 ; 2,9 et 2,9 fois plus au soleil qu'à l'ombre.

Entre la 9e et la 23e heure de séchage, la perte en eau des feuilles soumises au séchage à l'ombre s'est faite plus rapidement que pendant les neuf premières heures.

La teneur en eau a atteint son point d'équilibre après 33 et 52 heures de séchage respectivement au soleil et à l'ombre soit 6,8 et 6,6 % d'eau pour les feuilles de *K. senegalensis*. Après un temps de séchage de 57 heures respectivement au soleil et à l'ombre, les teneurs en eau à l'équilibre ont été atteintes avec des valeurs de 7,2 et 7,3 % d'eau pour les feuilles de *M. inermis*. Les feuilles de *F. albida* ont atteint leur teneur à l'équilibre 57 heures après séchage au soleil et à l'ombre avec des teneurs en eau respectives de 7,2 et 8 % d'eau. Pour les feuilles de *B. aegyptiaca*, les teneurs en eau à l'équilibre ont été atteintes après 57 heures de séchage avec des valeurs de 8,5 et 8,7 % d'eau respectivement pour le séchage au soleil et à l'ombre.

L'hygrométrie de la nuit entraîne une augmentation de la teneur en eau des feuilles qui est détectée tous les matins lors des pesées.

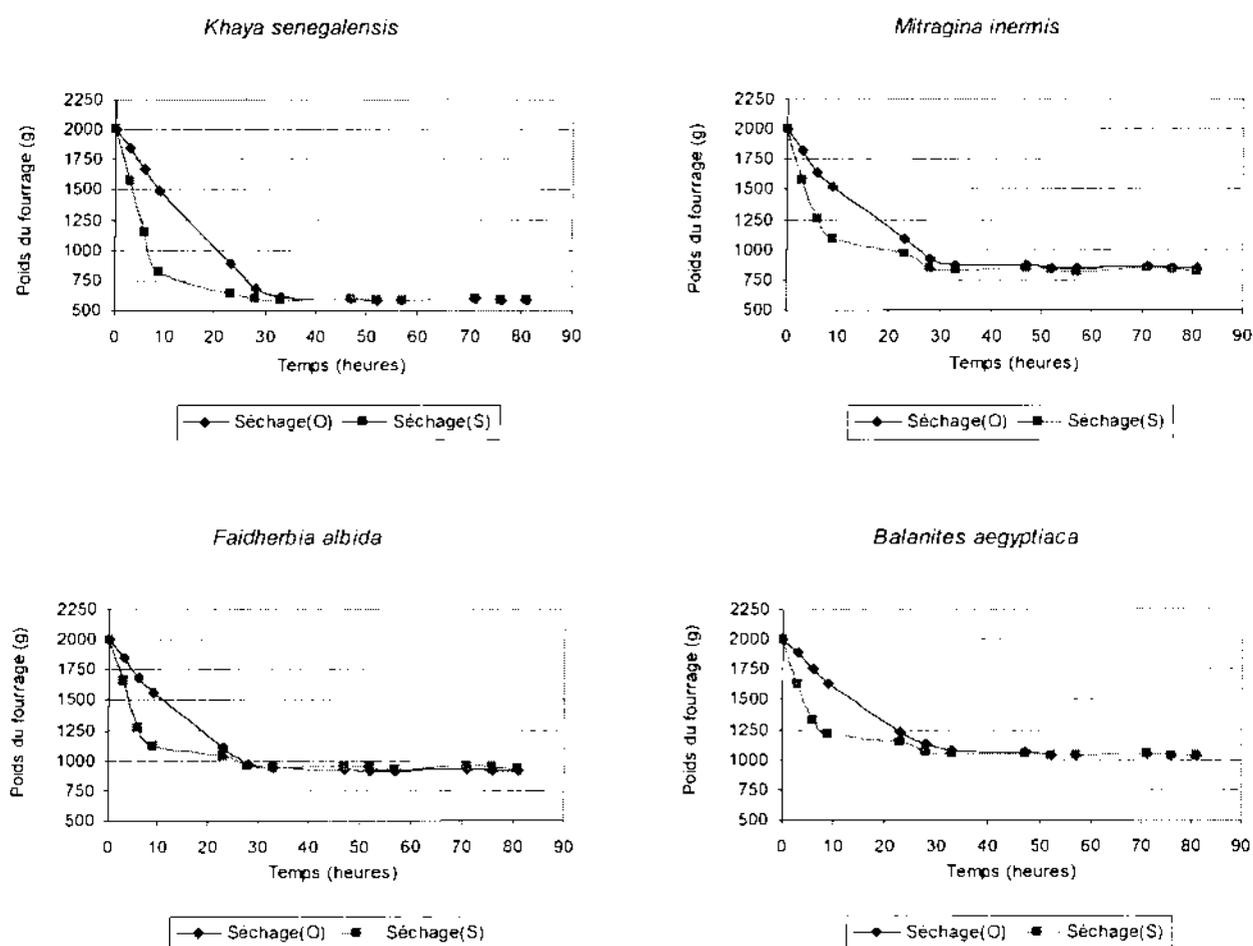


Figure 2. Courbes de dessiccation des feuilles de quatre ligneux fourragers séchées au soleil ou à l'ombre MF : matière fraîche ; O : ombre ; S : soleil

1.2. Influence du salage sur la vitesse de dessiccation des fourrages séchés à l'ombre

Cette expérience a été menée avec les fourrages ligneux récoltés au mois de mars pour évaluer l'influence du salage sur la vitesse de dessiccation du fourrage.

L'évolution des teneurs en eau des feuilles des ligneux fourragers en fonction du temps indique une perte en eau plus rapide en début qu'en fin de séchage (figures 3) comme nous l'avons vu précédemment. Les courbes de dessiccation des feuilles évoluent presque de la même manière mais la perte en eau est plus lente dans le cas du salage. La différence de perte en eau entre les deux types de séchage est moindre le premier jour par rapport au 2^e jour. Après 33 heures de séchage, les feuilles de *K. senegalensis*, *M. inermis*, *F. albida* et *B. aegyptiaca* ont des teneurs en eau respectives de 7,8 ; 22 ; 7,2 et 2,2 fois plus élevées pour le salage que le séchage à l'ombre sans sel.

Le fourrage de *K. senegalensis* a atteint sa teneur en eau à l'équilibre après 57 heures de séchage à l'ombre et 100 heures pour le salage soit des teneurs respectives de 5,3 et 7,5 % d'eau. Avec des teneurs respectives de 6,1 et 9,1 % d'eau, les feuilles de *M. inermis* séchées à l'ombre

sans sel ont atteint leurs teneurs en eau à l'équilibre après 81 heures de séchage à l'ombre alors que dans le cas du salage il a fallu attendre 96 heures encore. Après 81 heures de séchage à l'ombre, la teneur en eau des feuilles de *F. albida* a atteint l'équilibre avec 5,5 % d'eau tandis que pour le salage, cela est intervenu 153 heures après avec une teneur de 9,9 % d'eau. Les teneurs en eau à l'équilibre du fourrage de *B. aegyptiaca* séché sont obtenues après 81 heures de séchage à l'ombre et 153 heures pour le salage soient des teneurs respectives de 6,3 et 9,2 % d'eau.

Le temps de séchage à l'ombre du fourrage salé est plus long que celui à l'ombre sans ajout de sel.

