

BURKINA FASO

Unité – Progrès – Justice.

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
BOBO-DIOULASSO
(U.P.B)
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT
RURAL
(I.D.R)

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE.
(C.N.R.S.T)
INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.N.E.R.A)
CENTRE REGIONAL DE RECHERCHES
ENVIRONNEMENTALES ET AGRICOLES
DU NORD / DORI
(CRREA)
Station de KATCHARI

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du
diplôme d'Ingénieur du Développement Rural
Option: ELEVAGE

Memo
40
NAN

*EVALUATION DE LA PRODUCTION DE
BIOMASSE LIGNEUSE ACCESSIBLE AUX
CAPRINS*



Directeur de mémoire: Pr Chantal -Yvette KABORE-ZOUNGRANA

Maître de stage : Oumou H. SANON

Octobre 2001

NANGLEM NGAMARDE SINGANGAR

TABLE DES MATIERES

Matières	Pages
Dédicaces.....	i
Remerciements.....	ii à iii
Liste des tableaux.....	iv à v
Liste des figures et planches.....	vi
Liste des sigles et abréviations.....	vii
Résumé.....	viii
Introduction générale.....	1 à 2
 <i>1^{ère} partie : Généralités</i>	
1 – PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE.....	4 à 10
1.1 – Milieu physique.....	4
1.1.1 – Situation géographique.....	4
1.1.2 – Climat.....	5
1.1.3 - Sols et géomorphologie.....	6
1.1.4 – Végétation naturelle.....	7
1.1.5 – Pâturages.....	8
1.2 – Milieu humain.....	8
1.2.1 – Population.....	8
1.2.2 – Activités socio-économiques.....	9
2 – ETAT DES CONNAISSANCES DES LIGNEUX FOURRAGERS	
DANS LA ZONE D'ETUDE.....	10 à 22
2.1 – Importance et rôle des ligneux fourragers.....	10
2.1.1 – Notion d'espèce ligneuse de brouet.....	10
2.1.2 – Importance numérique des ligneux.....	10
2.1.3 – Rôles écologiques des ligneux.....	10
2.1.4 – Autres utilisations des ligneux.....	13

2.2 – Méthodes d'évaluation de la production des fourrages ligneux.....	14
2.2.1 – Mesures directes.....	15
2.2.2 – Relations allométriques.....	16
2.2.3 – Facteurs de variation de la production des fourrages ligneux.....	17
2.3 – Rapport biomasse ligneuse/ biomasse herbacée.....	19
2.4 – Phénologie.....	19
2.5 – Composition chimique et valeur nutritive du brout.....	20
3 – PLACE DES LIGNEUX DANS L'ALIMENTATION ANIMALE.....	22à 26
3.1 – Contribution des ligneux dans la production des animaux domestiques.....	22
3.2 – Aperçu sur la production de la biomasse ligneuse accessible aux animaux.....	24
3.2.1 – Biomasse morte.....	24
3.2.2 – Biomasse vive accessible.....	24
3.3 – Contraintes liées à l'utilisation des fourrages ligneux.....	25
3.3.1 – Présence des substances anti-nutritives.....	25
 <i>2^{ème} partie : Etude expérimentale</i>	
1 – CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES.....	27 à35
1.1 – Diagnostic participatif (DP) sur les fourrages ligneux.....	27
1.2 – Suivi des stades phénologiques des espèces retenues.....	28
1.3 – Evaluation de la production de biomasse.....	29
1.3.1 – Biomasse ligneuse.....	29
1.3.2 – Biomasse herbacée.....	30
1.3.3 – Analyse chimique.....	32
1.4 – Suivi du comportement alimentaire et hauteur de pâture des caprins	33
1.4.1 – Suivi du comportement alimentaire des chèvres.....	33
1.4.2 – Hauteur de pâture.....	33
1.5 – Analyses statistiques des données.....	34
2 – CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION.....	36 à75
2.1 – Synthèse des résultats du diagnostic participatif.....	36

2.1.1 – Principaux ligneux fourragers.....	36
2.1.2 – Production des ligneux fourragers.....	37
2.1.3 – Avantages et inconvénients des principaux ligneux fourragers.....	37
2.1.4 – Classification préférentielle.....	38
2.1.5 – Matrices des critères.....	39
2.1.6 – Utilisation préférentielle des organes en fonction des espèces.....	40
2.1.7 – Impacts des ligneux sur la production animale.....	40
2.1.8 – Modes d’exploitation des ligneux fourragers.....	40
2.2 – Suivi des stades phénologiques.....	42
2.2.1 – Description des espèces étudiées.....	42
2.2.1.1 – <i>Acacia raddiana</i> Savi.....	42
2.2.1.2 – <i>Acacia seyal</i> Del.....	42
2.2.1.3 – <i>Acacia laeta</i> R. Br. Ex. Benth.....	43
2.2.1.4 – <i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.....	43
2.2.1.5 – <i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.....	44
2.2.2 – Phénogrammes des espèces étudiées.....	44
2.2.2.1 – <i>Acacia raddiana</i> Savi.....	44
2.2.2.2 – <i>Acacia seyal</i> Del.....	47
2.2.2.3 – <i>Acacia laeta</i> R. Br. Ex. Benth.....	49
2.2.2.4 – <i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.....	51
2.2.2.5 – <i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.....	54
2.3 – Evaluation de la production de biomasse fourragère.....	58
2.3.1 – Biomasse ligneuse.....	58
2.3.1.1 – Effet de l’espèce sur la production.....	58
2.3.1.2 – Influence de la classe de hauteur sur la production.....	59
2.3.1.3 – Interaction espèces/ classe de hauteur.....	61
2.3.1.4 – Evolution de la production dans le temps.....	61
2.3.1.5 – Relation biomasse morte et paramètres dendrométriques.....	62
2.3.2 – Biomasse herbacée.....	63
2.3.3 – Relation biomasse ligneuse/ biomasse herbacée.....	65
2.3.4 – Analyse chimique.....	66
2.3.4.1 – Teneur en matières sèches (MS).....	66
2.3.4.2 – Teneur en matières minérales (MM).....	67

2.3.4.1 – Teneur en matières azotées totales (MAT).....	67
2.3.4.1 – Teneur en constituants des parois (NDF, ADF, ADL).....	68
2.4 – Comportement alimentaire et hauteur de pâture des caprins.....	71
2.4.1 – Comportement alimentaire des caprins au pâturage libre.....	71
2.4.1.1 –Description du circuit de pâture.....	71
2.4.1.2 – Rythme d’activité au pâturage.....	71
2.4.2 – Hauteur de pâture des caprins.....	75
2.4.2.1 – Hauteur moyenne de pâture.....	75
2.4.2.2 – Relation entre hauteur de pâture et dimensions corporelles de chèvres	75
<i>CONCLUSION ET SUGGESTIONS</i>	77 à 78
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	79 à 83
<i>ANNEXES</i>	84 à 90

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents,

Mon oncle, mes frères et mon cousin NGAR Raphaël, pour

leur soutien moral et matériel durant mes années de scolarité

*A la Fondation Jean-Paul II pour le Sahel pour m'avoir
accordé une bourse pour ma formation à l'Institut de
Développement Rural (IDR).*

REMERCIEMENTS

Au moment de mettre ce mémoire en page, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de mon stage et du présent mémoire. Mes remerciements vont en particulier :

Au Pr Chantal-Yvette KABORE-ZOUNGRANA, notre directeur de mémoire pour l'encadrement sans faille reçu tout le long de ce stage

A l'Ingénieur de recherche (IR) Oumou H. SANON notre maître de stage, pour la proposition du thème, sa disponibilité constant au cours des travaux de terrains et la rédaction de ce mémoire et enfin pour le soutien matériel et financier.

Au Dr Moumouni SAVADOGO pour les précieux conseil reçu lors de la correction de ce mémoire;

Au Dr Hamidou TRAORE délégué Régional du Centre Régional de Recherche Environnementale et Agricole (CRREA) du Nord pour avoir accepté de m'accueillir dans sa structure;

Au Dr Charles OUEDRAOGO pour m'avoir aidé à faire les analyses statistiques;

A l'Ingénieur Agropédologue Seydou SANOU qui a facilité le contacte avec le personnel du CRREA de DORI et pour avoir résolu les problèmes de logistique. Qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance;

Au technicien Alain MILLOGO pour son aide contant dans les travaux de terrains;

Aux chauffeurs de la station de KATCHARI, notamment Emmanuel NIKIEMA pour sa disponibilité et son aide précieux au cours de mes travaux de terrain.

Aux chercheurs et tout le personnel du CRREA/ Nord qui ont su créer un climat propice pour le travail, nous disons merci.

A tous les enseignants de l'IDR pour les enseignements reçus.

Ces remerciements vont également à la Communauté tchadienne de Bobo-Dioulasso et aux amis NANGASSOUM DEP'S, KOUMA-KOSSI MARKINZAYE, Hugues SOME et tous les collègues Élèves Ingénieurs (26^{ème} promotion).

A tous ceux dont le nom n'a pas été cité, je vous adresse mes sincères remerciements.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	: Recouvrement et nombre d'espèces ligneuses des principales unités de pâturage à KATCHARI.....	11
Tableau II	: Espèces ligneuses et organes consommés par les ruminants (bovins, ovins et caprins à KATCHARI	12
Tableau III	: Relation d'allométrie entre biomasse foliaire maximale et les mensurations des espèces ligneuses (Bellefontaine et al., 1997).....	17
Tableau IV	: Valeur fourragère des graminées desséchées et des ligneux pendant la saison sèche.....	21
Tableau V	: Besoins et possibilités quantitatives d'ingestion des bovins, ovins et caprins.....	23
Tableau VI	: Nombre d'individus par espèces ligneuses sur les différents pâturages.....	29
Tableau VII	: Nature et nombre d'échantillons analysés.....	32
Tableau VIII	: Principales espèces ligneuses de la zone.....	36
Tableau IX	: Importance quantitative et qualitative de quelques fourrages.....	37
Tableau X	: Avantages et inconvénients des principales espèces ligneuses.....	38
Tableau XI	: Classification préférentielle des principaux ligneux fourragers.....	39
Tableau XII	: Matrice des critères.....	39
Tableau XIII	: Utilisation préférentielle des différents organes des principales espèces.....	40
Tableau XIV	: Production moyenne de feuilles et fruits par espèce en fonction du temps.....	58
Tableau XV	: Influence de la classe sur la production de feuilles et fruits.....	59
Tableau XVI	: Interaction entre espèce et classe de hauteur.....	61
Tableau XVII	: Production de biomasse morte en fonction du temps.....	62
Tableau XVIII	: Production moyenne de biomasse herbacée des pâturages en fonction du temps.....	63
Tableau XIX	: Teneur moyenne en matière sèche (% de MF) des feuilles et fruits des ligneux.....	66
Tableau XX	: Teneur moyenne en matière minérale (% de MS) des feuilles et	

LISTES DES FIGURES ET PLANCHES

Figures		Pages
Figure 1 :	Variation de la pluviométrie de 10 dernières années par rapport à la moyenne à DORI.....	6
Figure 2 :	Variation des température moyennes et des précipitations de l'année 2000 à DORI.....	7
Figure 3 :	Productivité de biomasse foliaire des espèces ligneuses en fonction du climat.....	18
Figure 4 :	Composition botanique du pâturage et régime alimentaire des caprins, ovins et bovins à Vindou Tiengoli au Sénégal.....	22
Figure 5 :	Production totale de biomasse morte par espèce.....	59
Figure 6 :	Production de biomasse morte par espèce suivant les classes de hauteur.....	60
Figure 7 :	Évolution de la production dans le temps.....	62
Figure 8 :	Courbe de prédiction de la biomasse morte et le diamètre moyen du houppier.....	63
Figure 9 :	Production moyenne des pâturages naturels dans le temps.....	65
Figure 10 :	Évolution dans le temps de la biomasse ligneuse et de la biomasse herbacée.....	66
Figure 11 :	Rythme d'activité des caprins en pâture en fonction du temps.....	74
<u>Planches</u>		Pages
Planche 1 :	Dispositif de mesure de la biomasse morte.....	31
Planche 2 :	Dimensions corporelles d'une chèvre sahélienne.....	34
Planche 3 :	Dispositif de mesure de la hauteur de pâture.....	35
Planche 4 :	<i>Acacia raddiana</i> : Phénogramme par classe de hauteur.....	46
Planche 5 :	<i>Acacia seyal</i> : Phénogramme par classe de hauteur.....	48
Planche 6 :	<i>Acacia laeta</i> : Phénogramme par classe de hauteur.....	50
Planche 7 :	<i>Balanites aegyptiaca</i> : Phénogramme par classe de hauteur.....	53
Planche 8 :	<i>Ziziphus mauritiana</i> : Phénogramme par classe de hauteur.....	55

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

FDC	:	Fondation pour le Développement Communautaire
FIS	:	Fondation Internationale pour la Science
INERA	:	Institut de L'Environnement et de Recherches Agricoles
MRA	:	Ministère des Ressources Animales
SSA-EE	:	Service des statistiques Agricoles de l'Économie et de l'Élevage
MARP	:	Méthode Active de recherche Participative
PIB	:	Produit Intérieur Brut
UBT	:	Unité du Bétail Tropical
MAT	:	Matière Azotée Totale
MS	:	Matière Sèche
MM	:	Matière Minérale
NDF	:	Neutral Detergent Fiber
ADL	:	Acid Detergent Lignin
ADF	:	Acid Detergent Fiber
CB	:	Cellulose Brute
UF	:	Unité fourragère

Résumé

Les méthodes d'étude de la production de fourrages ligneux sont le plus souvent destructrices et il existe très peu de mesures sur la biomasse accessible aux animaux. Cette étude s'est penchée particulièrement sur l'évaluation de la production de biomasse accessible des fourrages à travers notamment cinq espèces représentatives des pâturages sahéliens Burkina Faso. Les approches méthodologiques utilisées concernent : le diagnostic participatif (MARF), le suivi des différents stades de développement végétatif (phénologie), la récolte et le ramassage des feuilles, fruits/ gousses tombés au sol, directement accessible aux caprins, le suivi et la mesure du comportement alimentaire et la hauteur moyenne de pâture des caprins au pâturage libre.