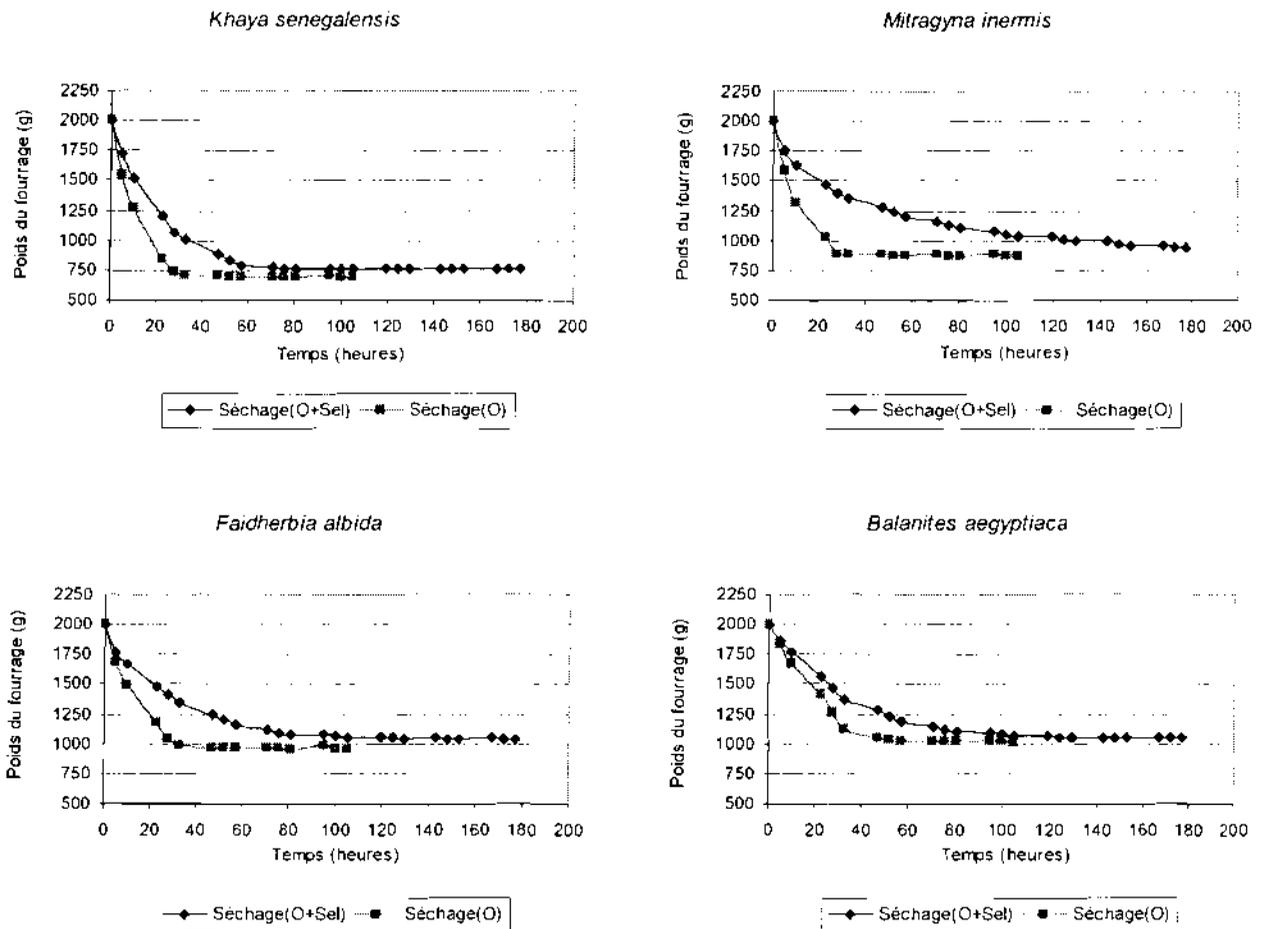


Figure 3. Courbes de dessiccation des feuilles de quatre ligneux fourragers séchées à l'ombre MF : matière fraîche ; O : ombre ; O+Sel : ombre plus sel (salage)

II. INFLUENCE DU MODE DE SÉCHAGE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES LIGNEUX

L'analyse de l'ensemble des fourrages ligneux selon le mode de séchage n'a pas montré de différence significative ($P < 0,05$) pour les différents constituants chimiques excepté pour la matière sèche. Les teneurs en MS des fourrages séchés sont plus élevées au soleil qu'à l'ombre. Le salage a conduit à des teneurs plus faibles que les deux précédents modes de séchage.

Des modifications ont été néanmoins notées par espèce pour les différents éléments chimiques (tableau 1). Les teneurs en MM des feuilles fraîches sont supérieures à celles séchées au soleil ou à l'ombre pour *F. albida* et *B. aegyptiaca* avec des variations moyennes respectives de 13,2 et 17,3 %. Entre les séchages au soleil et à l'ombre, les teneurs en MM des feuilles de *K. senegalensis* et *M. inermis* ont augmenté de 4,3 et 10,6 % pendant que celles de *F. albida* et *B. aegyptiaca* ont baissé de 2,5 et 1,9 %. Les cendres des feuilles de toutes les espèces ont augmenté avec le salage mais de façon un peu plus importante (50 g/kg MS) pour *M. inermis* et *F. albida* soit des variations des variations respectives de 78,4 et 45,8 %.

D'une manière générale, les teneurs en MAT ont été au moins égales à 100 g/kg MS pour les feuilles de toutes les espèces quel que soit l'espèce et le mode de séchage. Pour chaque espèce, les fourrages secs issus du séchage au soleil et à l'ombre ont des teneurs en MAT proches ou égales. Mais ces teneurs sont légèrement supérieures à celles des feuilles sèches obtenues par salage en dehors de *F. albida*. Les feuilles vertes de *F. albida* et de *B. aegyptiaca* ont des teneurs en MAT supérieures à celles des feuilles sèches obtenues au soleil, à l'ombre et par salage avec des variations de 6,9 et 7,6 %.

Les teneurs en NDF des fourrages frais de *K. senegalensis* et *M. inermis* sont plus faibles que lorsque ces fourrages sont séchés, alors que c'est l'inverse qui est observé avec *F. albida* et *B. aegyptiaca*. Le séchage au soleil a entraîné des teneurs en NDF légèrement élevés pour *F. albida* et *B. aegyptiaca* et légèrement faibles pour *K. senegalensis* et *M. inermis* par rapport au séchage à l'ombre avec des variations respectives de 4,9 ; 4,2 ; 1,3 et 1,8 %. Les feuilles salées ont les plus faibles teneurs en NDF. Dans l'ensemble, avec le salage, on a des teneurs en ADF supérieures au séchage au soleil ou à l'ombre sauf pour *B. aegyptiaca* à l'ombre. Les feuilles fraîches ont les plus fortes teneurs en ADF excepté pour *K. senegalensis*. Les variations de teneurs entre le séchage au soleil et à l'ombre sont plus importantes pour *F. albida* et *B. aegyptiaca* (2,9 et 3,1 % respectivement) et faibles pour les autres espèces (moins de 0,8 %).

Tableau 1. Composition chimique (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers en fonction du mode de séchage

Espèce	Fourrage	MS %	MM	MAT	NDF	ADF
<i>K. senegalensis</i>	Fr	33,66	70	118	521	424
	SS	96,57	72	120	543	435
	SO	94,75	69	121	550	433
	SOSel	92,52	89	116	513	451
<i>M. inermis</i>	Fr	43,12	75	100	380	281
	SS	96,07	85	103	381	270
	SO	93,88	76	102	387	268
	SOSel	90,85	133	101	363	280
<i>F. albida</i>	Fr	46,28	106	144	465	305
	SS	96,55	93	134	438	285
	SO	94,44	95	134	416	276
	SOSel	90,13	155	138	397	284
<i>B. aegyptiaca</i>	Fr	46,89	183	119	391	278
	SS	96,15	166	112	367	254
	SO	93,73	169	109	352	262
	SOSel	90,76	195	106	349	258

Fr : frais ; SS : séchage au soleil ; SO : séchage à l'ombre ; SOSel : séchage à l'ombre plus sel

III. INFLUENCE DE LA DURÉE DE CONSERVATION ET DU MODE DE STOCKAGE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES LIGNEUX FOURRAGERS

3.1. Influence sur la MS, MO et les MAT

Le mode de stockage (sol sans emballage, sacs en jute ou en plastique tissé) des fourrages ligneux n'a pas eu d'effet significatif ($P < 0,05$) sur leur composition chimique. La durée de conservation a eu un effet significatif ($P < 0,05$) sur la teneur en matière sèche de l'ensemble des fourrages ligneux au bout d'un mois et a peu évolué jusqu'à la fin de la conservation. Elle s'est traduite par une augmentation de la teneur en MS donc une déshydratation au cours du stockage. Cette influence n'a pas été significative pour les autres constituants chimiques ($P < 0,05$). L'interaction entre la durée de conservation et le mode de stockage n'a également pas montré de différences significatives pour les constituants chimiques ($P < 0,05$) de l'ensemble des espèces.

Pour les feuilles séchées au soleil, les teneurs en MO ont légèrement augmenté avec le temps pour toutes les espèces ligneuses à l'exception de *K. senegalensis* (tableau 2). Par contre, les feuilles séchées à l'ombre ont connu une baisse des teneurs en MO avec seulement *K. senegalensis* stocké sans emballage pendant la durée de conservation (tableau 3).

Tableau 2. Teneurs en matière sèche (%), en matière organique et en matières azotées totales (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers séchées au soleil et conservées pendant trois mois

Espèce	Mode de stockage	MS %		MO		MAT	
		Séchage	Stockage	Séchage	Stockage	Séchage	Stockage
<i>K. senegalensis</i>	SE	93,24	95,19	939	936	145	145
	SJ	93,24	94,90	939	938	145	144
	SPT	93,24	95,36	939	939	145	144
<i>M. inermis</i>	SE	92,78	95,00	922	924	102	99
	SJ	92,78	94,98	922	928	102	96
	SPT	92,78	95,06	922	924	102	98
<i>F. albida</i>	SE	92,79	94,85	904	904	155	137
	SJ	92,79	94,69	904	904	155	143
	SPT	92,79	94,78	904	907	155	141
<i>B. aegyptiaca</i>	SE	91,63	95,13	835	839	119	105
	SJ	91,63	94,67	835	838	119	106
	SPT	91,63	94,97	835	839	119	106

SE : sans emballage ; SJ : sac en jute ; SPT : sac plastique tissé

Tableau 3. Teneurs en matière sèche (%), en matière organique et en matières azotées totales (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers séchées à l'ombre et conservées pendant trois mois

Espèce	Mode de stockage	MS %		MO		MAT	
		Séchage	Stockage	Séchage	Stockage	Séchage	Stockage
<i>K. senegalensis</i>	SE	93,43	95,22	937	937	152	143
	SJ	93,43	95,61	937	938	152	144
	SPT	93,43	95,47	937	939	152	142
<i>M. inermis</i>	SE	92,70	94,82	927	929	101	96
	SJ	92,70	95,03	927	930	101	98
	SPT	92,70	95,27	927	929	101	99
<i>F. albida</i>	SE	91,99	94,52	906	909	158	146
	SJ	91,99	94,31	906	910	158	147
	SPT	91,99	94,44	906	910	158	146
<i>B. aegyptiaca</i>	SE	91,28	94,68	839	843	125	108
	SJ	91,28	94,17	839	841	125	111
	SPT	91,28	94,55	839	843	125	108

SE : sans emballage ; SJ : sac en jute ; SPT : sac plastique tissé

Les teneurs en MAT des fourrages ligneux séchés au soleil ou à l'ombre puis stockés dans différents emballages ont diminué après trois (3) mois de conservation (tableaux 2 et 3). Les teneurs en MAT du fourrage sec de *K. senegalensis* obtenues au soleil n'ont pas varié au cours des 3 mois de conservation alors qu'elles ont baissé de 6 % en moyenne pour les feuilles séchées à l'ombre. La variation des teneurs en MAT a été de 11,5 et 13,1 % en moyenne respectivement pour les feuilles de *B. aegyptiaca* séchées au soleil et à l'ombre lors du stockage. Dans le cas des

feuilles de *F. albida*, on a observé des variations moyennes de 9,2 et 7,2 % respectivement pour le fourrage séché au soleil et à l'ombre. Le stockage sans emballage a donné une variation plus grande pour les feuilles de *M. inermis* séchées à l'ombre tandis que le résultat contraire est observé pour les deux autres types d'emballage. Les teneurs en MAT de l'ensemble des ligneux sont restés au moins égales à 96 g/kg MS.

3.2. Influence sur les parois (NDF et ADF)

Pour les feuilles séchées au soleil, les teneurs en NDF ont chuté de façon assez remarquable pour *K. senegalensis* après 3 mois de stockage (tableau 4). Les teneurs ont varié d'environ 573 à 531 g/kg MS soit une variation de 7,0 % indépendamment du type de stockage. *M. inermis* a connu une variation de 8,1 % avec le stockage sans emballage. Les autres espèces fourragères ont également enregistré des baisses de teneurs en NDF. *K. senegalensis* et *M. inermis* ont enregistré des faibles teneurs en ADF et *F. albida* et *B. aegyptiaca* des teneurs légèrement élevées après les 3 mois de conservation. Les feuilles de *M. inermis* ont les plus fortes variations (6,9 à 8,2 %) au cours du temps.

Tableau 4. Teneurs en parois totales (NDF), en ligno-cellulose (ADF) (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers séchées au soleil et conservées pendant trois mois

Espèce	Mode de stockage	NDF		ADF	
		Séchage	Stockage	Séchage	Stockage
<i>K. senegalensis</i>	SE	573	531	408	399
	SJ	573	528	408	402
	SPT	573	536	408	392
<i>M. inermis</i>	SE	414	380	287	265
	SJ	414	395	287	267
	SPT	414	393	287	264
<i>F. albida</i>	SE	468	452	294	300
	SJ	468	461	294	296
	SPT	468	453	294	292
<i>B. aegyptiaca</i>	SE	368	365	246	255
	SJ	368	354	246	251
	SPT	368	360	246	252

SE : sans emballage ; SJ : sac en jute ; SPT : sac plastique tissé

Les feuilles issues du séchage à l'ombre ont des valeurs de NDF en baisse pour *K. senegalensis* et en hausse pour les autres espèces après stockage au sol sans emballage (tableau 5). Au cours du stockage dans les sacs en jute et plastiques tissés, seules *K. senegalensis* et *M. inermis* ont donné des teneurs contraires aux précédentes. Les teneurs en ADF obtenues ont évolué à l'opposé de celles des feuilles séchées au soleil.

Tableau 5. Teneurs en parois totales (NDF), en ligno-cellulose (ADF) (g/kg MS) des feuilles de ligneux fourragers séchées à l'ombre et conservées pendant trois mois

Espèce	Mode de stockage	NDF		ADF	
		Séchage	Stockage	Séchage	Stockage
<i>K. senegalensis</i>	SE	572	570	407	410
	SJ	572	582	407	409
	SPT	572	577	407	411
<i>M. inermis</i>	SE	403	403	277	271
	SJ	403	396	277	271
	SPT	403	394	277	266
<i>F. albida</i>	SE	456	474	281	311
	SJ	456	478	281	299
	SPT	456	478	281	300
<i>B. aegyptiaca</i>	SE	363	372	251	245
	SJ	363	370	251	253
	SPT	363	374	251	249

SE : sans emballage ; SJ : sac en jute ; SPT : sac en plastique tissé

IV. INGESTIBILITÉ ET DIGESTIBILITÉ

Il existe très peu de travaux dans la bibliographie sur l'influence de la conservation des fourrages ligneux sur leur valeur nutritive. L'effet de la conservation (frais ou sec) des fourrages ligneux sur leur ingestibilité et leur digestibilité a été étudié avec les feuilles de *K. senegalensis*. Les quantités volontairement ingérées et les digestibilités déterminées sont celles des rations.

4.1. Composition chimique des aliments distribués

Les teneurs en constituants chimiques des aliments distribués sont donnés dans le tableau 6. Les teneurs en MO des fourrages ligneux frais et sec sont proches. Les feuilles fraîches et sèches de *K. senegalensis* ont des teneurs en MAT comparables (108 et 112 g/kg MS). Les teneurs en ADF des feuilles fraîches et sèches sont voisines alors que celles en NDF sont plus élevées pour le fourrage frais. Le foin a des teneurs plus élevées en NDF et ADF (788 et 500 g/kg MS respectivement) que le ligneux. La teneur en lignine du foin est plus faible que celle du fourrage ligneux (81 contre 130 g/kg MS).

Tableau 6. Composition chimique (g/kg MS) des aliments distribués

Constituants chimiques g/kg MS	KsV (Frais)	KsS (Sec)	Foin de Pp
MS (%)	40,41	95,49	92,03
MO	901	906	862
MAT	108	112	85
NDF	490	478	788
ADF	382	384	500
ADL	130	130	81

Ks : *Khaya senegalensis* ; V : vert ou frais ; S : sec ; Pp : *Pennisetum pedicellatum*

4.2. Comparaison de l'ingestibilité des feuilles fraîches et sèches de *K. senegalensis*

Le taux de refus et les quantités de MS et MO de feuilles fraîches ou sèches de *K. senegalensis* volontairement ingérées (QMSVI et QMOVI) sont données dans le tableau 7. Les quantités ingérées sont différentes bien que les teneurs en MAT des deux rations soient proches.

L'expression des matières ingérées en fonction du poids vif (g MS/kg PV) a montré aussi une différence significative ($P < 0,005$) entre les feuilles distribuées vertes et sèches.

Les QMSVI et QMOVI exprimées en fonction du poids métabolique (g MS/kg $P^{0,75}$) ont été plus élevées pour le fourrage sec que pour le fourrage vert ($P < 0,01$). Les quantités ingérées ont varié de 5,6 et 5,9 g MS/kg $P^{0,75}$ respectivement pour la MS et la MO.

Le séchage a eu un effet sur l'ingestibilité des feuilles de *K. senegalensis*.