Il ressort que : 1°) de l'avis des producteurs, la plupart des espèces ligneuses sahéliennes sont appréciées à des degrés divers par les animaux. Cependant la contribution des différentes espèces dans l'affouragement des animaux peut être limitée par la disponibilité, l'accessibilité et l'appétibilité; 2°) la distribution de la biomasse (feuilles, fleurs et fruits) dans le temps avec les stades de développement phénologique; 3°) la biomasse ramassée au sol pour les trois espèces (*Acacia raddiana*, *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana*) augmente proportionnellement avec la classe de hauteur et elle varie d'une espèce à une autre. La production moyenne des feuilles et fruits est respectivement de 1372,73 g et 4106,8 g chez *A.raddiana*, 568,93 g et 69,86 g chez *B.aegyptiaca* et 247,58 g et 1743,07 g chez *Z.mauritiana*. L'analyse chimique de biomasse de ces trois espèces donne des teneurs importantes en MAT (50,07 à 205,70g/ Kg de MS) et en MM (3,31 à 18,18 % de MS) tandis que les teneurs en constituants pariétaux sont faibles (13,63 à 33,86 % de MS pour ADF et 20,20 à 39,56 % de MD pour NDF). Malheureusement les teneurs en lignine (5,13 à 15,87 % de MS) et le degré de lignification des parois (25 à 54%) sont élevés. 4°) les caprins suivis consacrent en moyenne 60 % de leur temps de pâture sur les fourrages ligneux entre janvier et mars et ils peuvent prélever le feuillage situé à une hauteur moyenne de 1,66 m du sol.

Mots clés : Diagnostic participatif, fourrages ligneux accessibles, composition chimique, comportement alimentaire, hauteur de pâture, caprins sahéliens.

1^{ère} partie :

GENERALITES

INTRODUCTION GENERALE

Au Burkina Faso, le secteur élevage occupe la deuxième place dans l'économie des populations rurales. Sur le plan macroéconomique, l'élevage contribue au PIB pour environ 10% (129,5 milliards de FCFA) (MRA, 1998). L'effectif total du cheptel est dominé par les ruminants avec 18.642.200 de têtes dont les caprins représentent 42,45 %, les ovins 33, 30 % et les bovins 24,25 % (SSA-EE, 1997). Ces animaux sont élevés dans un système extensif, les pâturages naturels constituant l'essentiel du disponible fourrager.

Dans la zone sahélienne (Nord du pays) les pâturages naturels sont dominés par des espèces annuelles, caractérisées par un cycle de développement court (croissance, floraison, fructification, dissémination) et tributaire de la saison des pluies. A cette période, le fourrage est abondant. Cependant, au cours de la saison sèche, les herbacées sont à l'état de pailles de faible valeur nutritive et ne peuvent pas assurer le besoin d'entretien du bétail. Par contre, les ligneux dont la croissance est moins dépendante de la pluviosité représentent la seule source de fourrage vert. Feuilles, fruits, jeunes rameaux peuvent atteindre 50% à 90% du régime alimentaire respectivement des bovins et petits ruminants (Guerin, 1987; Bodji et N'guessan, 1987; César et Zoumana, 1999).

Force est de constater que les travaux sur les ligneux sont plus focalisés sur l'inventaire du peuplement, la composition chimique et la digestibilité (Le Houérou, 1980; Piot *et al.*, 1980; Kaboré-Zoungrana, 1995). Les données sur la biomasse disponible et accessible aux ruminants sont rares. En outre, les données existantes sous-estiment la production disponible parce qu'elles ne prennent pas en compte la fraction de feuilles et fruits tombée et qui est aussi bien appréciée par les animaux. C'est pourquoi, notre étude qui porte sur l'«Évaluation de la biomasse ligneuse accessible aux chèvres» veut contribuer à la recherche de méthodes adaptées d'évaluation de la production de fourrages des espèces ligneuses sahéliennes. Cette étude s'inscrit dans le cadre global de travaux d'évaluation de potentialités pastorales de la station expérimentale de KATCHARI (Station de l'INERA) et de ces environs. Elle a été soutenue par l'appui financier de la Fondation International pour la Science (FIS).

L'objectif principal de cette étude est l'évaluation de la biomasse fourragère de quelques espèces ligneuses sahéliennes accessible aux chèvres du Sahel burkinabé. Les objectifs spécifiques étant :

- avoir des connaissances endogènes sur les fourrages ligneux;
- estimer le stade de développement (phénologie) des espèces étudiées;

- évaluer la production de biomasse;
- déterminer la composition chimique des feuilles, inflorescences et fruits des ligneux concernés;
- déterminer le comportement alimentaire des chèvres au pâturage et la hauteur moyenne de brout des ligneux.

Ce mémoire est structuré en deux parties :

- ◆ la première partie consacrée aux généralités sur le milieu d'étude et les ligneux fourragers;
- ◆ la deuxième partie présentera l'étude expérimentale sur laquelle la démarche méthodologique sera décrite, suivie des résultats et discussion et enfin la conclusion et les suggestions

1^{ère} partie :

GENERALITES

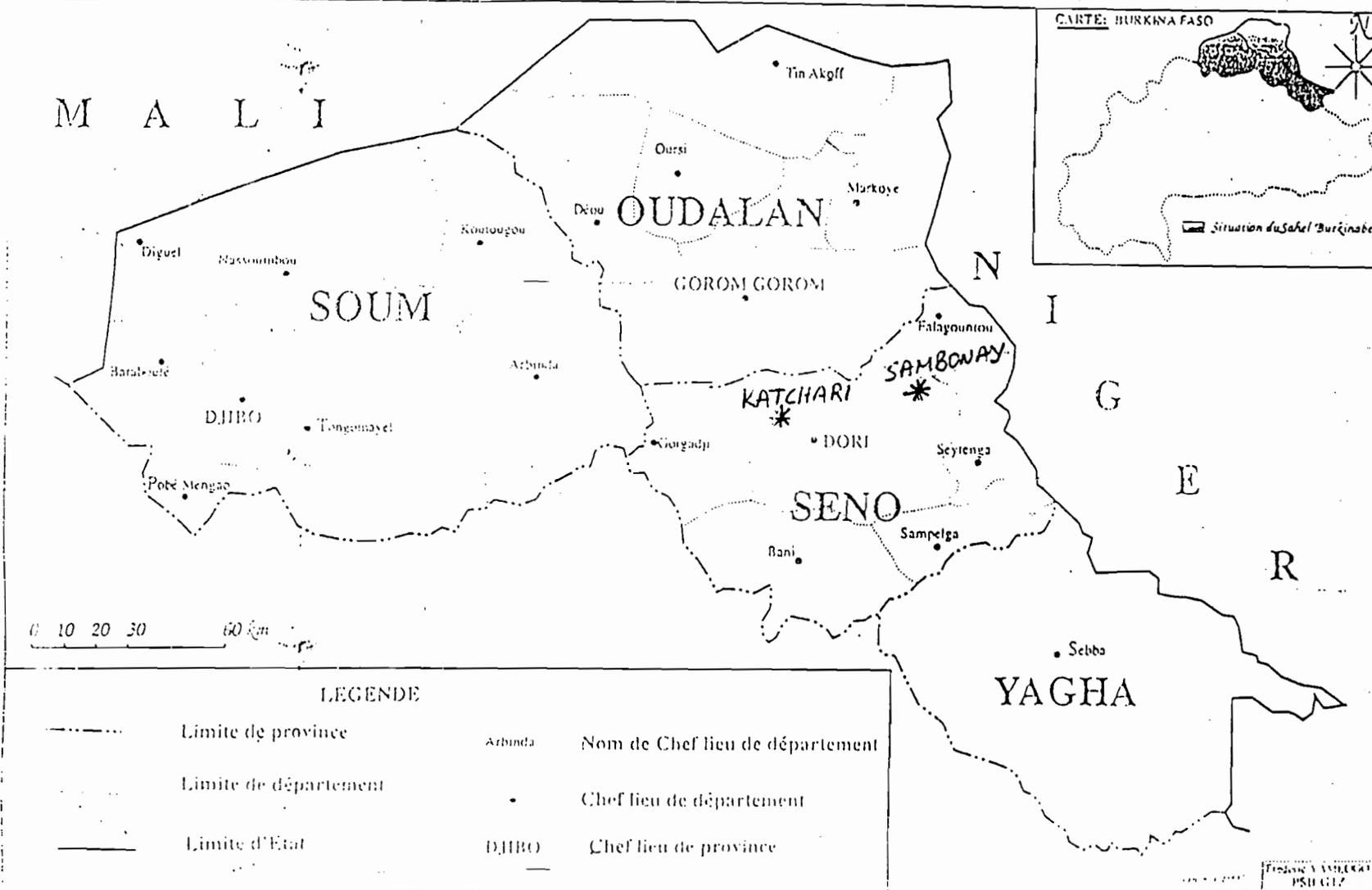
1 - PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

1.1 – Milieu physique

1.1.1 - Situation géographique

L'étude s'est déroulée dans les sites expérimentaux de KATCHARI et de SAMBONAY. Ces sites sont situés dans le département de DORI (région Nord du Burkina Faso) chef lieu de la province du SENO. KATCHARI est situé entre les latitudes 13°55' et 14°05' Nord et les longitudes 0°00' et 0°10' Ouest. Il est à 11 km à l'Ouest de DORI sur l'axe DORI- DJIBO. Tandis que SAMBONAY est localisé à 14°08' latitudes Nord et 0°3' longitudes Est, à 25 km au Nord-Est de DORI sur l'axe DORI-FALAGOUNTOU (frontière avec le NIGER).

Carte : Région du Sahel Burkinabé (Provinces et Départements)



1.1.2 - Climat

Les deux sites appartiennent au domaine climatique de type Nord Sahélien (**Fontes et Guinko, 1995**). Ce climat se caractérise par une saison des pluies brève de trois à quatre mois (juin à septembre) et une longue saison sèche s'étalant sur le reste de l'année. Les données climatiques sont celles enregistrées à la station météorologique de DORI (14°02' Nord de Latitude, 0°02' Ouest de Longitude et 276,5 m d'Altitude).

► *La pluviosité*

La figure 1 montre les courbes des précipitations de 1991 à 2000 enregistrées à DORI (station la plus proche de KATCHARI et de SAMBONAY). Les hauteurs d'eau tombées oscillent entre 300 et 600 mm/ an. La moyenne décennale est de 465 mm avec un maximum de 542 mm (en 1994) et un minimum de 320 mm (en 1993). Pour l'année 2000, la pluviométrie est déficitaire (350 mm) par rapport à la moyenne décennale (465mm). Les mois de juillet et août reçoivent le maximum de pluies (figure 2). C'est pendant ces mois que le sol se gorge d'eau pour assurer une végétation active qui dure environ 2,5 mois. Au cours de cette phase, les végétaux croissent, fleurissent et fructifient (**Grouzis, 1979** cité par **Sanon, 1995**).

► *Les températures*

Les minima et les maxima oscillent entre 15°C et 45°C, et les moyennes pour l'année 2000 sont respectivement de 24,1°C en février et 35,7°C en mai. L'écart thermique journalier est supérieure à 15°C (figure 2). Des températures moyennes minimale de 22,14°C et maximale de 37,23°C sont enregistrées à DORI entre 1991 à 2000.

► *Les vents*

Deux vents dominants soufflent dans le Sahel et notamment dans la province du SENO. Il s'agit de: l'harmattan (vent sec qui souffle pendant la saison sèche froide) contribue avec l'érosion hydrique au décapage de l'horizon superficiel des sols et à la chute de feuilles, fleurs, fruits des ligneux; et de la mousson (vent chaud et humide d'origine atlantique) qui annonce les pluies.

1.1.3 – Sols et géomorphologie

Selon les travaux de **Sanou (1996)**, nous distinguons à KATCHARI les types de sols suivants en fonction de la géomorphologie de terrains :

* les sols peu évolués d'apports colluviaux modaux se rencontrent dans les buttes cuirassées démantelées;

* les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés localisés au niveau des glacis moyennement érodés;

* les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions se rencontrent le plus souvent dans les glacis décapés;

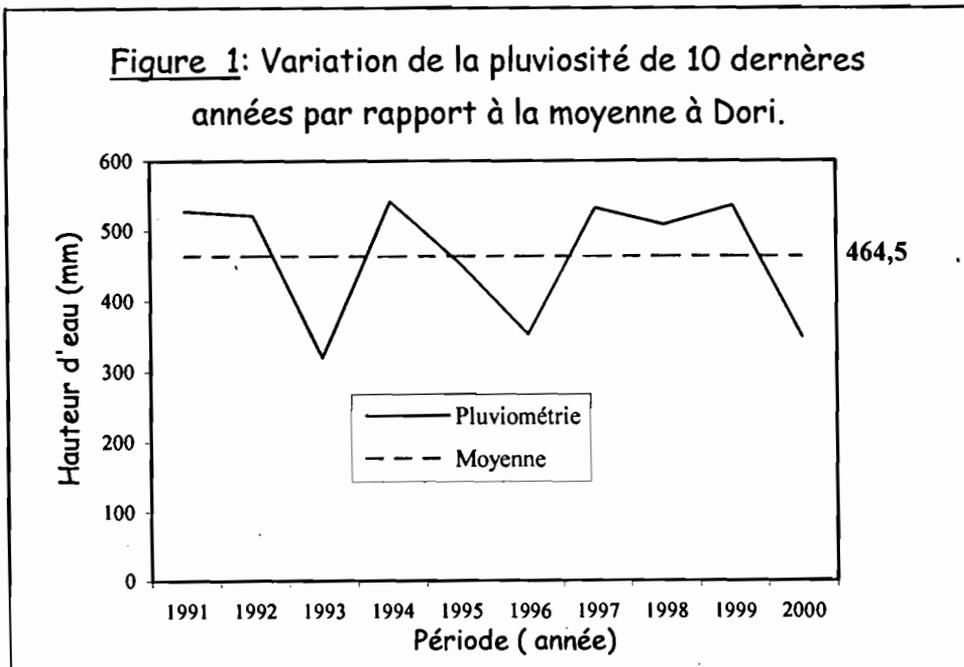
* les sols bruns eutrophiés peu évolués sont localisés dans les dunes sableuses;

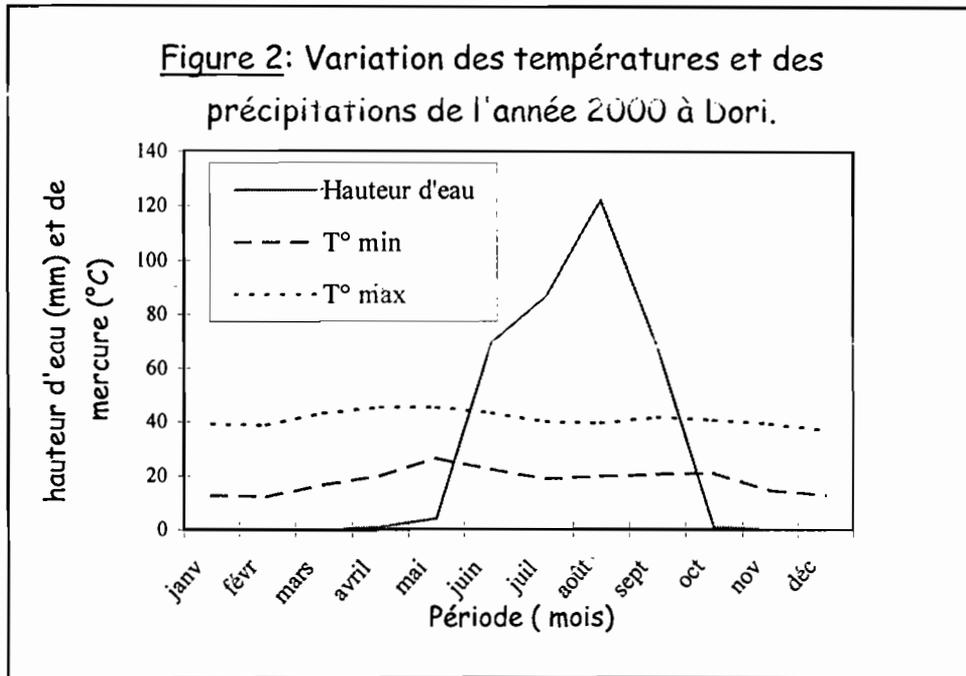
* les sols hydromorphes peu humifères à pseudogley situés dans les bas-fonds et les dépressions;

* les solonetz à structure peu dégradée localisés au niveau des glacis à recouvrement sableux d'épaisseur variable;

* les lithosols sur cuirasses ferrugineuses sont fréquents dans les zones à recouvrement gravillonnaire.