Tableau 7. Taux de refus et ingestibilité des feuilles fraîches et sèches de *K. senegalensis* distribuées

		Rations		
		KsV (Frais)	KsS (Sec)	
Taux de refus MS (%)		24	17	
QMSVI	g MS	639,9	694,9	NS
	g MS/kg PV	30,1	32,7	**
	g MS/kg $P^{0,75}$	64,7	70,3	*
QMOVI	g MS	569,6	629,5	NS
	g MS/kg PV	26,8	29,7	***
	g MS/kg $P^{0,75}$	57,8	63,7	**

NS : non significatif ; Les différences significatives sont notées : * $P < 0,01$, ** $P < 0,005$, *** $P < 0,001$

4.3. Digestibilité *in vivo* des rations distribuées seules ou en association avec du foin

4.3.1. Influence du niveau d'alimentation sur la digestibilité des rations de ligneux

Les tableaux 8 et 9 présentent les résultats de digestibilités des rations à base de feuilles fraîches ou sèches de *K. senegalensis* distribuées ad libitum (IV) et en ingestion limitée (IL). Le

rapport entre quantités ingérées *ad libitum* et limitée est de 1,29 et 1,41 respectivement pour le fourrage ligneux frais et sec. Les digestibilités des MS, MO, MA et NDF des rations offertes en ingestion volontaire sont significativement ($P<0,05$) plus élevées que celles distribuées en quantité limitée. La dADF a diminué de 2 et 7 points respectivement pour les fourrages frais et sec. Cette diminution n'est cependant pas significative ($P<0,05$).

Les plus fortes variations de digestibilité sont observées au niveau des feuilles séchées avec 8, 6, 9, 10 et 7 points respectivement pour dMS, dMO, dMA, dNDF, dADF.

Tableau 8. Comparaison des digestibilités (%) des feuilles vertes de *K. senegalensis* distribuées seules *ad libitum* et en quantité limitée

Rations	QMSI g MS/kg P ^{0,75}	dMS	dMO	dMA	dNDF	dADF
KsV (IV)	64,7	59a	61a	70a	41a	40a
KsV (II.)	50	52b ***	56b ***	64b **	38b *	38a NS

Au sein d'une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes
NS : non significatif ; * $P<0,05$, ** $P<0,01$, *** $P<0,005$

Tableau 9. Comparaison des digestibilités (%) des feuilles sèches de *K. senegalensis* distribuées seules *ad libitum* et en quantité limitée

Rations	QMSI g MS/kg P ^{0,75}	dMS	dMO	dMA	dNDF	dADF
KsS (IV)	70,3	53a	55a	66a	35a	32a
KsS (II.)	50	45b ***	49b ***	57b **	25b *	25a NS

Au sein d'une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes
NS : non significatif ; * $P<0,05$

4.3.2. Influence du séchage sur la digestibilité des rations de ligneux

Dans le cas des animaux alimentés à volonté avec seulement le fourrage ligneux, les résultats en fonction du séchage sur la digestibilité des différents constituants chimiques sont présentés dans le tableau 10. Le séchage a entraîné une baisse significative ($P<0,05$) des digestibilités des feuilles de *K. senegalensis*. Les valeurs de digestibilités ont diminué de 6, 6, 4, 6 et 8 points respectivement pour les MS, MO, MA, NDF et ADF respectives.

Tableau 10. Influence du séchage sur la digestibilité (%) des feuilles de *K. senegalensis* distribuées seules *ad libitum*

Rations	dMS	dMO	dMA	dNDF	dADF
KsV (IV)	59a	61a	70a	41a	40a
KsS (IV)	53b ***	55b ***	66b ***	35b ***	32b **

Au sein d'une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes
** $P<0,01$ *** $P<0,005$

En ce qui concerne les rations à base de *K. senegalensis* distribuée seule et en quantité limitée (tableau 11), les digestibilités des feuilles séchées obtenues sont significativement ($P < 0,05$) plus faibles que celles des feuilles fraîches. Les valeurs de digestibilité des MS, MO et MA ont varié de 7 points et celles des parois (NDF et ADF) de 13 points.

Tableau 11. Comparaison des digestibilités (%) des feuilles vertes et sèches de *K. senegalensis* distribuées seules en quantité limitée

Rations	dMS	dMO	dMA	dNDF	dADF
KsV (IL)	52a	56a	64a	38a	38a
KsS (IL)	45b	49b	57b	25b	25b
	**	**	*	***	***

Au sein d'une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,005$

4.3.3. Influence du séchage sur la digestibilité des rations à base de *K. senegalensis* distribuées en association avec du foin

Les résultats de digestibilité des rations à base de feuilles fraîches et séchées de *K. senegalensis* distribuées en association avec du foin de *Pennisetum pedicellatum* sont consignés dans le tableau 12. Le séchage des feuilles du ligneux a provoqué une réduction significative ($P < 0,05$) des digestibilités de MS, MO, MA et NDF de la ration. En dépit d'une baisse de la valeur de dADF de 5 points comme la dNDF, la différence n'a pas été statistiquement significative ($P < 0,05$) entre les deux rations.

Tableau 12. Influence du séchage sur les digestibilités (%) des rations à base de feuilles de *K. senegalensis* distribuées en association avec du foin

Rations	dMS	dMO	dMA	dNDF	dADF
KsV+F (IL)	56a	59a	68a	48a	44a
KsS+F (IL)	48b	51b	60b	43b	39a
	**	**	***	*	NS

Au sein d'une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes

NS : non significatif ; * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,005$

4.4. Influence du taux du ligneux sur la digestibilité des rations

Dans les rations, les feuilles fraîches ou sèches de *K. senegalensis* ont été distribuées seules ou en association avec du foin de *Pennisetum pedicellatum* dans les proportions 70/30. La comparaison entre les deux niveaux d'incorporation de feuilles du ligneux dans les rations n'a montré une différence significative ($P < 0,05$) que pour la dNDF seulement dans les rations à base de fourrages frais et pour la dNDF et la dADF dans les rations à base de fourrages secs (tableau 13). La digestibilité des constituants chimiques était plus élevée pour les rations distribuées en association avec du foin.

Tableau 13. Comparaison de la digestibilité des différents constituants de rations à base de feuilles de *K. senegalensis* distribuées seules ou en association avec du foin

Fourrage	Rations	Taux ligneux (%)	dMS	dMO	dMA	dNDF	dADF
Frais	KsV+F (IL)	70	56a	59a	68a	48a	44a
	KsV (IL)	100	52a NS	56a NS	64a NS	38b *	38a NS
Sec	KsS+F (IL)	70	48b	51b	60b	43a	39a
	KsS (IL)	100	45b NS	49b NS	57b NS	25b *	25b *

Au sein d'une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes
NS : non significatif ; * P<0,05

DISCUSSION

I. INFLUENCE DU MODE DE SECHAGE SUR LA VITESSE DE DESSICCATION

L'évaporation de l'eau contenue dans les fourrages ligneux va être plus ou moins longue suivant les conditions climatiques lors du séchage et la résistance qu'oppose le fourrage à sa dessiccation. La vitesse de dessiccation dépend de l'espèce végétale ; elle serait aussi fonction du stade de développement (Cabon, 1987). La perte en eau des fourrages est plus rapide en début qu'en fin de séchage que ce soit au soleil ou à l'ombre. Le poids des fourrages placés à l'ombre diminue moins vite la première journée que les fourrages exposés au soleil car leur perte en eau est plus lente. Les teneurs en eau à l'équilibre diffèrent plus ou moins suivant le mode de séchage et l'espèce végétale. L'équilibre n'a lieu que lorsque l'air est saturé et limite les échanges. C'est seulement l'énergie disponible, apportée par le rayonnement solaire ou la saturation de l'air au contact du fourrage, qui limite l'évaporation. L'action du vent renouvelle l'air et permet d'éviter la saturation (Cabon, 1987). La dessiccation des fourrages soumis au salage s'avère plus longue que les deux premiers et cela peut s'expliquer par l'absence de retournement des fourrages ligneux limitant ainsi leur évaporation.

Dans le cas de la fenaison, des études réalisées au laboratoire avec des paramètres climatiques (flux d'air, température et humidité relative) constants ont permis d'ajuster les courbes de dessiccation à une équation comprenant deux termes exponentiels. La dessiccation comprend deux phases : (1) une phase rapide qui correspondrait essentiellement à l'eau des espaces intercellulaires et des vaisseaux et (2) une phase lente qui correspondrait à l'eau des sucres cellulaires et du cytoplasme (Jones, 1979 cité par Demarquilly, 1987). Le traitement au sel d'un mélange de trois herbacées tempérées par Artoisenet et Paquay (1987) n'a pas eu contrairement à notre cas d'effet sur la vitesse de fanage.

La dessiccation est contrôlée par des mécanismes physiologiques. Jones et Harris (1980) cité par Cabon (1987) signalent que le rythme d'évaporation initial est celui de l'évapotranspiration et, qu'à ce rythme, le foin sécherait en une journée. Mais les stomates se referment et l'eau doit alors s'échapper par l'épiderme qui oppose une résistance au moins dix fois supérieure au passage de la vapeur. Pour la plupart des espèces, les stomates se referment avant que le tiers de l'eau ne soit perdu.

II. INFLUENCE DU MODE DE SECHAGE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE

Les valeurs de constituants chimiques obtenues pour les quatre espèces fourragères sont comparables à celles trouvées par d'autres auteurs (Le Houérou, 1980a et b ; Koné et al., 1987 ; Kaboré-Zoungrana, 1995 ; Kaboré-Zoungrana et al, 2005). Les modifications de composition chimique dues au séchage sont variables selon les espèces et le stade de récolte. Le séchage au

soleil ou à l'ombre des fourrages ligneux a entraîné une augmentation de la teneur en NDF pour *K. senegalensis* et *M. inermis* et une baisse pour *F. albida* et *B. aegyptiaca*. Les feuilles fraîches ont des teneurs élevées en ADF excepté pour *K. senegalensis*. Balogun et al. (1998) ont trouvé que la méthode de séchage (étuve à 65°C pendant 48 h) a affecté la teneur en ADI, NDF et ADF de leurs fourrages ligneux. Tous leurs échantillons séchés à l'étuve ont des teneurs en parois plus élevées que ceux lyophilisés (lyophilisation -30 °C). Néanmoins, la teneur en ADF de *Calliandra calothyrsus* n'a pratiquement pas varié. Les résultats de Fall et al. (2000) sont en accord avec ceux de Balogun et al. (1998) lorsqu'ils traitent les feuilles de *Leucena leucocephala* à la chaleur, notamment le séchage à l'étuve (60 à 80°C) et l'ensilage.

L'augmentation des teneurs en matières minérales de *M. inermis* et *F. albida* lors du salage serait le fait de la dissolution d'une partie du sel. Artoisenet et Paquay (1987) ont noté une augmentation sensible de la teneur en matières minérales, MAT et en MAD d'un mélange d'herbe lors du salage. Dans le cas du salage que nous avons étudié, les résultats sur les MAT sont contradictoires, seul *K. senegalensis* a connu une hausse très mince pour ce constituant chimique. Les teneurs en MAT des feuilles fraîches sont voisines de celles obtenues après séchage au soleil ou à l'ombre mais légèrement supérieures au salage dans l'ensemble. Le séchage a réduit les teneurs en MAT de *F. albida* et *B. aegyptiaca*. Des études menées par Fall et al. (2000) ont montré que la méthode de conservation n'a eu aucun effet significatif sur la teneur des feuilles de *L. leucocephala* en protéines brutes. Par contre leur traitement à la chaleur a augmenté les MAT liées à l'ADF.

Dans le cas de la fenaison, la composition chimique et la valeur alimentaire des foin dépendent de celles des fourrages verts correspondants au moment de la coupe, des conditions de récolte et de conservation. La fenaison entraîne une diminution des teneurs en cendres, en matières azotées et en glucides solubles (Andrieu et Demarquilly, 1987). Par contre, elle accroît la teneur en parois des fourrages (Andrieu et Demarquilly, 1987 ; Kaboré-Zoungana et Sawadogo, 1997).

III. INFLUENCE DE LA DURÉE ET DU MODE DE STOCKAGE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE

Le mode de stockage n'a pas eu d'effet significatif sur l'ensemble des fourrages ligneux analysés. La durée de stockage a augmenté significativement la matière sèche bien que celle-ci était déjà supérieure à 90 %MS après séchage. La teneur en MO a connu une légère hausse avec le temps de conservation. La durée de stockage a affecté à la baisse la teneur en NDF des fourrages secs mais dans une mesure plus large celle de *K. senegalensis* séché au soleil. Les

teneurs en ADF sont variables en fonction des espèces végétales et de leur mode de séchage après la conservation.

La durée de stockage a entraîné une diminution de la teneur en MAT des différentes espèces étudiées. Mais ces teneurs sont susceptibles de couvrir les besoins d'entretien des ruminants. Lors d'une étude menée au Mali, Traoré (2003) a trouvé que le mode de séchage et le type d'emballage n'ont eu aucun effet significatif sur les teneurs en protéines, en calcium et en phosphore de quatre fourrages ligneux.

Dans le cas des plantes herbacées, lorsque les foins sont rentrés insuffisamment secs (teneur en MS < 80%), des modifications importantes de composition et de valeur alimentaire peuvent aussi se produire durant le stockage (Andrieu et Demarquilly, 1987). Et quand le fourrage est rentré suffisamment sec (teneur en MS > 85%) et mis à l'abri, les pertes en cours de conservation sont très réduites (Dulphy, 1987).

IV. EFFET DU SÉCHAGE SUR L'INGESTIBILITÉ ET LA DIGESTIBILITÉ

Les teneurs en MAT des feuilles fraîches et sèches de *K. senegalensis* sont au-dessus du seuil critique de 70 g/kg MS nécessaire pour couvrir les besoins d'entretien des ruminants lorsque les fourrages ligneux sont distribués seuls aux ruminants.

Le séchage a influencé significativement l'ingestion volontaire des rations de fourrages ligneux. Les feuilles séchées de sont ingérées en quantité plus importante que les feuilles vertes. La teneur en eau des fourrages frais peut avoir influencé l'ingestibilité. L'eau contenue dans la plante semble avoir un certain pouvoir d'encombrement au niveau du rumen. Van et al. (2006) ont trouvé que les QMSVI de feuilles fraîches et sèches d'*Acacia mangium* sont similaires mais significativement inférieures à celles des feuilles préfanées (64 %MS). Une différence importante a été trouvée entre l'ingestion volontaire des fourrages frais et sec de *Calliandra* (59 contre 37 g MS/kg P^{0.75}) par Palmer et Schlink (1992) cités par Van et al. (2006). La raison suggérée était que le fourrage frais de *Calliandra* était plus rapidement digéré que celui du matériel sec.

Dans le cas des herbacées, l'ingestibilité des foins dépend d'abord de celles des fourrages verts sur pied au moment de la fauche (Demarquilly, 1970). A teneurs égales en matières azotées ou cellulose brute, les foins sont ingérés en quantités plus faibles que les fourrages verts correspondants (Demarquilly et al., 1981 ; Kaboré-Zoungrana et Sawadogo, 1997). La quantité de MS de foins volontairement ingérée varie selon l'espèce et le stade phénologique (Andrieu et Demarquilly, 1987 ; Kaboré-Zoungrana et al., 1999). L'ingestibilité des foins est plus liée à leur composition chimique qu'à leur digestibilité (Andrieu et Demarquilly, 1987).

La régulation de l'ingestion des fourrages est avant tout liée à l'état de réplétion du rumen, car les fourrages ne peuvent quitter le rumen qu'après avoir été réduits en fines particules (Grenet et Demarquilly, 1987). Cette réduction des fourrages implique la digestion, sous l'action conjuguée des microorganismes du rumen et de la mastication.

La digestibilité des rations à base de *K. senegalensis* distribuées seules en ingestion volontaire est plus élevée que celles de rations en quantité limitée. Dans le cas des herbacées, Kaboré-Zoungana (1995) a trouvé une différence importante de dMO entre les deux niveaux d'alimentation lorsque le fourrage est jeune, mais qu'avec l'âge, la différence s'estompe à cause du tri beaucoup plus important. Il faut noter aussi que la différence entre les quantités ingérées était plus du double pour l'ingestion volontaire dans le cas des différences de dMO importantes.

La digestibilité des rations de feuilles de *K. senegalensis* distribuées *ad libitum* en fonction du mode de présentation a donné des résultats contraires à ceux de l'ingestibilité. Le séchage a affecté à la baisse la digestibilité des rations de feuilles de *K. senegalensis* distribuées seules ou en association avec du foin. L'étude de l'influence du séchage sur la digestibilité a donné des résultats variables selon les espèces ligneuses dans la bibliographie. Le séchage au soleil diminuait la dMS de *Pithecellobium dulce* alors que son influence sur la dMS d'*Albizia lebeck* n'a pas été significative (Fall, 1993).

Balogun et al. (1998) ont rapporté que le séchage à l'étuve a un effet sur la digestibilité de MS des ligneux déterminée selon la méthode du sac nylon (NBDMD) qui varie en fonction de l'espèce ligneuse et du mode de traitement. Pendant que le séchage à l'étuve dépréciait la NBDMD de certains fourrages ligneux, les espèces non tannifères *Combretum erythrophloeum* et *A. lebeck* enregistraient une légère augmentation de NBDMD avec les feuilles sèches. La chaleur a entraîné une baisse de la digestibilité de la matière organique et donc de la valeur énergétique des feuilles de *L. leucocephala* (Fall et al., 2000). La diminution de la dMA des feuilles de *L. leucocephala* traitées à la chaleur est liée à l'augmentation des MAT liées à l'ADF (Fall et al., 2000).