Ces sols se caractérisent par une mauvaise fertilité globale et un faible pouvoir de rétention d'eau, ce qui affecte de façon négative la qualité et la quantité des ressources fourragères. En outre, ils sont très sensibles aux érosions hydrique et éolienne en témoigne la présence de nombreuses plages nues.





1.1.4 – Végétation naturelle

La végétation de nos deux sites appartient au domaine phyto-géographique Nord Sahélien caractérisé par des steppes arbustives à épineux dans les glacis et les dunes, savanicole dans les bas-fonds et les prairies humides et aquatiques autour des mares (Fontes et Guinko, 1995).

On y distingue les formations suivantes :

► **Les formations de glacis** composées de steppes xérophiiles herbeuse et arbustive. La strate herbacée est dense dans les îlots de fertilité avec des espèces annuelles telles que : *Schoenefeldia gracilis* Kunth et *Aristida adscensionis* L.

► **Les formations de dunes et ensablements** constituées d'une strate ligneuse xérophiile très claire dominée par *Acacia raddiana* Savi, *Combretum glutinosum* Perr.ex DC. et *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. tandis que la strate herbacée est dominée par des annuelles telles que : *Cenchrus biflorus* Roxb, *Aristida mutabilis* Trin. et Rupr.

► **Les formations de bas-fonds et de bords de mare** qui se présentent sous forme de galerie forestière. Elles se caractérisent par de grands arbres tels que: *Mitragyna inermis* (Willd.) O.Kuntze., *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst, *Diospyros mespiliformis* Hochst ex A. DC., *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. et Perr.

1.1.5 – Pâturages

Les pâturages sont composés de la végétation spontanée (herbacée et ligneuse) et de champs après récolte. On distingue trois (3) types de pâturages à KATCHARI (Poissonet *et al*, 1996; Zerbo, 1993):

► ***Les pâturages de glacis***

Ces glacis offrent aux animaux une strate herbacée discontinue, dense dans les îlots de fertilité, dominée par les annuelles bien appréciées par le bétail. La production moyenne de biomasse varie de 0,5 à 0,9 t de MS/ ha/ an. La capacité de charge moyenne est la plus faible du terroir (6,5 à 11ha/ UBT/ an.). La strate ligneuse est recherchée par les animaux pendant la saison sèche. Les légumineuses du genre *Acacia* dominent cette strate ligneuse;

► ***Les pâturages de dunes et ensablements***

Ils forment l'essentiel des terres de culture, ce qui limite leur exploitation par le bétail. La strate ligneuse est constituée par des arbustes *Combretum glutinosum* Perr.ex.DC, *Ziziphus mauritiana* Lam., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Acacia sp* directement broutée par les caprins et ovins. La capacité de charge moyenne est de l'ordre de 3 à 6 ha/ UBT/ an et la production moyenne varie de 1,5 à 2,5 t de MS/ ha;

► ***les pâturages des dépressions ouvertes et bas-fonds***

Sur ces pâturages, le tapis herbacé offre du fourrage vert de quelques semaines après la saison sèche. La production moyenne de biomasse herbacée varie de 1,2 à 2,5 t MS/ ha et sa capacité de charge moyenne est de l'ordre de 4 ha/ UBT/ an. Ces parcours de dépressions sont constitués d'une végétation ligneuse arbustive à arborée relativement dense. Les principales espèces appréciées sont : *Acacia raddiana* Savi, *Guiera senegalensis* J.F.Gmel., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del, *Grewia tenax* (Forssk.) Fiori, *Acacia seyal* Del., *Acacia nilotica* (L.) Willd.ex Del.

1.2 – Milieu humain

1.2.1 - Population

Le terroir de KATCHARI s'étend sur 31,52 km² et comptait 987 habitants en 1994 (FDC, cité par IN.E.R.A., 1995) soit une densité moyenne de 29,8 habitants au km². Dans nos deux sites (de KATCHARI et SAMBONAY) les principaux groupes ethniques présents sont : les Peuls, les Malébés, les Bellas, et les Gourmantchés. Ces ethnies sont organisées par groupes d'activités socio-économiques.

1.2.2 - Les principales activités socio-économiques

Les activités dominantes sont l'agriculture et l'élevage avec un accent variable sur l'une ou l'autre composante.

► **L'agriculture** : C'est une agriculture de subsistance utilisant la main d'œuvre familiale. Le mil (*Penisetum americanum* syn. typhoïdes) et le sorgho (*Sorghum vulgare*) constituent les principales cultures. Les rendements sont faibles (de l'ordre de 300 kg à l'hectare pour le mil et le sorgho) à cause de la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies, de la pauvreté des sols en azote et phosphore et le faible niveau de technicité des producteurs.

Face à une telle situation, les paysans ont tendance à exploiter de nouveaux champs et à réduire les jachères. Ce qui se traduit sur le plan pastoral par une réduction des aires de pâture, une augmentation de la charge animale réelle et donc une surexploitation des ressources naturelles.

► **L'élevage** : Il est de type extensif et transhumant. Les espèces animales sont dominées par les ruminants (bovins, ovins et caprins) puis les espèces asines, les porcins, les camélidés et la volaille.

Dans la province du SENO, notre zone d'étude, les caprins sont les plus nombreux (905,600 têtes) suivis des ovins (354,700 têtes) et 336,300 têtes des bovins (SSA-EE, 1997). En effet, l'importance numérique des petits ruminants (caprins et ovins) peut créer un équilibre entre végétation herbacée et végétation ligneuse compte tenu de la préférence de ceux-ci sur les fourrages ligneux.

► **Autres activités** : Outre l'agriculture et l'élevage, les populations mènent d'autres activités génératrices de revenus. Il s'agit de l'artisanat, le commerce (bétail, céréales) et l'orpaillage.

2 - ETAT DES CONNAISSANCES DES LIGNEUX FOURRAGERS DANS LA ZONE D'ETUDE

2.1 - Importance et rôle des ligneux fourragers

2.1.1 - Notion d'espèce ligneuse de brou

Le brou est constitué de feuilles, fruits, fleurs et jeunes rameaux des arbres et arbustes susceptibles d'être consommés par les animaux. Il convient de noter que la consommation ou l'appétibilité du brou dépend de la préférence de l'espèce animale et de la disponibilité fourragère. C'est ce qui rend complexe la définition du brou. **Le Houérou (1980)** pour sa part va plus loin en expliquant que la complexité de ce qu'est une espèce ligneuse de brou découle de nombreuses raisons tenant aux stades phénologiques de la plante, à la saison, aux habitudes alimentaires des animaux et à leur état physiologique, à la pression pastorale, à la composition du pâturage offert, à l'abondance ou à la rareté du ligneux considéré, etc.

Néanmoins, de nombreux auteurs (**Le Houérou, 1980; Kiéma, 1991; Kaboré-Zougrana, 1995**) distinguent en général trois catégories d'espèces ligneuses de brou: celles qui sont toujours consommées par la plupart des herbivores domestiques, celles qui sont plus ou moins consommées selon les circonstances, et enfin celles jamais consommées. Sur 143 espèces fourragères de l'Afrique tropicale (à l'exception du désert), **Atta-Krah (1989)**, a estimé les taux d'utilisation fourragère suivants : 55 % pour les *Mimosaceae*, 27,5 % pour les *Papilionaceae* et 17,5 % pour les *Ceasalpiniaceae*

2.1.2 - Importance numérique des ligneux dans la zone d'étude.

Au niveau du terroir de KATCHARI, **Sanon (1995)** a mis en exergue l'importance des recouvrements ligneux et les espèces dominantes sur les neuf (9) unités de pâturage en rapport avec les unités géomorphologiques (tableau I)

Tableau I: Recouvrement et nombre d'espèces ligneuses des principales unités de pâturage à KATCHARI

Unités de pâturage	N ^{bre} d'espèces ligneuses	R% ligneux (N ^{bre} / ¼ ha)	1 ^{er} et 2 ^{ème} ligneux dominants
Cuirasse et affleurement gravillonnaire.	1	1	<i>Grewia tenax</i>
Glacis pierreux gravillonnaires	9	5 - 20	<i>Acacia raddiana</i> , <i>Acacia laeta</i>
Glacis limoneux	5	5 - 13	<i>Acacia raddiana</i> , <i>Balanites aegyptiaca</i>
Glacis sablo-limoneux	10	4 - 30	<i>Acacia raddiana</i> , <i>Acacia laeta</i>
Ensablement de bas glacis	15	7 - 40	<i>Balanites aegyptiaca</i> , <i>Ziziphus mauritiana</i>
Ensablement moyenne glacis	8	4 - 40	<i>Ziziphus mauritiana</i> , <i>Acacia raddiana</i>
Thalweg dépressions peu denses	11	12 - 50	<i>Combretum micranthum</i> , <i>Acacia raddiana</i>
Thalweg et dépressions denses	12	40 - 90	<i>Combretum micranthum</i> , <i>Acacia seyal</i>
Dépressions inondables	17	20 - 130	<i>Guiera senegalensis</i> , <i>Combretum micranthum</i>
Glacis limoneux induré	-	-	-

(Source : Sanon, 1995)

Nbre: nombre

R: recouvrement

Le même auteur rapporte l'existence de 35 espèces ligneuses plus ou moins consommées par les ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins et camélins) (tableau II).

De même Koné *et al.* (1987) ont dénombré en zone sahélienne une vingtaine d'espèces ligneuses intervenant de façon significative dans le régime des ruminants. Celles ci sont constituées de légumineuses du genre *Acacia*, des *Combretaceae*, de *Balanites aegyptiaca*, de *Calotropis procera*,...

Tableau II Espèces ligneuses et organes consommés par les ruminants (bovins, ovins, caprins et camélins) à KATCHARI.

Famille	Espèces	Organes		Bovins	Ovins	Caprins	Camélins
		feuille	fruit				
Mimosaceae	<i>Acacia albida</i> Del.	++	++	+	++	++	++
Mimosaceae	<i>Acacia laeta</i> R.Br.Ex.Benth	++	++	+	++	++	++
Mimosaceae	<i>Acacia macrostachya</i>	+	+	.	+	+	-
Mimosaceae	<i>Acacia nilotica</i> (L.)Will.ex.Del	++	++	++	++	++	++
Mimosaceae	<i>Acacia raddiana</i> Savi	++	++	++	++	++	++
Mimosaceae	<i>Acacia senegal</i> (L.)Willd	++	++	+	++	++	++
Mimosaceae	<i>Acacia seyal</i> .Del.	++	++	++	++	++	+
Mimosaceae	<i>Acacia</i> sp.	++	++	+	++	++	++
Bombacaceae	<i>Adansonia digitata</i> L.	++	.	++	++	++	.
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i>	+	+	.	-	-	-
Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpus</i> C.) Guill. et. Perr	++	-	++	++	++	+
Zygophyllaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.)Del.	++	++	++	++	++	++
Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	++	++	+	++	++	++
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i> (Ait.)R.Br.in Ait. f.	+	+	-	-	+	-
Caesalpiniaceae	<i>Cassia occidentalis</i>
Combretaceae	<i>Combretum aculaetum</i> Vent	++	++	++	++	++	.
Combretaceae	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	+	.	+	.	+	.
Combretaceae	<i>Combretum micranthum</i> G.Dom	+	.	+	+	+	.
Caesalpiniaceae	<i>Daniellia oliveria</i> Hutch. Et Dal.	.	+	+	+	+	-
Ebenaceae	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst.exA.DC	+	+	.	+	+	.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia balsamifera</i> Ait.	+	-	.	+	+	-
Rubiaceae	<i>Feratia apodanthera</i> Del.	++	++	.	++	++	++
Moraceae	<i>Ficus gnaphalocarpa</i> L.	+	++	+	++	++	-
Combretaceae	<i>Guiera senegalensis</i> J.F.Gmel	++	+	+	+	++	++
Tiliaceae	<i>Grewia tenax</i> (Forssk.)Fiori	++	-	++	++	++	+
Palmeae	<i>Hyphaene thebaïca</i> (L.)Mart.	+	+	+	+	.	.
Asclepiadaceae	<i>Leptadeniapyrotechnica</i> (Forssk)Decne	+	.	-	.	+	+
Capparidaceae	<i>Maerua crassifolia</i> Forssk.	++	-	++	++	++	++
Rubiaceae	<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.)O.Kuntze	+	-	+	+	++	+
Caesalpiniaceae	<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.)Hochst.	+	++	++	++	++	+
Caesalpiniaceae	<i>Pterocarpus lucens</i> Lepr.	++	+	++	++	++	++
Caesalpiniaceae	<i>Sclerocarya birrea</i> (A.Rich.)Hochst.	+	+	.	.	+	.
Caesalpiniaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	++	+	+	++	++	+
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	+	++	-	++	++	++
Rhamnaceae	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	++	+	+	+	++	+

(Source : Sanon, 1995)

Légende : ++ : Très brouté, très appété, grande importance fourragère

+ : Brouté occasionnellement, peu à moyennement appété, importance fourragère restreinte

- : Pas de renseignement

. : non brouté

De façon générale, la dégradation des ressources végétales amorcée depuis plus de 30 ans au Sahel, se manifeste par des mortalités sélectives de certaines plantes ligneuses (*Pterocarpus lucens* Lepr.) et une résistance plus étonnante de certaines espèces *Acacia raddiana* Savi., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del.(Ganaba, 1994).

2.1.3 - Rôle écologique des ligneux

Outre leur rôle fourrager, les arbres et arbustes jouent un rôle important dans l'équilibre de l'écosystème sahélien. En effet, la végétation ligneuse intervient dans le maintien de la fertilité et la production des sols, la protection du sol contre les intempéries climatiques (vents, eau de ruissellement, températures,...), la composition floristique des herbacées et l'ombrage pour les animaux et les hommes.