A l'opposé des ligneux qui réagissent de façon variable au séchage, la fenaison affecte la digestibilité des plantes herbacées dans un seul sens. La digestibilité du fourrage vert est supérieure à celle du foin pour la MS, la MO, et les MA pour des teneurs en MAT proches (Andrieu et Demarquilly, 1987 ; Kaboré-Zoungana et Sawadogo, 1997). La digestibilité des MA et donc la teneur en MAD, diminue d'autant plus que l'échauffement du foin est important. Une fraction des MA se combine à des sucres lors de la réaction de Maillard et devient indigestible (Demarquilly et Andrieu, 1987).

Balogun et al. (1998) expliquent les réponses variables de la digestibilité des fourrages ligneux frais par la présence de différents niveaux de facteurs anti-nutritionnels tels que les tannins condensés dans les espèces.

L'incorporation de feuilles de *K. senegalensis* à des taux de 70 et 100 % n'a pas montré de différences significatives entre les digestibilités des rations à l'exception de dNDF et dADF. Kaboré-Zoungana et al. (2005) n'ont également pas trouvé un effet du taux d'incorporation sur la digestibilité des rations à base de feuilles de *B. aegyptiaca* distribuées seules et du ligneux en association avec du foin dans les proportions 60/40. Quant à Fall (1993), elle a noté une chute de la dMS des rations contenant des ligneux à des taux élevés. En revanche, Fall et al. (1997) enregistraient une augmentation de la dMS des rations à des taux croissants de fruits de *F. albida*. Fall et al. (1998) a mis en évidence des phénomènes d'interactions digestives avec des rations composées de fourrages ligneux. Ces problèmes peuvent s'expliquer par la présence de composés phénoliques. Les faibles proportions en tannins peuvent être tolérées et même favoriser l'absorption des acides aminés dans l'intestin grêle en les protégeant des effets du suc gastrique (Getachew et al, 2000). Des auteurs (Reed et al., 1990 ; Kaboré-Zoungana et al., 1999) ont trouvé pour des aliments non tannifères et les herbacées une digestibilité réelle des MAT (86 %) identique à celle de *B. aegyptiaca* (Kaboré-Zoungana et al., 2005).

CONCLUSION GÉNÉRALE

La dessiccation des fourrages ligneux dépend beaucoup des conditions climatiques. Les fourrages séchés au soleil ou à l'ombre sont suffisamment secs ($> 90\%$ MS) après 3 ou 4 jours de séchage et peuvent être ensuite stockés dans un endroit aéré et sec.

Les modifications entraînées par le séchage et le stockage des quatre espèces étudiées sur le plan de la composition chimique sont comparables. Les teneurs en MAT des fourrages secs stockés dans les différents emballages permettent de couvrir les besoins d'entretien des ruminants. Le séchage au soleil ou à l'ombre et les différents types de stockage utilisés (sol, sac en jute et sac en plastique tissé) sont donc des méthodes réalisables et simples qui permettent une bonne stabilisation et conservation du fourrage ligneux et peuvent donc être recommandées dans les systèmes traditionnels des zones sahéliennes.

Sur le plan de la valeur nutritive, le séchage a modifié l'ingestibilité et la digestibilité des rations de feuilles de *K. senegalensis*. Certes, la ration de fourrage sec est moins digestible que le fourrage frais mais la digestibilité des matières azotées est au-dessus de 50 %. Le fourrage sec des ligneux peut permettre aux animaux de couvrir leurs besoins d'entretien et voire de production en saison sèche.

Pour les moutons alimentés avec des feuilles de *K. senegalensis* seules ou en association avec du foin, le niveau d'incorporation du ligneux n'a pas eu d'effet sur la digestibilité de la matière sèche, de la matière organique et des matières azotées de la ration. Le niveau d'incorporation du fourrage ligneux dans la ration peut être aussi un moyen pour mieux gérer cette ressource. Cette gestion des quantités va éviter le gaspillage du fourrage ligneux.

Les résultats obtenus sur les fourrages ligneux autorisent leur utilisation sous forme sèche pour l'alimentation des ruminants. La conservation du fourrage ligneux sous forme sèche est plus aisée que sous la forme fraîche dans les régions sahéliennes et soudaniennes.

Néanmoins, il est nécessaire de déterminer les teneurs en protéines brutes liés à la lignocellulose (MAT-ADF) et en tannins dans les feuilles vertes et sèches pour mieux appréhender l'effet du séchage sur la valeur nutritive des fourrages ligneux.

Il faut également noter que cette étude concourt à l'incitation pour la mise en place de banques fourragères dans nos régions en utilisant des ligneux en vue d'une exploitation rationnelle et judicieuse des ressources. Cela implique des études sur les modes appropriés de gestion (hauteur de coupe, mode et rythme d'exploitation) des espèces qui seront utilisées pour bénéficier d'une biomasse et d'une qualité intéressantes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdulrazak S. A., Fujihara T., Ondiek J. K., Ørskov E. R., 2000. Nutritive evaluation of some Acacia tree leaves from Kenya. *Anim. Feed Sci Technol.* 85, 89-98.
- Ademola I. O., Fagbemi B. O., Idowu S. O., 2004. Evaluation of the anthelmintic activity of *Khaya senegalensis* extract against gastrointestinal nematodes of sheep: in vitro and in vivo studies. *Veterinary Parasitology* 122, 151-164.
- Aganga A. A., Mosase K. W., 2001. Tannin content, nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarpus capassa*, *Ziziphus mucronata*, *Sclerocarya birrea*, *Kirkia acuminata* and *Rhus lancea* seeds. *Anim. Feed Sci Technol.* 91, 107-113.
- Andrieu J., Demarquilly C., 1987. Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles. In Demarquilly C. Ed., *Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation.* - INRA, Paris 1987, p 163-182.
- Artoisenet P., Paquay R., 1987. Effets d'un traitement au sel de l'herbe fauchée sur l'utilisation du foin par le mouton. In Demarquilly C. Ed., *Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation.* - INRA, Paris 1987, p 457-462.
- Balogun R. O., Jones R. J., Holmes J. H. G., 1998. Digestibility of some tropical browse species varying in tannin content. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 76, 77-78.
- Barnes J.G., Blankenship L.H., Varner L.W., Gallagher J.F., 1991. digestibilité of guafillo for white-tailed deer. *J. Range Manage*; 44(6), 606-610.
- Bille J. C., 1980. Mesure de la production primaire appétée des ligneux. In Le HOUEROU H. N. ed., *Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique, état des connaissances.* Addis-Abeba, Ethiopie, 8-12 avril, CIPEA, p 183-193.
- Borens F.M.P., Poppi D.P., 1990. The nutritive value for ruminants of *Togasoste* (*Chamaecystis palmensis*), a leguminous tree. *Anim. Feed Sci Technol.* 28, 275-295.
- Bosma R. H., Bicaba M. Z., 1997. Effect of addition of leaves from *Combretum aculeatum* and *Leucena leucocephala* on digestion of Sorghum stover by sheep and goats. *Small Rumin. Res.* 24, 167-173.
- Boudet, 1989. Evolution de la végétation des parcours sahéliens et possibilités de réhabilitation. *Fourrages* 120, 401-415.
- Breman H., De Ridder N., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. CTA-ACCT-Karthala, Paris, 486p.
- Cabon G., 1987. Accélérer la dessiccation du fourrage. 15 ans d'évolution des matériels et des méthodes. In Demarquilly C. Ed., *Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation.* - INRA, Paris 1987, p 47-62.
- Cissé M. I., 1980a. Production fourragère de quelques arbres sahéliens : relation entre la biomasse foliaire maximale et divers paramètres physiques. In Le HOUEROU H. N. ed., *Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique, état des connaissances.* Addis-Abeba, Ethiopie, 8-12 avril, CIPEA, p 203-208.
- Cissé M. I., 1980b. Effet des divers régimes d'effeuillage sur la production foliaire de quelques buissons fourragers de la zone soudano-sahélienne. In Le HOUEROU H. N. ed., *Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique, état des connaissances.* Addis-Abeba, Ethiopie, 8-12 avril, CIPEA, p 209-.
- Colomer S.J., Passera C.B., 1990. The nutritional value of *Atriplex* spp. on fodder for arid regions. *Journal of Arid Environments.* 19(3), 289-295.
- Cook J.A, Vanderjagt D.J, Pastuszyn A, Mounkaila G., Glew R. S., Glew R. H., 1998. Nutrient content of two indigenous Plant foods of the western Sahel : *Balanites aegyptiaca* and *Maerua crassifolia*. *Journal of food composition and analysis* 11, 221-230.
- Demarquilly C., Andrieu J., Weiss Ph., 1981. L'ingestibilité des fourrages verts et des foins et sa prévision. In *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*, INRA Publ., 155-167.

- Demarquilly C., Andrieu J., 1987. Pr evision de la valeur alimentaire des fourrages secs au laboratoire. In Demarquilly C. Ed., Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. - INRA, Paris 1987, p 243-275.
- Demarquilly C., 1970. La valeur alimentaire des foin. Fourrages 42, 1-7.
- Demarquilly C., 1987. La fenaison :  volution de la plante au champ entre la fauche et la récolte. Perte d'eau, métabolisme, modification de la composition morphologique et chimique. In Demarquilly C. Ed., Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. - INRA 1987, Paris, p 23-46.
- Dube J. S., Reed J. D., Ndlovu L. R., 2001. Proanthocyanidins and other phenolics in Acacia leaves of Southern Africa. Anim. Feed Sci Technol. 91, 59-67.
- Dulphy J. P., 1987. Fenaison : Pertes en cours de récolte et de conservation. In Demarquilly C. Ed., Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. - INRA, Paris 1987, p 103-124.
- Elseed F. A. M. A., Amin A. E., Khadiga, Abdel Ati A., Sekine J., Hishinuma M., Hamana K., 2002. Nutritive evaluation of some fodder tree species during the dry season in Central Sudan. Asian-australas. J. Anim. Sci., vol. 15 , no 6 , pp. 844 – 850
- Fall A. B., Vanhaelen-fastr  R., Vanhaelen M., Lo I., Toppet M., Ferster A., Fondu P., 1999. *In vitro* antisickling activity of rearranged limonoid isolated from *Khaya senegalensis*. Planta Medica 65, 209-212.
- Fall S. T., 1993. Valeur nutritive des fourrages ligneux, leur rôle dans la complémentation des fourrages pauvres des milieux tropicaux. Thèse doct. en Zootec. E.N.S.A.A. Montpellier, 193p.
- Fall S.T., B. Michalet-Doreau , Traoré E., Friot D., Richard D., 1998. Occurrence of digestive interactions in tree forage based diets for sheep. Anim. Feed Sci Technol. 74, 63–78.
- Fall S.T., Traoré E., N'Diaye K., N'Diaye N. S., S ye B. M., 1997. Utilisation des fruits de *Faidherbia albidapour* l'alimentation des bovins d'embouche paysanne dans le bassin arachidier au Sénégal. Liv Res. For Rur. Dev. Vol 9 N  5.
- Fall T. S., Samba A. N'Diaye S. A., Traoré E., 2000. Exploitation des arbres à usages multiples dans les systèmes d'élevage des zones soudanienne et sahélienne. In :Gintzburger G., Bounejmate M., agola C. and Mossi K. (eds.) Production and utilization of multipurpose fodder shrubs and trees in West Asia, North Africa and the Sahel. ICARD, Aleppo, Syria, ILRI, Nairobi, Kenya. viii + 60 pp.
- Getachew G., Makkar H. P. S., Becker K., 2000. Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. British J. Nutri. 84, 73-83.
- Grenet E., Demarquilly C., 1987. Rappels sur la digestion des fourrages dans le rumen (parois) et ses conséquences. In Demarquilly C. Ed., Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. - INRA, Paris 1987, p 141-162.
- Guerin H., Friot D., Mbaye Nd., Richard D., Dieng A. (1988): Régime alimentaire des ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. II. Essai de description du régime par l'étude du comportement alimentaire. Facteurs de variation des choix alimentaires et conséquences nutritionnelles - In: Revue  lev. Méd. v t. Pays trop., 1988. 41(4): 427-440
- Hiernaux P., 1980. L'inventaire du potentiel fourrager des arbres et arbustes d'une région du Sahel malien. Méthodes et premiers résultats. In Le HOUEROU H. N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique,  tat des connaissances. Addis-Abeba, Ethiopie, 8-12 avril, CIPEA, p 195-201.
- Kaboré-Zoungrana C., Sawadogo E., 1997. Digestibilité d'*Andropogon gayanus* et effets de la stratification de son exploitation. Agronomie Africaine 9 (3), 185-198.
- Kaboré-Zoungrana C., Diarra B., Adcdandjan C. et Savadogo S., 2005. Valeur nutritive de *Balanites aegyptiaca* pour l'alimentation des ruminants. Actes du Séminaire International, du 13-15 décembre 2005, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. De l'intérêt écologique à l'usage socio-

économique des ligneux fourragers pour le développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest : états des lieux et perspectives (non publié).

- Kaboré-Zoungana C., Toguyeni A., Sana Y., 1999. Ingestibilité et digestibilité chez le mouton des foins de cinq graminées tropicales. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays tropicaux*, 52 (2), 147-153.
- Kaboré-Zoungana C-Y., 1995. Composition chimique et valeur nutritive des herbacées et ligneux des pâturages naturels soudanais et des sous-produits du Burkina Faso. Thèse d'état. FAST/Université de Ouagadougou, 244 p+annexes.
- Kagoné H., Bonogo V., Kaboré-Zoungana C., Obulbiga M. F., 2005. Potentialités et exploitation pastorale de *Azelia africana* Smith ex Pers. Dans le parc national Kaboré Tambi (Zone soudanienne du Burkina Faso). Actes du Séminaire International du 13-15 décembre 2005, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. De l'intérêt écologique à l'usage socio-économique des ligneux fourragers pour le développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest : états des lieux et perspectives (non publié).
- Kamel M.S., Koskinen A., 1995. Pregnane glycosides from fruits of *Balanites aegyptiaca*. *Phytochemistry*, vol. 40, n°6, 1773-1775.
- Koné A. R., Guerin H., Richard D., 1987. Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude de la valeur nutritive des fourrages ligneux. In études et synthèses de l'EMVT n° 30 : 789-809.
- Le Houérou H. N., 1980a. Le rôle des ligneux fourragers dans les zones sahélienne et soudanienne. In Le HOUÉROU H. N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique, état des connaissances. Addis-Abeba, Ethiopie, 8-12 avril, CIPEA, p 85-101.
- Le Houérou H.N., 1980b. Composition chimique et valeur nutritive des fourrages ligneux en Afrique tropicale occidentale. In Le HOUÉROU H. N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique, état des connaissances. Addis-Abeba, Ethiopie, 8-12 avril. CIPEA, p .259-284.
- Lockett C.T., Calvert C.C., Grivetti L.E., 2000. Energy and micronutrient composition of dietary and medicinal wild plants consumed during drought. Study of rural Fulani, Northeastern Nigeria. *International Journal of Food science and Nutrition* 51,195-208.
- Malau-Aduli B. S., Eduvic L., Lakpini C., Malau-Aduli A. E., 2003. Chemical compositions, feed intakes and digestibilities of crop residue based rations in non-lactating Red Sokoto goats in the subhumid zone of Nigeria. *Anim. Sci. J.* 74, 89-94.
- Melaku S., Peters K. J., Tegene A., 2005. Intake, digestibility and passage rate in Menz sheep fed tef (*Eragrostis tef*) straw supplemented with dried leaves of selected multipurpose trees, their mixtures or wheat bran. *Small Rum. Res.* 56, 139-149.
- Miranda 1989. Rôle des ligneux fourragers dans la nutrition des ruminants en Afrique Subsaharienne. Etude bibliographique. CIPEA Monographie 7, 43p.
- Ouédraogo S., 2006. Potentialités fourragères d'essais d'amélioration de la valeur nutritive de trois ligneux fourragers : *Piliostigma thonningii* Schumacher Mile-Redh, *Piliostigma reticulatum* (DC) Hosch et *khaya senegalensis* (Desr) A. Juss. Mémoire ingénieur-IDR-Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 79p.
- Ouédraogo S., Kaboré-Zoungana C., Ledin I., Diallo M. A., 2005. Biomasse foliaire et valeur nutritive de *Khaya senegalensis* A. Juss utilisé comme fourrage dans la zone sud-soudanienne de l'Afrique de l'Ouest. Actes du Séminaire International du 13-15 décembre 2005, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. De l'intérêt écologique à l'usage socio-économique des ligneux fourragers pour le développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest : états des lieux et perspectives (non publié).
- Ouédraogo S.J, Ky-Dembélé C, Nianogo J.A., 2000. Les espèces fourragères forestières dans les systèmes de production au Burkina Faso : préférences et critères de choix des paysans. IN G.
- Pellew R. A., 1980. Production et consommation du fourrage ligneux d'acacia et sa potentialité pour la production de protéines animales. In Le HOUÉROU H. N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique, état des connaissances. Addis-Abeba, Ethiopie, 8-12 avril, CIPEA, p 221-229.