► *Maintien de la fertilité des sols*

Plusieurs auteurs (Le Houérou, 1980; Wickens, 1980; Grouzis et Akpo, 1993) ont fait état de l'influence des ligneux sur la fertilité des sols. En effet, l'apport d'éléments fertilisant au sol se fait soit par la dégradation de la litière non appétée par les animaux, soit par le recyclage de l'azote inorganique au niveau des racines souterraines. La matière organique ainsi incorporée améliore la structure physique du sol et elle fournit des éléments minéraux (P, N) indispensables à la croissance végétale. Un bel exemple de ce rôle est donné par *Faidherbia albida*. C'est un arbre typique de région sahélienne, qui a la particularité de perdre ses feuilles en début de saison des pluies, ce qui permet au sol de profiter de l'humus provenant des feuilles et aussi du fumier et urine produits par le bétail qui vient brouter les gousses ou se reposer sous l'ombrage. Comme de nombreuses espèces légumineuses, *Faidherbia albida* joue un rôle régénérateur de la fertilité des sols grâce à sa symbiose fixatrice de l'azote atmosphérique. Ainsi, les rendements de mil sont estimés à 2,5 ou 3 fois supérieurs dans les champs plantés de *Faidherbia albida* (Le Houérou, 1980).

► *Rôles érosifs et brise- vents*

Il n'est pas rare de voir dans les actions de lutte contre l'avancée du désert que des plantules soient plantées. Ces plantations visent à créer des obstacles au courant d'air violent et à l'eau (ruissellement) à la surface du sol. Ceci permet de stabiliser les particules fines: limon, sable fin et matière organique à la surface du sol. Ainsi, la végétation ligneuse installée en haie vive ou morte en réduisant la vitesse du vent et de l'eau améliore la structure du sol et donc sa résistance à l'érosion..

► *Rôle d'ombrage*

La zone sous jacente des arbres et arbustes reçoit moins de rayons solaires que le milieu découvert. En effet, Belsky *et al.* (1989) cité par Grouzis et Akpo (1993) notent que le

rayonnement global est réduit de 45 à 60% sous *Acacia tortilis* ssp *raddiana* et *Adansonia digitata*. Cette réduction du rayonnement à la surface du sol s'accompagne inévitablement d'une baisse de températures de l'air et partant une réduction de l'évapotranspiration. Ainsi, l'ombrage des ligneux en réduisant la température moyenne au-dessus du sol permet aux animaux qui s'y reposent de réduire leur dépense d'énergie de thermorégulation et leur consommation d'eau en saison sèche.

► *Protection et composition floristique des herbacées*

Selon **Walker (1980)**, l'effet d'ombrage réduit de 50 à 70% l'évapotranspiration potentielle au niveau du tapis herbacé. Cette réduction de l'évapotranspiration favoriserait la production de la biomasse herbacée sous les ligneux et le tapis herbacé reste vert au début de la saison sèche. En outre, la végétation ligneuse influence également la composition de la flore herbacée. En effet, **Sanford et al (1982)** ont observé au Nigeria que l'ombrage favoriserait le développement d'*Andropogon* plus que les autres espèces comme *Schizachyrium sanguineum* et *Hyparrhenia* sp., moins appréciées par les animaux.

2.1.4 - Autres utilisations des ligneux fourragers

Outre leurs importances écologique et fourragère, les arbres et arbustes sahéliens contribuent à la vie socio-économique des populations rurale et urbaine. Ils sont souvent utilisés pour satisfaire les besoins dans les domaines alimentaires (consommation directe de feuilles et fruits), vestimentaire (teinture), énergétique (bois de chauffe), médical (soins des maladies humaine et animale), agricole (manche d'outils, fixation de l'azote au sol, restauration des sols épuisés et la régénération des sols stérilisés par la salinité ou l'alcalinité, etc.) et lutte contre la désertification (stabilisation de dunes).

2.2 - Méthodes d'évaluation de la production des fourrages ligneux

La production de fourrages ligneux dépend de l'état de la frondaison, du nombre et de la taille des individus, des espèces en présence (**Fontes et Guinko, 1995**) et de la zone considérée. Ces facteurs très variables dans le temps et dans l'espace rendent difficiles les mesures de la biomasse ligneuse appréciable.

Il existe peu de données et parmi les méthodes utilisées jusqu'à présent nous distinguons deux principales : les mesures directes et les relations allométriques. Trois

grandes étapes sont généralement suivies : caractérisation du peuplement, échantillonnage et extrapolation de résultats à l'ensemble du peuplement végétal.

► Caractérisation du peuplement

L'inventaire des ligneux* : Basé sur le comptage exhaustif des plantes dans les parcelles élémentaires (de 0,1 à 0,5 ha) représentatifs du peuplement dont on veut évaluer la biomasse ligneuse. Il permet d'identifier les espèces reconnues appréciées. espèce par espèce en distinguant les organes (feuilles, fleurs, fruits, rameaux,...) consommés. A ce propos, **Skerman (1982) estime que 75 % des arbres et arbustes sont consommés à des degrés divers par les ruminants domestiques et sauvages en Afrique Occidentale.

** Mesures des caractères structuraux* : Il s'agit de mesures dendrométriques (hauteur totale, circonférence du tronc à la base, diamètre et surface de la couronne, volume du houppier,...) effectuées sur des ou un (1) échantillon (s) de plantes.

► Échantillonnage

Il concerne le choix des individus ou de groupe d'individus sur lesquels s'effectueront les mesure de biomasse foliaire. C'est l'étape la plus importante qui peut affecter la fiabilité de la méthode mais les approches proposées varient en fonction de la méthode de mesures de biomasse.

► Extrapolation des résultats

La biomasse (feuilles, fruits,...) appréciable est récoltée séparément et exprimée en kilogramme de matière sèche par individu et/ ou groupe d'individus. La production ainsi obtenue est convertie en kg de MS par hectare pour l'ensemble du peuplement.

2.2.1 – Mesures directes

La méthode de mesure directe de la biomasse des arbres et arbustes fourragers est basée sur la récolte intégrale par l'abattage et/ou l'effeuillage des individus dont les mesures dendrométriques ont été préalablement réalisées (**Piot et al, 1980; Cissé, 1980; Bille, 1980; Poissonet et al., 1985; Azocar et al., 1991**). Un échantillon de la matière verte récoltée est prélevé et séché à l'étuve pour déterminer la teneur en matière sèche. Ceci permet d'exprimer la fraction appréciable en kg de MS. Les paramètres dendrométriques sont corrélés aux biomasses récoltées. Enfin des équations de régressions linéaire ou exponentielle sont établies entre la biomasse (en g de MS) et les paramètres physiques mesurés. En utilisant cette

méthode de mesure, **Cissé (1980)** a obtenu des coefficients de corrélations positifs et significatifs ($0,84 < r < 0,98$) entre le logarithme de la production de biomasse de 6 espèces ligneuses sahéliennes (*Faidherbia albida*, *Acacia seyal*, *Pterocarpus lucens*, *Ziziphus mauritiana*, *Commiphora africana*, *Balanites aegyptiaca*) et les paramètres suivants : la circonférence du tronc, la hauteur totale et la surface du houppier .

Il faut dire que cette méthode revêt un caractère destructeur et fastidieux dans sa mise en oeuvre pour un intérêt pastoral moindre parce qu'une partie seulement de la biomasse totale est susceptible d'être consommée par les animaux. En outre, les résultats obtenus peuvent être viables pour la zone considérée et ne peuvent en aucun cas être généralisés à d'autres zones écologiques pour des raisons précédemment évoquées.

2.2.2 – Relations allométriques

C'est une méthode récente envisagée pour corriger le caractère destructeur et fastidieux des méthodes directes (**Bellefontaine et al., 1997**). La biomasse est évaluée sur les rameaux standards. Ces rameaux sont constitués de brins similaires en diamètre basal et en densité de feuillage. La récolte de biomasse consiste à prélever sur l'arbuste des touffes de deux brins choisis au hasard au niveau de chaque classe de brins similaires. Le poids sec moyen de ces deux brins est utilisé pour calculer le poids sec de biomasse des arbustes dont on connaît le nombre de classe et le nombre de brins par classe (**Bakkali et al., 2000**). Le phytovolume de l'arbuste est calculé par la formule suivante :

$$V = R^2 \Pi h_m \text{ avec } h_m : \text{ hauteur moyenne en cm}$$

$$R : \text{ rayon moyen en cm et le phytovolume } V \text{ en cm}^3:$$

Contrairement à la précédente méthode, la méthode de rameaux standards (**Bakkali et al., 2000**) est simple et pourrait être facilement adoptée. Mais sur le plan scientifique nous estimons qu'il y a problème en ce sens que : chaque couple de brins est coupé et évalué une seule fois, deux brins similaires ne peuvent avoir forcément la même frondaison; celle ci est fonction de conditions environnementales et de la distribution de la sève sur les différents brins, et on ne connaît pas la partie accessible au bétail.

Ickowicz (1995) cité par **Bellefontaine et al. (1997)** rapportent que la hauteur et la pénétrabilité (c'est à dire le volume de la périphérie du houppier inférieur à 1.5 m) sont les critères permettant d'évaluer la partie accessible et consommable par les animaux. D'autres auteurs (**Piot et al., 1980; 1980; Bellefontaine et al., 1997**) ont établi des équations de type

linéaire, exponentielle ou logarithmique entre la biomasse maximale de feuilles (en g de MS) et les mesures dendrométriques (diamètre du tronc à la base, circonférence du tronc, hauteur de la cime, surface de recouvrement) (tableau III).

Tableau III : Relations d'allométrie entre biomasse foliaire maximale et les mensurations des espèces ligneuses

Espèces	Relations allométriques	Sources
<i>Acacia laeta</i>	$BM = 142 D + 216.6$	PIOT <i>et al.</i> , 1980
<i>Acacia raddiana</i>	$BM = 52.8 D - 44.64$ $BM = 0.5 C^{2.35}$	PIOT <i>et al.</i> , 1980 CISSE, 1991
<i>Acacia senegal</i>	$\ln BM = 1.40 \ln C + 0.46$ $BM = 14.05 C^{1.46}$	POUPON, 1980 CISSE, 1991
<i>Boscia senegalensis</i>	$\ln BM = 0.47 \ln S + 0.77 \ln N + 0.91 \ln H - 4.85$ $BM = 2.34 C^{1.88}$	CISSE et SACKO, 1987 CISSE, 1991
<i>Combretum aculeatum</i>	$BM = 60.57 H - 17.66$ $BM = 1.55 C^{2.33}$	PIOT <i>et al.</i> , 1980 CISSE, 1991
<i>Guiera senegalensis</i>	$BM = 3.09 C^{1.89}$	CISSE, 1991
<i>Pterocarpus lucens</i>	$BM = 0.95 C^{2.07}$	CISSE, 1991
<i>Ziziphus mauritiana</i>	$BM = 1.38 C^{1.91}$	CISSE, 1991

(Source : Ickowicz, 1995 *In*: Bellefontaine *et al.*, 1997).

Ln = Logarithme népérien

BM = Biomasse au maximum de feuillaison (en gramme de MS)

D = Diamètre du tronc à la base (en cm)

C = Circonférence du tronc à 40 cm du sol (en cm)

H = Hauteur de la cime (en cm)

S = Surface de recouvrement (projection du houppier sur le sol) en cm²

N = Nombre de cépées



Ainsi, la complexité des méthodes d'étude explique pourquoi il existe très peu de données sur la production de fourrages ligneux. Dans les savanes boisées, la production peut atteindre 1,0 à 2 t/ ha (Fontes et Guinko, 1995) et entre 0,4 à 2 t de MS/ ha/ an au Sahel (Hiernaux, 1980; Le Houérou, 1980). Là encore, on ignore la partie accessible aux animaux.

2.2.3 - Facteurs de variations de la biomasse foliaire

La production des fourrages ligneux est sujette à des variations liées principalement à la pluviosité, au mode et à l'intensité d'exploitation des ligneux.

► Pluviosité

La pluviosité intervient dans la production de biomasse par son apport en eau du sol. En saison des pluies, le niveau de la nappe phréatique et l'humidité de l'air montent et les besoins en eau des plantes sont couverts et celles ci produisent de jeunes feuilles, de fleurs et fruits. Pendant la saison sèche, la nappe descend et seules les plantes ayant un système racinaire profond produiront de jeunes feuilles. Ainsi, les résultats de travaux menés dans différentes régions climatiques illustrés par la figure 3 montrent que la production de la biomasse foliaire augmente en fonction des gradients pluviométriques.

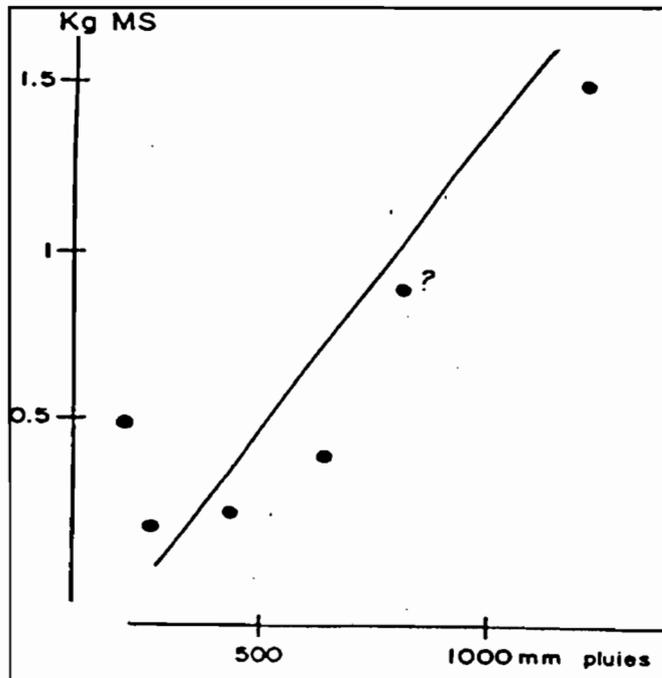


Figure 3: Productivité de biomasse foliaire en fonction du climat (Le Houérou, 1980).

► Modes et intensité d'exploitation

C'est surtout pendant la longue saison sèche que les fourrages ligneux sont plus sollicités par les ruminants domestiques. En effet, les animaux exploitent soit directement les fourrages sur l'arbre (broutage) et ceux tombés à terre (glanage), soit indirectement par le gaulage et/ ou l'ébranchage. Ce dernier mode d'exploitation lorsqu'il est appliqué sans connaissance des limites de tolérances des plantes et de façon excessive affecte négativement la productivité de la plante (IEMVT, 1989). Cependant l'ébranchage a moins de 1/3 de la plante semble préconiser par Piot *et al.*(1980).

► *Autres facteurs de variations*

Lorsqu'il s'agit d'estimer les masses foliaires des différents individus d'une population végétale, le facteur âge peut faire varier les productions. Ainsi, **Bille (1980)** rapporte dans le Sahel Malien 10 à 90 g de MS par individu jeune par an contre 1 t à 1.6 t de MS pour les plantes âgées. Dans une revue bibliographique **Kaboré-Zoungrana (1995)** rapporte que la biomasse ligneuse varie également en fonction de l'espèce, de la zone agro-climatique et aux groupements végétaux associés aux types physiologiques.