- Prattchett D., 1977. Factors limiting liveweight beef cattle on rangeland of Botswana. *J. Range Manage.* 30(6), 442-445.
- Reed, J.D., Soller, H., Woodward, A., 1990. Fodder tree and straw diets for sheep: Intake, growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilisation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 30, 39±50.
- Sanou S., Sawadogo L., Kaboré-Zoungana C, Sirima O., 2005. Evaluation de la production de gousses et essai d'amélioration de la valeur nutritive des gousses de *Piliostigma reticulatum*. Actes du Séminaire International, du 13-15 décembre 2005, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. De l'intérêt écologique à l'usage socio-économique des ligneux fourragers pour le développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest : états des lieux et perspectives (non publié).
- Sarker S. D., Bartholomew B., Nash R. J., 2000. Alkaloides from *Balanites aegyptiaca*. *Phytochemical communication. Fitoterapia* 71, 328-330.
- Savadogo S., 2004. Contribution au suivi écologique des ressources fourragères dans la zone de chasse de Pama Nord et le ranch de gibier de Singou. Mémoire. IDR/Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. pp 88.
- Soulé A. O., 2005. Evaluation de la biomasse foliaire de *Ziziphus mauritiana* Lam. à partir des mensurations dimensionnelles dans des steppes sahéliennes du sud mauritanien (région de Gorgol). Actes du Séminaire International du 13-15 décembre 2005, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. De l'intérêt écologique à l'usage socio-économique des ligneux fourragers pour le développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest : états des lieux et perspectives (non publié).
- Tiendrebéogo J. P., 1993. Embouche ovine améliorée : étude comparée de différentes rations alimentaires à forte proportion de fourrages naturels locaux. *Sci. et Tech.* 20 (2), 69-78.
- Tourrand J. F., 1993. L'élevage dans la révolution agricole au Xaalo. Rupture et continuité. Thèse d'Etat, Université de Paris XII, Créteil, 415p.
- Toutain B., 1980. Le rôle des ligneux pour l'élevage dans les régions soudaniennes de l'Afrique de l'Ouest. In Le HOUEROU H. N. ed., Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique, état des connaissances. Addis-Abeba, Ethiopie, 8-12 avril, CIPEA, p .105-110.
- Traoré A., 2003. Potentialité et problématique du développement d'une filière Fourrages ligneux pour une alimentation complémentaire de l'élevage extensif et l'approvisionnement de l'élevage urbain. *Agridoc*
- Van D. T. T., Mui N. T., Ledin I., 2005. Tropical foliages: effect of presentation method and species on intake by goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118, 1-17.
- Van D. T. T., Mui N. T., Ledin I., 2006. Effect of method of processing foliage of *Acacia mangium* and inclusion of bamboo charcoal in the diet on performance of growing goats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118, 1-14.
- Van Soest J.P., 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University. O & B Books, Inc., 374 p.
- Wiegand R.O., Reed J.D., Combs D. K., 1996. Leaves from tropical trees as protein supplements in diets for sheep. *Trop. Agric.*, Vol. 73, n°1, 62-68.

ANNEXE

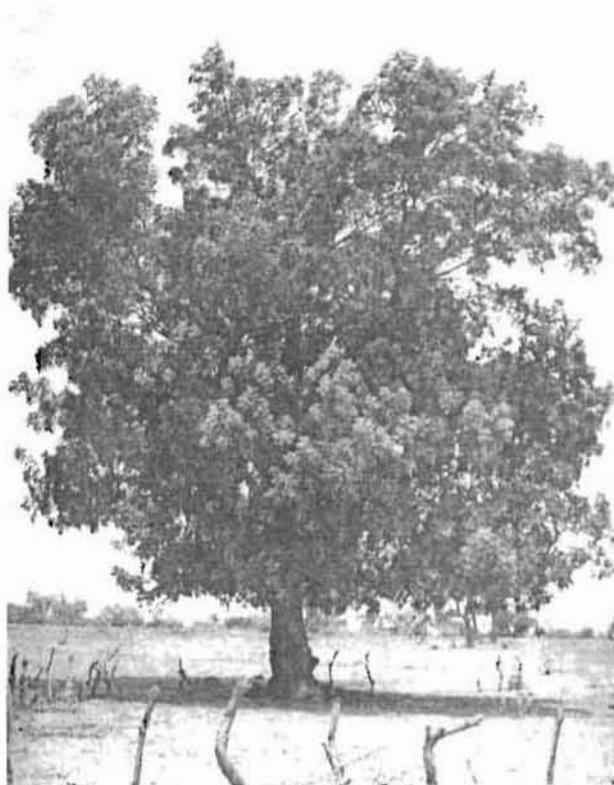


Photo1. Pied de *K. senegalensis*



Photo 2. Feuillage de *K. senegalensis*

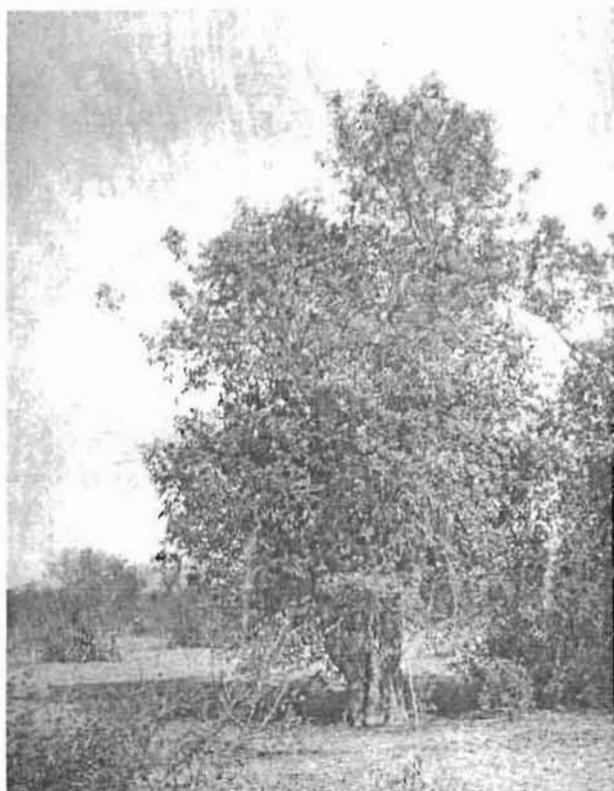


Photo 3. Pied de *M. inermis*



Photo 4. Feuillage de *M. inermis*

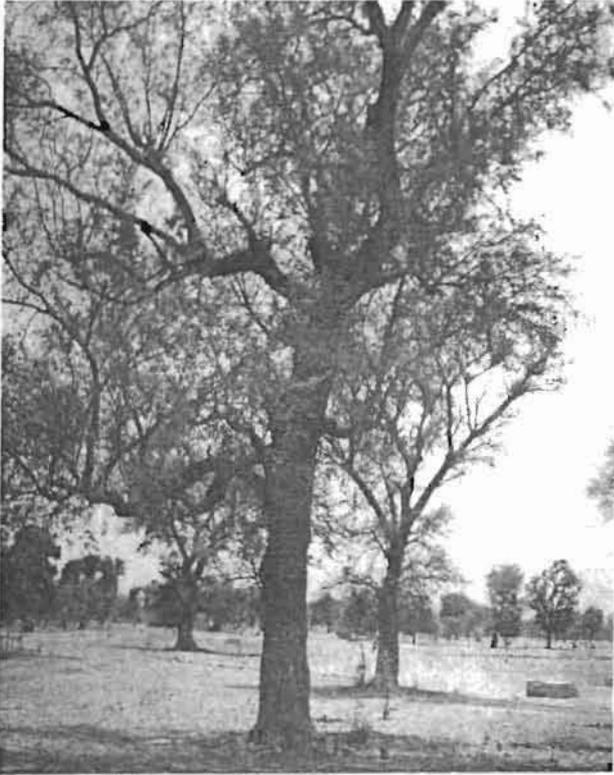


Photo 5. Pieds de *F. albida*



Photo 6. Pied de *B. aegyptiaca*



Photo 7. Feuillage de *B. aegyptiaca*



Photo 9. *M. inermis* ayant perdu une branche



Photo 10. Pied de *M. inermis* mutilé



Photo 11. Bois de *M. inermis* coupé



Photo 12. Bois de *M. inermis* coupé