2.3 - Rapport biomasse ligneuse/ biomasse herbacée

Dans la région sahélienne du Burkina Faso, la strate herbacée est constituée majoritairement des annuelles. Celles-ci assurent une production maximale pendant la brève saison des pluies. Par contre, la strate ligneuse moins dépendante de précipitations et dotée d'un système racinaire puissant, assure une production durant la plus grande partie de la saison sèche. En effet, les espèces ligneuses sahéliennes ont un système racinaire plus profond et étalé, ce qui leur permet d'exploiter l'eau stockée dans les profondeurs inaccessibles aux herbacées en plus de l'humidité des couches superficielles des sols. En plus, les ligneux possèdent une capacité de stocker des glucides et des protéines dans leurs racines et tissus pour les réutiliser en cas de carence. Ainsi, lorsque la biomasse et la qualité des herbacées sont minimales, la végétation ligneuse constitue la seule ressource fourragère disponible et de haute valeur nutritive pour les animaux. Cependant, il a été constaté que les ligneux fourragers se développant sur les parcours naturels influencent la production de la strate herbacée qui pousse dans leur voisinage. Ainsi, **Atta-Krah (1989)** a obtenu une production double de *Pennisetum pedicellatum* sous les arbres qu'en terrain ouvert au Sahel. Par contre, la coupe des arbres et des arbustes provoque une augmentation de l'ordre de 400 % de la production herbacée (**Barnes cité par Walker, 1980**). Par ailleurs cet auteur note que le rapport végétation ligneuse/ végétation herbacée est élevée dans les régions à pluviométrie inférieure à 700 mm par an. Il relève également que le surpâturage affaiblit l'effet compétitif des graminées et favorise la croissance des plantes ligneuses.

2.4 - Phénologie

L'étude du comportement phénologique des espèces ligneuses permet de comprendre

les variations saisonnières des différents organes (feuilles, fleurs et fruits) nécessaire à la gestion des aménagements sylvo-pastoraux, et à l'évaluation du disponible fourrager ligneux.

Au Sahel, les études sur la phénologie des ligneux les plus complètes ont été réalisées par **Poupon (1979)** dans le Ferlo Sénégalais et à Oursi au Burkina Faso par **Piot et al (1980)**. Ces études ont montré que la variabilité des stades phénologiques des plantes est essentiellement liée aux facteurs intrinsèques des espèces et aux conditions climatiques du milieu. Des suivies phénologiques sur des espèces ligneuses sahéliennes ont révélé que la plupart d'entre elles perdent leur biomasse (feuilles et fruits) 2 à 3 mois avant l'arrivée des pluies. L'exception vient de l'espèce *Faidherbia albida* dont le repos végétatif coïncide avec la saison des pluies (**Kaboré-Zoungrana, 1995**). Mais il faut reconnaître que la périodicité induite par les facteurs du milieu sur les espèces n'est pas souvent élucidée.

D'un point de vue pastoral, nous constatons que l'affouragement des animaux par les bergers est assuré par les feuilles vertes, les fleurs, les fruits/ gousses de la plupart des espèces végétales pendant la période sèche.

2.5 - Composition chimique et valeur nutritive du brout.

La valeur nutritive d'un fourrage dépend de sa composition chimique et de sa digestibilité. Les fourrages ligneux ont fait l'objet d'analyses bromatologiques à divers stades de leur cycle de développement dans le monde. En Afrique, le compte rendu du colloque sur les fourrages ligneux en Afrique édité sous la direction de **Le Houérou (1980)** constitue une base de données importantes sur la composition chimique de fourrages ligneux.

D'une manière générale, les fourrages ligneux sont plus riches en MAT et en lignine que les graminées. Même les feuilles de ligneux tombées au sol contiennent des teneurs en MAT équivalentes ou supérieures à celles des herbacées récoltées en octobre (**Forwood et Owensby, 1985** cités par **Kaboré-Zoungrana, 1995**). Des teneurs de 18,32 % et de 19,78 % de protéines ont été enregistrées chez plusieurs arbres et arbustes fourragers dans les zones humides du Nigeria contre 11,23 % chez les graminées dans les mêmes conditions (**Carew et al., 1981** cités par **Kiéma, 1991**). Par contre **Guinko et al. (1989)** ont obtenu pour quelques ligneux du Sahel Burkinabé de teneur en MAT de l'ordre de 91 à 148,2 g/ kg de MS. Ces valeurs obtenues dans deux zones climatiques différentes sont dans la fourchette de MAT de ligneux fourragers de l'Afrique occidentale (62 à 228 g MAT/ kg de MS). Selon **Kaboré-Zoungrana (1995)** le taux d'éléments nutritifs de ligneux est moins susceptible aux variations saisonnières de température et de la disponibilité en eaux.

En outre, les ligneux ont des teneurs en parois (NDF, ADF, CB) relativement faibles et très variables d'une espèce à l'autre. Par contre les teneurs en lignine (ADL) sont élevées et peuvent atteindre 100 à 360 g/ kg de MS (Koné *et al.*, 1987; Craig *et al.*, 1991 cités par Kaboré-Zoungrana, 1995). Cela constitue un facteur dépressif sur la digestion des fourrages ligneux.

Le tableau IV nous rend compte de la richesse des fourrages ligneux en protéines digestibles (50 à 300g/ kg de MS), en minéraux (le phosphore et le calcium) et en carotène (vitamine A) par rapport à l'herbe desséchée particulièrement riche en énergie (600 à 800 Kcal/ kg de MS).

Tableau IV: Valeur fourragère des graminées desséchées et des fourrages ligneux pendant la saison sèche.

	EN	Prot.digestible	P	Ca	Carotène
	KCal/ kg MS	g/ kg MS	g/ kg MS	g/ kg MS	mg/ kg
Herbe desséchée	600-800	<1	<1	15-30	<1
Fourrage ligneux	400-700	50-300	15-25	25-200	50-800
Besoin d'entretien	700	50	13	25	15

(Source: Le Houérou, 1980).

Prot. digestible: Protéine digestible, EN: Énergie nette, P: phosphore, Ca: calcium

Conclusion:

Les mesures de la biomasse aérienne des ligneux fourragers sont partielles, fastidieuses et variées. Cependant, les résultats obtenus sont souvent variables et dépendent pour une large part de la méthode utilisée, des composants échantillonnés, du choix de l'aire d'échantillonnage et de la zone écologique. Du point de vue phénologique, la plupart des ligneux perdent leur biomasse (feuilles, fruits) à l'approche de la saison des pluies pour les reprendre au cours de l'hivernage.

Quant à la composition chimique des fourrages ligneux, celle-ci évolue avec les stades phénologiques des plantes et se caractérise par de teneur élevée en MAT et en lignine par contre les teneurs en parois (NDF, ADF) sont faibles par rapport à celles des herbacées.

3 – PLACE DES LIGNEUX DANS L'ALIMENTATION ANIMALE.

3.1- Contribution des ligneux dans l'alimentation des animaux domestiques.

La plupart des espèces ligneuses en Afrique de l'Ouest et du Centre sont en mesure à tous les stades phénologiques de satisfaire aux besoins énergétiques de maintien et souvent même davantage des animaux (Le Houérou, 1980).

Au Sahel burkinabé et de façon générale en région aride, l'alimentation des ruminants domestiques est basée sur les graminées, accompagnées par des fourrages ligneux. Cet apport de fourrages ligneux est dû sans contexte à sa disponibilité et sa bonne qualité pendant les périodes de pénuries et de sécheresse. Ainsi, Attah-Krah (1989) note que la part de ligneux dans l'alimentation du bétail augmente avec l'aridité. Tandis que Le Houérou (1980) rapporte que 25 à 45 % de la ration du bétail est composée en saison sèche de fourrages ligneux.

Les travaux de Guérin. (1987) *in* Guérin *et al.* (1991) au Ferlo sénégalais montrent que tous les ruminants consomment des ligneux mais les caprins leur consacrent annuellement 87 % de temps de pâture contre 11 % et 34 % respectivement pour les bovins et ovins. En 1991, cet auteur obtient des résultats semblables pour une étude similaire à Vindou Tiengoli au Sénégal (figure 4).

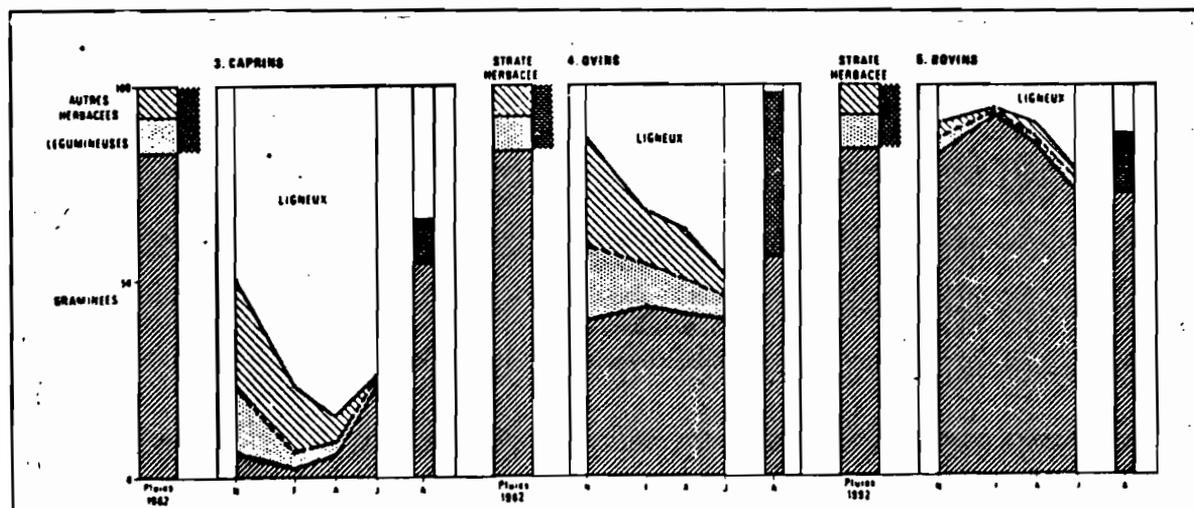


Figure 4 : Composition botanique du pâturage et du régime alimentaire des caprins, des ovins et des bovins à Vindou Tiengoli : *In* Guérin *et al.* (1991).

Nous constatons selon les observations de Guérin *et al.* (1991) que:

- * le régime des bovins est à base de graminées mais complété par du brouet,
- * les ovins ont un régime alimentaire (plus équilibré) constitué de graminées et du

brout,

* les caprins ont un régime à base de brout et de gousses plus un peu de graminées.

Par ailleurs, la participation des espèces ligneuses dans la ration quotidienne de tous ces ruminants est influencée par l'appétibilité et la disponibilité des ressources fourragères au cours de l'année (Cesar et Zoumana, 1999).

D'après Sarson et Salmon (1978) cité par Le Houérou (1980), les fourrages ligneux peuvent fournir entre 0,25 à 0,45 UF/ kg de MS aux besoins nutritionnels des animaux (tableau V)

Tableau V: Besoins et possibilités quantitatives d'ingestion des bovins, d'ovins et des caprins.

	Bovins	Ovins	Caprins
Besoins d'entretien (UF)	1,9	1,33	1,13
Quantité de MS ingérables (kg)	2,9	3,8	6,0
Rapport maximal. UF/ kg MS	0,65	0,35	0,19

Source: Sarson et Salmon (1978) : In : Le Houérou (1980)

Ces auteurs admettent que, distribués seuls et ad libitum les ligneux ne peuvent couvrir les besoins en énergie d'entretien des bovins (0,65 UF/ kg de MS); il est juste suffisant pour assurer le maintien des ovins (0,35 UF/ kg de MS) et suffisant pour le maintien et la production des chèvres dont le besoin d'énergie est de 0,19 UF par kg de MS. Ainsi, Cissé (1985) a obtenu au Mali des gains de poids de 2 à 6 % sur des boucs pesant en moyenne 25 kg avec un régime composé uniquement de feuilles d'*Acacia seyal* d'une part et de *Pterocarpus lucens* d'autre part.

Nous admettrons que ces résultats peuvent expliquer en partie l'importance numérique des petits ruminants et plus particulièrement des caprins dans les régions arides où les fourrages aériens constituent la principale ressource alimentaire disponible au bétail pendant les 8 à 10 mois de saison sèche.

3.2 - Aperçu sur la production de biomasse ligneuse accessible aux ruminants domestiques.

Il s'agit de la partie accessible directement aux animaux, qui varie avec la taille de l'espèce. Cette production accessible est composée de biomasse morte et de biomasse vive en dehors de toute méthode destructrice.

3.2.1 - Biomasse morte

La biomasse morte est constituée de feuilles, fruits, rameaux et écorces tombés à terre sous l'influence des vents, des insectes, des oiseaux et par la dégradation des organes matures. En effet, la quasi totalité de cette biomasse est accessible et la fraction appétible est totalement consommée. En outre, l'exploitation de cette biomasse n'est pas l'exclusivité des animaux d'élevage, les microorganismes du sol les dégradent. A cela, il faut ajouter l'action du vent qui vient disperser les inflorescences et les feuilles.

D'une manière générale, les fruits et gousses sont immédiatement consommés par les animaux et les pertes (dues aux vents, insectes, moisissures) concernent plus les feuilles qui sont par ailleurs peu préférées. Ceci rend difficile les mesures de cette production de biomasse.

3.2.2 - Biomasse vive accessible

La biomasse vive accessible est composée de feuilles, fruits, fleurs à la portée des animaux. Cette biomasse varie avec l'espèce végétale (pénétrabilité ou embroussaillement, hauteur de premières ramifications feuillues, présence des épines), l'espèce animale (taille et régime alimentaire) et la topographie du terrain (lorsque le terrain est accidenté, les animaux montent en amont du ligneux sur la pente ou sur des rochers et exploitent le feuillage des ligneux situés plus bas) (Baumer, 1997). Certains auteurs (Menaut, 1983; Breman et De Ridder, 1991; Ickowicz, 1995 cité par Bellefontaine *et al.*, 1997) ont estimé à environ 1,5 m la hauteur de biomasse accessible aux caprins. Djibrilou (1995) rapporte une hauteur moyenne de 1,80 m par les chèvres de race sahélienne du Burkina. Ces valeurs sont dans l'intervalle de moins de 2 m donné par de nombreux auteurs (Le Houérou, 1980; Piot *et al.*, 1980; Kaboré-Zoungrana, 1995). Les chameaux, quant à eux peuvent pâturer jusqu'à 5,75 m du sol (Pellew, 1980), ce qui leur permet de solliciter un peu plus de ligneux que les chèvres.

L'évaluation de la production de biomasse vive accessible dépend en grande partie du milieu écologique et de la méthode utilisée. Pour la région sahélienne, les feuilles vertes représentent environ 30 % de la production annuelle totale (**Breman et De Ridder, 1991**). Ces auteurs affirment en outre que sans l'intervention du berger, au maximum 25 % de la production de feuilles vertes et rameaux peuvent être consommés dans le Sahel contre 15 % en Savane. Cette estimation de biomasse consommable est en deçà de celle de **Piot et al. (1980)** et de **Gaston et Lamarque (1994)**. Ces auteurs considèrent que la moitié de la production de feuilles et fruits sont consommés par le bétail.

La production de biomasse ligneuse accessible a été également estimée par classe de hauteur. En effet, **Walker (1980)** estime que 85,4 % de feuilles de ligneux sont consommées sur la couche 0-1m, 10 % sur la couche 1-2,5m et 4,2 % sur la couche 2,5-5m.

3.3 - Contraintes liées à l'utilisation des fourrages ligneux par les animaux

Outre les aspects liés à l'accessibilité physique (hauteur, pénétrabilité, présence des épines,...) évoqués ci-haut, la présence des composés secondaires constitue aussi une contrainte majeure à l'utilisation des fourrages ligneux par les animaux.

3.3.1 - Présence des composés secondaires

► Toxines

Ce sont les alcaloïdes, les glucosides, les cyanogéniques, les acides aminés toxiques, les saponines et les isoflavonoïdes contenus dans les cellules végétales de certaines espèces. L'absorption de ces composés intervient la plupart du temps dans les situations de carence alimentaire. Pendant cette période, les animaux deviennent moins sélectifs et ils broutent plus que d'habitude toutes les espèces qu'ils trouvent sur leur parcours. Même à faible teneur (2% de MS) dans l'aliment, ces toxines provoquent entre autres les problèmes neurologiques, les avortements, les goitres, les gangrènes et la mort subite des animaux en cas d'une intoxication aiguë. Dans les régions tropicales sèches, la plupart des légumineuses sont mises en cause et plus particulièrement l'espèce *Leucaena leucocephala* (**Baumer, 1997**). Cette dernière contient la mimosine (toxine), et une grande absorption de cette toxine entraînerait de troubles graves voire la mort de l'animal. Selon **Donalson et al. (1970)** cité par **Kiéma (1991)**, la mimosine est responsable de l'hypertrophie des glandes thyroïdiennes chez des veaux à la

naissance.

► *Substances non nutritives*

Ils sont constitués par la lignine, le silice, la cutine, les tanins et les acides gras volatils essentiels (terpinoïdes). Parmi ces produits, **Rivière (1997)** note que les fourrages ligneux au stade adulte ont une teneur en lignine qui varie de 0 à 35 %. Ingérée à un taux de 2 % de MS, la lignine, composante insoluble de la paroi cellulaire réduit la digestibilité des carbohydrates; tandis que les tanins précipitent les protéines et à forte concentration, ils réduisent la digestibilité des protéines et des carbohydrates (**Van Soest, 1965** cité par **Sawadogo, 2000**).

2^{ème} partie :

ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre I : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Introduction

L'étude a porté sur cinq espèces représentatives de la zone Sahélienne du Burkina Faso et choisies dans leur zone de prédilection. Il s'agit de *Acacia raddiana*, *Acacia seyal*, *Acacia laeta*, *Balanites aegyptiaca* et *Ziziphus mauritiana*. Après un diagnostic participatif sur les fourrages réalisés dans les villages sites, des suivis ont été effectués d'une part sur la phénologie des espèces retenues, d'autre part sur les productions des feuilles et fruits ramassés au sol ainsi que leur composition chimique. Ensuite des observations sur le rythme d'activité et la hauteur de pâture des chèvres ont été relevés au pâturage libre.

1.1 – DIAGNOSTIC PARTICIPATIF SUR LES FOURRAGES LIGNEUX

Dans le but d'acquérir des connaissances endogènes sur les fourrages ligneux, des diagnostics participatifs par la Méthode Active de recherche participative (MARP) thématique ont été conduits dans les villages situés aux alentours de la station devant abriter le dispositif expérimental pour les mesures spécifiques. Les villages concernés sont :

- * DANI
- * DANGADE
- * KATCHARI

Après une phase de préparation des producteurs et de l'élaboration d'un guide d'entretien (annexe 1), une équipe de l'INERA composée de cinq membres dont nous même plus deux traducteurs s'est rendue respectivement dans les villages ci-dessus cités. Les entretiens se sont déroulés en groupe sur la base d'un guide d'entretien et l'utilisation des outils tels que la classification préférentielle et la matrice des critères (qui permet une comparaison des espèces entre elles). Les grands aspects suivants ont été discutés :

- * appréciation de la production des fourrages ligneux, avec les principales espèces, leur importance quantitative et qualitative en fonction des saisons et les préférences suivant les espèces animales
- * type d'utilisation courant des ligneux
- * les ligneux dans le système d'exploitation agricole

1.2 - SUIVI DU STADE PHENOLOGIQUE DES ESPECES RETENUES

La phénologie végétale est définie comme étant l'étude des relations entre les périodicités morphologiques et physiologiques des plantes et celles des variations écologiques actives plus particulièrement les variables climatiques (Le Floc'h, 1969). Elle permet de suivre l'évolution saisonnière de la production de biomasse fourragère des espèces étudiées. Ceci permettra d'envisager les possibilités de récolte et de stockage du matériel végétal dans le but de supplémer les animaux pendant les périodes de pénurie et de carence alimentaire.

Les observations ont concerné les cinq précédemment citées. Les individus ont été choisis en tenant compte de leur taille (hauteur totale) et de leur représentativité dans la zone d'étude. Ils ont été protégés des animaux par une clôture grillagée. Parmi les stades de développement phénologique exposés dans la littérature (Piot *et al.*, 1980; Grouzis et Sicot, 1980; Onana, 1995) celles décrites par Kaboré-Zoungana (1995) répondent plus nos préoccupations. Les observations ont porté sur les stades végétatifs suivants : feuillaison, floraison et fructification. Ces stades ont été subdivisés chacun en phases suivantes :

- * Feuillaison : fe 0 : absence des feuilles
f 1 : début feuillaison (apparition de premiers bourgeons foliaires)
fe 2 : plein feuillaison
fe 3 : fin feuillaison (chute des feuilles caduques ou mortes)
- * Floraison : fl 1 : début floraison
fl 2 : plein floraison
fl 3 : fin floraison
- * Fructification : fr 1 : début de fructification
fr 2 : plein fructification
fr 3 : fin fructification

Les observations ont débuté en septembre 2000 et durant douze (12) mois (septembre 2000 à août 2001), les différentes phénophases ont été notées sur une fiche (annexe 2) tous les quinze (15) jours.

1.3 – EVALUATION DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE

1.3.1 – Biomasse ligneuse

L'évaluation de la biomasse ligneuse ici a concerné la production des feuilles et des fruits tombés au sol et qui constituent pour les animaux au moment où la biomasse herbacée est inexistante, une source d'alimentation complémentaire non négligeable. Les individus ont été choisis au hasard dans les unités de pâturage où l'espèce est dominante et en fonction des classes de hauteur suivantes : <1m; 1 – 3m; 3 – 5m; 5 - 7m et >7m, soit trois individus par classe. Le tableau VI suivant donne le nombre des individus retenus par espèces dans les différents types de pâturage.

Tableau VI : Nombre d'individus par espèce sur les types de pâturage

Espèces	Types de pâturage			Total
	Glacis	Dépressions	Ensablements	
<i>A.raddiana</i>	15	-	-	15
<i>A.seyal</i>	-	15	-	15
<i>A.laeta</i>	-	-	12	12
<i>B.aegyptiaca</i>	-	-	15	15
<i>Z.mauritiana</i>	-	12	-	12

Des mesures dendrométriques ont été effectuées sur chaque individu, le but recherché est d'établir des relations d'allométrie entre la biomasse morte et les paramètres mesurés. Ces mesures ont concerné les paramètres physiques suivants :

- * Diamètre moyen de la couronne $(D + d)/2$ en cm;
- * Hauteur des premières ramifications feuillues (Hr) en cm;
- * Circonférence à la base du tronc à 40 cm du sol (en cm);
- * Hauteur totale. Pour les sujets multicaules, nous avons retenu la plus grosse tige.

Le matériel utilisé pour ces mesures est constitué d'un ruban métrique et un clinomètre. La méthode a consisté à ramasser les feuilles et les fruits tombés sous les ligneux. A cet effet, les individus choisis ont été protégés par une clôture grillagée pour éviter l'effet du broutage au moment de la récolte de biomasse. La surface sous-jacente du houppier de chaque individu est tapissée par une bâche en plastique. Ceci permet de limiter partiellement les pertes en fonction de la force du vent et de l'attaque des insectes, de faciliter le ramassage des feuilles et fruits et

enfin de réduire ou éviter le mélange avec les impuretés (planches 1a et b). La période mesure correspond à la maturation (début et chute) des feuilles et fruits des ligneux (décembre à avril).

1.3.2 – Biomasse herbacée

Cette étude avait pour objectif de mesurer l'évolution du disponible fourrager herbacé sur les parcours naturels (glacis, dépressions et ensablements) de nos sites pendant la saison sèche.

La méthode employée est celle de la récolte intégrale. Elle a consisté à couper au ras du sol la biomasse à l'intérieur d'un cadre métallique de 1m² de surface représentant l'unité de prélèvement. A chaque date de récolte, 20 carrés sont prélever au hasard par unité de pâturage. L'opération a été repérée une fois tous les 30 jours dans chaque type de pâturage naturel. Le contenu de chaque carré coupé est pesé à l'aide d'un peson électronique (capacité 3Kg ± 10g).

En effet, cette méthode exige peu de moyen matériel, facile et rapide. Elle est très utilisée dans les études agrostologiques en zone tropicale. Pour un jet de 20 placettes, la précision espérée est de l'ordre de 15 à 20% (Zoungrana, 1991; Kaboré-Zoungrana, 1995)

Planches 1a et b : dispositif de mesure de la biomasse morte



a : bâche en plastique sous *Acacia raddiana*. Clôture en grillage de fil de fer et des seccos en tige de mil



b : Fruits de *Ziziphus mauritiana* tombés au sol à l'intérieur du grillage

1.3.3 – Analyse chimique

La détermination de la composition chimique est sans nul doute une étape importante dans la l'estimation de la valeur nutritive d'un aliment. Il s'agissait pour nous de déterminer la composition chimique des organes (feuilles et fruits) des espèces récoltées. Les analyses chimiques ont porté sur les échantillons prélevés sur l'ensemble de biomasse morte espèce par espèce et organe par organe (Tableau VII).

Tableau VII : Nature et nombre d'échantillons analysés

Espèces	Organes	Nombre
<i>A.raddiana</i>	feuille	6
	gousse	8
<i>B.aegyptiaca</i>	feuille	4
	fruit	4
<i>Z.mauritiana</i>	feuille	6
	fruit	8

Ces échantillons ont été broyés au tamis de 1mm et analysés aux laboratoires de nutrition animale (Kamboinsé et Gampela). Les analyses ont concerné :

- * les matières sèches (MS) : elles ont été mesurées par séchage à l'étuve à 105°C pendant 24h;
- * les matières minérales (MM) totales ou cendres ont été dosées par calcination au four à 550°C pendant 2h;
- * les matières azotées totales (MAT = N x 6,25) ont été mesurées par dosage de l'azote (N₂) selon la méthode de Kjeldhal
- * les teneurs en parois totales (NDF = Neutral Detergent Fiber), la lignocellulose (ADF = Acid Detergent Fiber) et la lignine (ADL = Acid Detergent lignin)
- * la cellulose brute (CB) et le degré de lignification ont été déduits par les formules suivantes :

$$CB (\%MS) = 0,45 \times NDF \text{ (Kaboré-Zoungrana, 1995)}$$

$$\text{Degré de lignification} = ADL/NDF$$

1.4 – SUIVI DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET HAUTEUR DE PATURE DES CAPRINS

1.4.1 – Suivi du comportement alimentaire

L'étude du comportement alimentaire des caprins visait à déterminer le rythme précis d'activité des chèvres et d'autre part d'identifier les espèces ligneuses les plus appréciées. Cette étude a été conduite sur le périmètre de la station de KATCHARI. Les observations ont eu lieu seulement dans la première moitié de la saison sèche (janvier et mars). Le troupeau caprin suivi était composé des chèvres et des boucs d'âge et de taille variables. Les activités suivies ont concerné entre autres :

- * la pâture (herbacée et ligneuse)
- * l'abreuvement
- * le repos debout ou couché avec ou sans rumination
- * le déplacement (sans activité alimentaire). Ces activités ont été consignées dans une fiche de relevée (annexe 3).

Le matériel technique utilisé lors de ce suivi est composé de :

- * une jumelle pour l'observation des chèvres en activité
- * un GPS (Global Positioning System) pour la prise des coordonnées géographiques du circuit de parcours
- * une minuterie et une fiche de relevée

Sur le terrain, le comportement du même troupeau sans le berger a été suivi entre 6h et 18h pendant trois (3) jours consécutifs par mois. Ainsi, tous les 15 mn le troupeau est observé pendant 1mn et l'activité menée par plus de 50% des sujets est cochée sur la fiche.

1.4.2 – Hauteur de pâture

La hauteur de pâture traduit la capacité de chaque espèce animale à prélever directement le feuillage situé au-dessus du sol. Elle indique également la limite supérieure de la fraction de biomasse accessible aux animaux domestiques sans l'intervention du berger. Cette étude a été réalisée dans le but de déterminer la hauteur moyenne atteinte par les caprins de race Sahélienne pouvant servir à estimer la production de biomasse vive accessible.

Les animaux ayant servi à cette étude sont des chèvres du Sahel Burkinabé. Le choix de cette espèce tient à leur importance numérique dans la zone et à leur bonne exploitation des épineux fourragers peu appréciés par les bovins et les ovins. Dans le souci de constituer un échantillon représentatif, nous avons choisi 6 caprins (3 chèvres et 3 boucs) repartis en trois

classes de taille suivantes : naine, moyenne et grande. Ces classes ont été définies sur la base des mesures corporelles de l'animal que nous avons jugé susceptible d'influencer la hauteur de pâture (planche 2). Il s'agit de :

- * la hauteur au garrot,
- * la longueur de la tête,
- * la hauteur de la croupe,
- * la longueur du cou
- * et la longueur du corps. Ces mesures ont été effectuées directement sur les chèvres à

l'aide d'un ruban métrique.

Le travail a consisté à suivre au pâturage libre le troupeau dans la journée. Lors du broutage, la hauteur maximale atteinte par l'une des 6 caprins est repérée et notée par une règle graduée de 2,5 m de fabrication locale (planches 3 a et b). Quinze (15) mesures ont été effectuées par classe de taille, soit au total 45 mesures de hauteur maximale de pâture (Dicko M.S., 1980).

1.5 – ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES

Les données des mesures spécifiques ont été analysées avec les logiciels Excel et Statview 5.0. Les moyennes ont été séparées par le test de la Plus Petite Différence Significative (PLSD) de Fischer.

Planche 2 : dimensions corporelles d'une chèvre

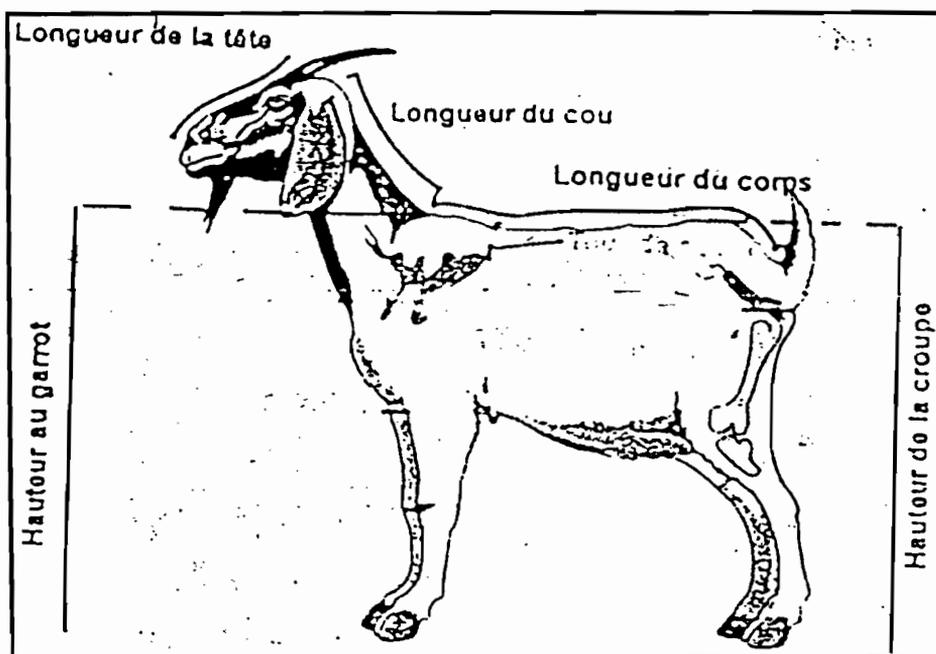


Planche 3a et b : dispositif pour la mesure de la hauteur de pâture atteinte par les caprins sahéliens



a: *Combretum glutinosum* brouté par un bouc



b : *Acacia raddiana* brouté par les chèvres

Chapitre II : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

2.1 - SYNTHÈSE DES RESULTATS DU DIAGNOSTIC PARTICIPATIF (DP)

Le diagnostic thématique a été réalisé par une équipe de chercheurs et techniciens de la Station de KATCHARI et a regroupé dans chaque village des vieux, des jeunes et des notables

2.1.1 - Les principaux ligneux fourragers de la zone

Il ressort qu'au Sahel Burkinabé, la plupart des espèces ligneuses sont appréciées ; cependant 15 espèces ont été citées par les producteurs comme bien représentées sur leur terroir, accessibles aux animaux et bien appréciées ; le tableau VIII donne un aperçu de ces espèces ainsi que leur préférence suivant les espèces animales

Tableau VIII: Principales espèces ligneuses fourragères de la zone

Ligneux fourragers	Nom en fulbé	Bovins	Ovins	Caprins
<i>Acacia seyal</i>	Boulbi	-	+	+
<i>Acacia raddiana</i>	Kilouki	-	+ (gousses)	+
<i>Acacia laeta</i>	Patouki	-	-	+
<i>Ziziphus mauritiana</i>	Djabé	-	-	+
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Tanii	-	+	+
<i>Faidherbia albida</i>	Tchaïki	-	+	+
<i>Acacia nilotica</i>	N'Gaoudi	-	-	+
<i>Piliostigma reticulatum</i>	Barkei	-	-	+
<i>Bauhinia rufescens</i>	Namaadi	-	+	+
<i>Celtis integrifolia</i>	N'Gaaki	+	-	+
<i>Pterocarpus lucens</i>	Tchami	+	-	+
<i>Guiera senegalensis</i>	Leloki	+	-	+
<i>Combretum aculeatum</i>		+	+	+
<i>Anogeissus leiocarpus</i>		+	-	+

(-) peu ou pas apprécié

(+) bien apprécié

De ce tableau on retient que presque toutes les espèces citées sont appréciées des caprins, tandis que les bovins manifestent leur préférence pour seulement quelques espèces notamment celles à feuilles simples ; les ovins quant à eux sont intermédiaires entre les caprins et les bovins.

2.1.2 - Production (quantitative et qualitative) des ligneux fourragers

La quantité et la qualité des fourrages ligneux varie en fonction des organes (feuilles, fleurs, fruits/gousses) et d'une espèce à une autre. Ainsi, le tableau IX donne une indication de l'importance quantitative et qualitative de quelques espèces.

Tableau IX: Importance quantitative et qualitative de quelques fourrages ligneux.

Importance quantitative			Importance qualitative		
Feuilles	Fleurs	Fruits/gousses	Feuilles	Fleurs	Fruits/gousses
<i>F. albida</i>	<i>A. seyal</i>	<i>A. raddiana</i>	<i>F. albida</i>	<i>A. seyal</i>	<i>A. seyal</i>
<i>A. seyal</i>	<i>A. raddiana</i>	<i>A. seyal</i>	<i>Pt. lucens</i>		<i>A. raddiana</i>
<i>Pi. reticulatum.</i>	<i>B.aegyptiaca.</i>	<i>A. laeta</i>	<i>B. aegyptiaca</i>		<i>A. laeta</i>
<i>B. aegyptiaca.</i>	<i>Pt. lucens</i>	<i>Z. mauritiana</i>	<i>A. seyal</i>		<i>Z. mauritiana</i>
<i>A. raddiana</i>		<i>B. aegyptiaca</i>	<i>A. laeta</i>		<i>B. aegyptiaca</i>
<i>Z. mauritiana</i>		<i>Pi. reticulatum</i>	<i>Z. mauritiana</i>		<i>F. albida</i>
<i>Pt. lucens</i>		<i>A. nilotica</i>			
<i>A. laeta</i>		<i>F.albida</i>			
<i>A. leiocarpus</i>					
<i>C. integrifolia.</i>					

Les feuilles et les fruits/gousses sont les organes contribuant le plus dans la production fourragère tant en quantité qu'en qualité. Au niveau de la production des fleurs, seule l'espèce *Acacia seyal* joue un rôle important. Cependant la contribution des différentes espèces dans l'alimentation des animaux peut être limitée par certains facteurs notamment, la disponibilité, l'accessibilité et l'appétibilité.

2.1.3 - Avantages et inconvénients des principaux ligneux fourragers

Le tableau X illustre les avantages et inconvénients des principales espèces.

Tableau X : Avantages et inconvénients des principales espèces

Espèces	Avantages	Inconvénients
<i>Acacia raddiana</i>	Produit beaucoup de gousses	Feuilles mortes peu appréciées ; les gousses fraîches provoquent des ballonnements chez les petits ruminants
<i>Acacia laeta</i>	Toutes les composantes bien appréciées	Produit peu de feuille ; fleurs inaccessibles car tombent en petites particules
<i>Acacia seyal</i>	Produit beaucoup de gousses de bonne qualité, beaucoup de feuilles et de fleurs	Consommation excessive de fleur est dangereux (peu entraîner la mort des petits ruminants)
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Fruits de valeur nutritive élevée consommés également par l'homme	Feuilles sont souvent attaquées pouvant provoquer des avortements
<i>Ziziphus mauritiana</i>	Produit beaucoup de feuilles et de fruits (fruits comestibles)	Consommation abusive des fruits peut provoquer une maladie appelée « sorfère »
<i>Faidherbia albida</i>	Beaucoup de feuilles et fruits de bonne qualité	Inaccessible aux animaux sans l'intervention de l'homme (grands arbres pour la plupart)
<i>Bauhinia rufescens</i>	Beaucoup de feuilles	Fruits peu appréciés
<i>Anogeisus leiocarpus</i>	Beaucoup de feuilles très nutritives	Inaccessibles aux animaux (grands arbres)
<i>Pterocarpus lucens</i>	Beaucoup de feuilles très nutritives	Peu de fruits, faiblement représenté sur le terroir

2.1.4 - Classification préférentielle

C'est un outil qui permet d'identifier les priorités ou préférences d'un groupe d'individus.

Le tableau de classification (tableau XI) établi par les producteurs en fonction des avantages et inconvénients des principales espèces donne l'ordre de préférence suivant : 1^{er} *F. albida*, 2^e *A. seyal*, 3^e *B. aegyptiaca*, 4^e *Z. mauritiana*, 5^e *A. laeta*, 6^e *A. raddiana*, 7^e *P. lucens*, 8^e *B. rufescens*, 9^e *A. leiocarpus*.

Tableau XI de classification préférentielle des principaux ligneux fourragers

	<i>Acacia raddiana</i>	<i>Acacia seyal</i>	<i>Acacia laeta</i>	<i>Ziziphus mauritiana</i>	<i>Balanites aegyptiaca</i>	<i>Faidherbi albida</i>	<i>Bauhinia rufescens</i>	<i>Pt lucens</i>	<i>Anog. leiocarpus</i>
<i>A. raddiana</i>		<i>A.seyal</i>	<i>A.lasta</i>	<i>Z.mauritiana</i>	<i>B.aegyptiaca</i>	<i>F.albida</i>	<i>A.raddiana</i>	<i>A.raddiana</i>	<i>A.raddiana</i>
<i>A seyal</i>			<i>A.seyal</i>	<i>A.seyal</i>	<i>A.seyal</i>	<i>F.albida</i>	<i>A.seyal</i>	<i>A.seyal</i>	<i>A.seyal</i>
<i>A. laeta</i>				<i>Z.mauritiana</i>	<i>B.aegyptiaca</i>	<i>F.albida</i>	<i>A.laeta</i>	<i>A.laeta</i>	<i>A.laeta</i>
<i>Z.mauritiana</i>					<i>B.aegyptiaca</i>	<i>F.albida</i>	<i>Z.mauritiana</i>	<i>Z.mauritiana</i>	<i>Z.mauritiana</i>
<i>B.aegyptiaca</i>						<i>F.albida</i>	<i>B.aegyptiaca</i>	<i>B.aegyptia.</i>	<i>B.aegyptia.</i>
<i>F.albida</i>							<i>F.albida</i>	<i>F.albida</i>	<i>F.albida</i>
<i>B.rufescens</i>								<i>Pt.lucens</i>	<i>B.rufescens</i>
<i>Pt. lucens</i>									<i>Pt.lucens</i>
<i>A.leiocarpus</i>									
Score	3	7	4	5	6	8	1	2	0
Rang	6 ^e	2 ^e	5 ^e	4 ^e	3 ^e	1 ^{er}	8 ^e	7 ^e	9 ^e

2.1.5 - La matrice de critères

C'est un outil permettant d'établir une comparaison entre différents éléments à partir des critères qu'elles auraient elles-mêmes définis. Les critères retenus dans ce cas précis sont : quantité des feuilles, qualité des feuilles, quantité des fruits/gousses, qualité des fruits/gousses.

Les résultats obtenus donnent la classification suivante par ordre décroissant : *F. albida*, *A. seyal*, *B. aegyptiaca*, *Z. mauritiana*, *A. raddiana* et *A. laeta* (tableau XII).

Tableau XII : Matrice des critères

Espèces /Critères	Quantité fruits	Qualité fruits	Quantité feuilles	Qualité feuilles	Score	Rang
<i>A raddiana</i>	8	6	3	3	20	3 ^e ex
<i>A seyal</i>	7	8	5	5	25	2 ^e
<i>A laeta</i>	5	5	1	4	15	6 ^e
<i>Z.mauritiana</i>	4	4	6	6	20	3 ^e ex
<i>B.aegyptiaca</i>	3	3	7	7	20	3 ^e ex
<i>Faidherbia albida</i>	6	7	8	8	29	1 ^e
<i>B.rufescens</i>	2	2	4	2	10	7 ^e
<i>A.leiocarpus</i>	1		2	1	4	8 ^e

2.1.6 - Utilisation préférentielle de organes en fonction des espèces

Pour ce qui concerne la préférence des espèces ligneuses ainsi que leurs composantes par les animaux, on note que les fruit / gousses de *A. raddiana*, *A. seyal*, *A. laeta* et *Z. mauritiana*, *F. albida* sont plus appréciés que les feuilles au pâturage ; tandis que pour les espèces telles que *B. aegyptiaca*, *B. rufescens* et *A. leiocarpus*, les feuilles sont plus sollicitées au dépend de fleurs et fruits. Le tableau XIII montre l'utilisation préférentielle des différents organes.

Tableau XIII : Utilisation préférentielle des différents organes des principales espèces

	Feuilles	Fleurs	Fruits/gousses	Ecorce/gomme
<i>A. raddiana</i>	2 ^e	3 ^e	1 ^e	-
<i>A. seyal</i>	2 ^e	1 ^e	3 ^e	-
<i>A. laeta</i>	1 ^e	4 ^e	2 ^e	3 ^e
<i>Z. mauritiana</i>	1 ^e	3 ^e	2 ^e	-
<i>B. aegyptiaca</i>	1 ^e	3 ^e	2 ^e	3 ^e
<i>F. albida</i>	2 ^e	3 ^e	1 ^e	-
<i>B. rufescens</i>	1 ^e	-	3 ^e	2 ^e
<i>A. leiocarpus</i>	1 ^e	-	2 ^e	-
<i>P. lucens</i>	1 ^e	2 ^e	-	-

2.1.7 - Impact des ligneux sur la production animale

L'effet bénéfique de l'affouragement ligneux dans la production animale est bien connu des producteurs qui lui attribuent une amélioration des paramètres de production (gain de poids, augmentation de la production laitière, réduction de l'intervalle entre mises bas) et pour certaines espèces (ex. *B. aegyptiaca*, *P. reticulatum*), des vertus de prévention / traitement contre certaines maladies.

Les espèces les plus adaptées au système d'exploitation actuel des parcours sont *A. raddiana* et *A. seyal* qui sont en expansion.

2.1.8 - Modes d'exploitation des ligneux fourragers

Pour ce qui concerne cet aspect, on note que les animaux exploitent directement ou indirectement (par l'intervention du berger) les ligneux fourragers. Les modes d'exploitation les plus courants sont :

* Broutage : Il concerne essentiellement les espèces telles que : *Combretum aculeatum*, *Dichrostachys cinera*, *Acacia laeta*, *Acacia seyal*, *Acacia raddiana*, *Ziziphus mauritiana*, *Balanites aegyptiaca* et *Faidherbia albida*.

* Glanage : Les feuilles et fruits de *Balanites aegyptiaca*, *Anogeisus leiocarpus*, *Ziziphus mauritiana* et *Acacia seyal* sont les plus sujets à cette activité

* Ebranchage : Effectué par les bergers pour mettre le fourrage à la disposition des animaux au pâturage. Les principales espèces concernées sont : *Bauhinia rufescens*, *Acacia nilotica*, *Anogeisus leiocarpus*, et *Acacia sieberiana* ;

* Cueillette : Effectuée pour compléter les animaux de retour de pâturage, elle concerne principalement les feuilles de *Faidherbia albida*, *Anogeisus leiocarpus*, *Bauhinia rufescens*, *Acacia sieberiana*, *Bombax costatum*, *Pterocarpus lucens*, *Acacia raddiana*.

2.2 – SUIVI DU STADE PHENOLOGIQUE

2.2.1 - Description des espèces étudiées

Les espèces ligneuses choisies pour cette étude sont des épineux à feuilles réduites et alternes et appartenant aux familles des *Mimosaceae* (*Acacia raddiana*, *Acacia seyal*, *Acacia laeta*), de *Balanitaceae* (*Balanites aegyptiaca*) et de *Rhamnaceae* (*Ziziphus mauritiana*).

2.2.1.1 - *Acacia raddiana* Savi

A. raddiana est une espèce caractéristique des régions sèches; elle préfère les sols sableux, pierreux ou latéralisés (Arbonnier, 2000); se présente sous forme d'arbre ou d'arbuste épineux à fût cylindrique et plus ou moins court, à cime étalée en parasol et plus ou moins dense. Les rameaux de couleur rougeâtre ou noirâtre sont pourvus d'épines en paire longues, droites et blanches. Les feuilles alternes sont bipennées avec 6 à 15 paires de foliollules. Les inflorescences, disposées à la base des feuilles en boules blanchâtres à jaune claire sont très odorantes. Les fruits sont des gousses spiralées, glabres, verts après inflorescence et brun à maturité. Ils sont préférés à l'état sec par les ruminants domestiques.

Les suivis phénologiques réalisées au Nord du Burkina Faso montrent que *A. raddiana* perd totalement ses feuilles deux à trois mois avant l'hivernage (Grouzis et Sicot, 1980; Piot *et al.*, 1980; Sawadogo, 2000). La floraison survient en saison des pluies après l'apparition des feuilles (Arbonnier, 2000).

Les branchettes d'*A. raddiana* servent à clôturer les concessions et à construire des enclos à bétail. Les grosses branches fournissent du bon bois de feu et de charbon. En outre, les feuilles et les gousses sont très recherchées par les petits ruminants.

A. raddiana est également connu sous le nom de *Acacia tortilis var pubescens*, *Acacia fasciculata* Guill. et Perrott

2.2.1.2 - *Acacia seyal* Del.

A. seyal est connu dans d'autres régions sous le nom d'*Acacia stenocarpa* Hochst.ex A.Rich. Il existe sous forme d'arbre ou d'arbuste à fût bien individualisé, lisse et de couleur légèrement verdâtre ou rouille. Les feuilles, généralement vert foncé, ont 10 à 22 paires de folioles. Les inflorescences sont des boules jaunes, odorantes. Les fruits sont des gousses légèrement courbés et rétrécis entre les graines. Les épines sont longues, blanches et droites. Contrairement à *A. laeta*, les épines d'*A. seyal* limitent moins la consommation de feuilles, fleurs et fruits sur l'arbre.

Les feuilles et les gousses sont appréciées par le bétail. Les écorces sont prisées par les chèvres. Compte tenu de leur importance fourragère, les pieds d'*A. seyal* sont fréquemment ébranchés par les bergers.

La floraison et la fructification ont lieu généralement dans la deuxième partie de la saison sèche, avant la feuillaison (Grouzis et Sicot, 1980; Arbonnier, 2000).

A. seyal exploite les bas de pente et les bas-fonds sur sols argileux des régions sahélo-saharien et soudano-sahélien (Von Maydell, 1986; Arbonnier, 2000).

2.2.1.3 - *Acacia laeta* R. Br.ex. Benth.

Encore appelé *Acacia trentianiani*, *A. laeta* est une espèce sahélienne sur sol sableux ou latéritique. Elle est très résistante à la sécheresse et prospère sous les précipitations de 250 mm à 750 mm/ an (Arbonnier, 2000). C'est un arbre ou un arbuste à écorce ocre jaune à brune, à cime étalée et assez dense. Les branches sont de couleur gris-brun à noirâtre, portent des épines à pointes noires, disposées par trois à la base des feuilles. Les feuilles sont alternes à 3 ou 5 paires de foliolules. Les fleurs localisées à l'aisselle de feuilles, sont blanchâtres et très odorantes. Les fruits sont de gousses aplaties plus ou moins étranglées entre les graines. Ces dernières sont brunes en forme de lenticelles.

Les feuilles et les gousses d'*Acacia laeta* sont très sollicitées par les caprins; les bovins consomment peu les organes portés par l'arbre à cause des épines crochues. *A. laeta* produit également de la gomme de moins bonne qualité que celle de *Acacia senegal* mais très utilisé dans le collage des objets divers. Les branches mortes sont également utilisées pour la construction des enclos à bétail et la protection des fourrages récoltés contre les dents des animaux.

2.2.1.4 - *Balanites aegyptiaca* (L.) Del.

C'est une espèce fréquente dans les zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique tropicale sèche. Peu exigeante quant au sol, la présence de *B. aegyptiaca* indique le plus souvent un indice de surpâturage car les animaux assurent avec l'homme la dissémination des graines.

B. aegyptiaca est un arbre à cime sphérique aplatie. Les branches retombantes portent des épines longues (8 à 10 cm), disposées à l'aisselle des feuilles. Les feuilles alternes, composées bifoliolées sont insérées sous la base des épines. Les fleurs sont de couleur jaune verdâtre. Les fruits sont des drupes ellipsoïdes de couleur vert puis jaune à maturité. Les fruits et les feuilles sont comestibles. Les amandes de fruits contiennent de l'huile très appréciée par les populations rurales. *B. aegyptiaca* est aussi utilisé comme haie vive pour freiner les effets érosifs des vents et

des eaux sur les sols sahéliens. Les feuilles et les rameaux secs sont mangés par les chèvres et les chameaux. Cependant, les feuilles bien que persistantes font l'objet d'une attaque acridienne fréquente en fin de saison sèche au Nord du Burkina Faso. L'écorce et les racines sont utilisées comme un laxatif et dans le traitement de nombreuses maladies (diarrhée, hémorroïde, maux de ventre,...) (Wickens, 1980).

2.2.1.5 - *Ziziphus mauritiana* Lam.

Z. mauritiana est le plus souvent un arbuste ou un arbrisseaux multicaule, disposé en touffes plus ou moins denses en raison de la surexploitation dont il fait l'objet au Sahel. L'écorce est grise à brune. Les rameaux sont blanchâtres, tomenteuses en forme de zigzag. Les épines sont disposées à l'aisselle des feuilles dont l'une est plus ou moins droite et l'autre en crochets. Les feuilles sont alternes de forme elliptique et ovale. Les fleurs sont de couleur jaunâtre. Le fruit est une drupe globuleuse, glabre, brunâtre ou violette à maturité et contenant un gros noyau, noyé dans une pulpe blanchâtre plus ou moins farineuse.

Z. mauritiana est fréquente dans la zone Sahélo-soudanienne sur les terrains de cultures, les sols sableux ou rocheux et aux bords de mares (Von Maydell, 1986; Arbonnier, 2000). *Z. mauritiana* est utilisé comme haie vive. Les branches épineuses servent à la confection des enclos (et clôture) des parcs à bétail.

Les feuilles et les fruits sont appréciés par les chèvres et les moutons. Les fruits sont comestibles.

2.2.2 - Les phénogrammes des espèces étudiées

Les résultats des observations phénologiques sont représentés sous forme de phénogrammes de différentes classes de hauteur par espèce : classe 1 : [$> 1m$], classe 2 : [$1 - 3m$], classe 3 : [$3 - 5m$], classe 4 : [$5 - 7m$], classe 5 : [$>7m$].

Le début et la fin de chaque phase sont pris en compte dans la construction de ces phénogrammes; et une phase est considérée lorsque au moins deux individus sur les trois par classe s'y trouvent.

2.2.2.1 - *Acacia raddiana* Savi

- Classes 1 et 2 :

* Chez les individus de ces deux classes, seule la feuillaison a été observée de septembre à février et de mi-juin à août 2001. Cela suppose que ces individus n'ont pas atteint un

stade de développement important leur permettant d'assurer les fonctions de reproduction.

- *Classe 3 :*

* La feuillaison est optimale de septembre à décembre à partir duquel les feuilles devenues caduques commencent à tomber jusqu'à mi février. Puis une brève apparition de feuilles a lieu en février. En effet, cette brève apparition de feuilles serait due à la baisse de températures de l'air pendant cette période

* La floraison était en régression au début de nos observations en septembre et un mois plus tard il n'y avait plus de fleurs. En juillet de nouvelles fleurs sont apparues.

* La production de fruits est optimale de septembre à novembre. Les fruits matures ont commencé à tomber de décembre à fin mars.

- *Classe 4 :*

* La feuillaison s'est étalée de septembre à mi-mars et de mi-juin à août 2001. De mi-février à mi-mars, nous avons noté une brève feuillaison sur une partie des rameaux chez deux individus de cette classe.

* L'apparition de fleurs a lieu de septembre à décembre et de juillet à août.

* La fructification a débuté en septembre et en mi-février tous les fruits sont tombés.

- *classe 5 :*

* L'apparition de feuilles a lieu dans un premier temps de septembre à février et une nouvelle feuillaison est intervenue au début de la saison des pluies en juillet.

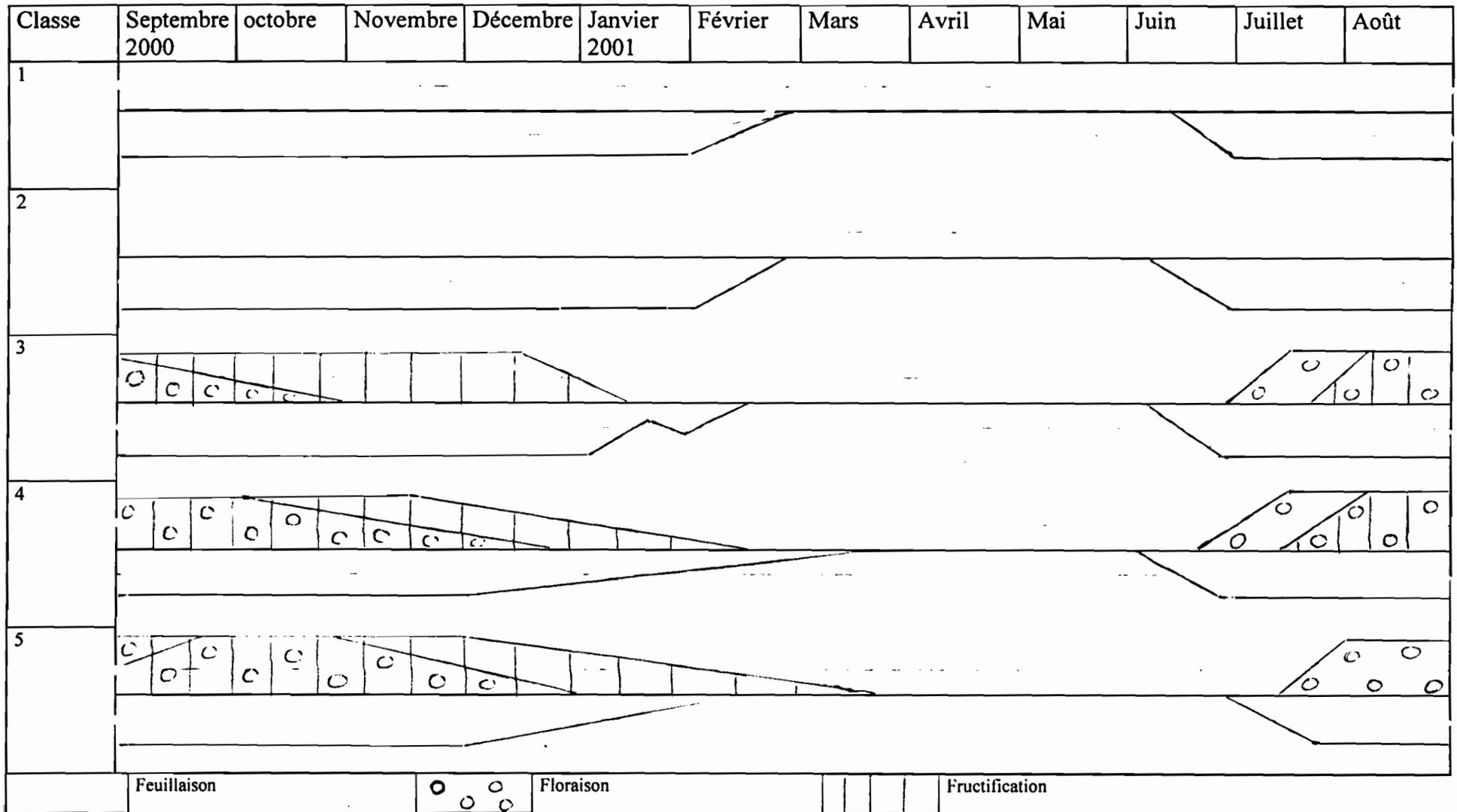
* Les fleurs ont été produites de septembre à décembre et de juillet à août 2001.

* La fructification débutée en septembre a atteint son optimum de production d'octobre à décembre, puis elle a régressé progressivement jusqu'en fin mars.

De septembre à décembre, les individus suivis étaient en pleine feuillaison. Les feuilles caduques ont chuté de décembre à mars. La feuillaison dure entre 7 et 9 mois (de septembre à février et de juillet à août 2001). La période de repos végétatif s'est située entre mars et juin. La floraison pouvant s'étaler sur 4 à 6 mois (de septembre à octobre ou décembre et de juillet à août).

La fructification a lieu de septembre à décembre 2000 et en janvier les gousses ont commencé à tomber. La période de fructification a duré 6 à 7 mois (septembre à mars). Ces gousses sont très préférées à l'état sec par de nombreux ruminants dont les chèvres. Les trois stades phénologiques observés chez *A. raddiana* se sont superposés (de septembre à mi-janvier).

Planche 4 : ACACIA RADDIANA : Phenogramme par classe de hauteur



2.2.2.2 – Acacia seyal Del

- Classe 1 et 2:

* La feullaison est similaire pour les deux classes. Elle a lieu de septembre à novembre et de juillet à août 2001.

- Classes 3 et 4 :

* La feullaison a duré 5 mois (de septembre à novembre et de juillet à août). Aucun individu suivi n'a fleuri dans cette classe.

- Classe 5 :

* La feullaison s'est étalée de septembre à novembre et de juillet à août. Les feuilles caduques sont tombées d'octobre à novembre.

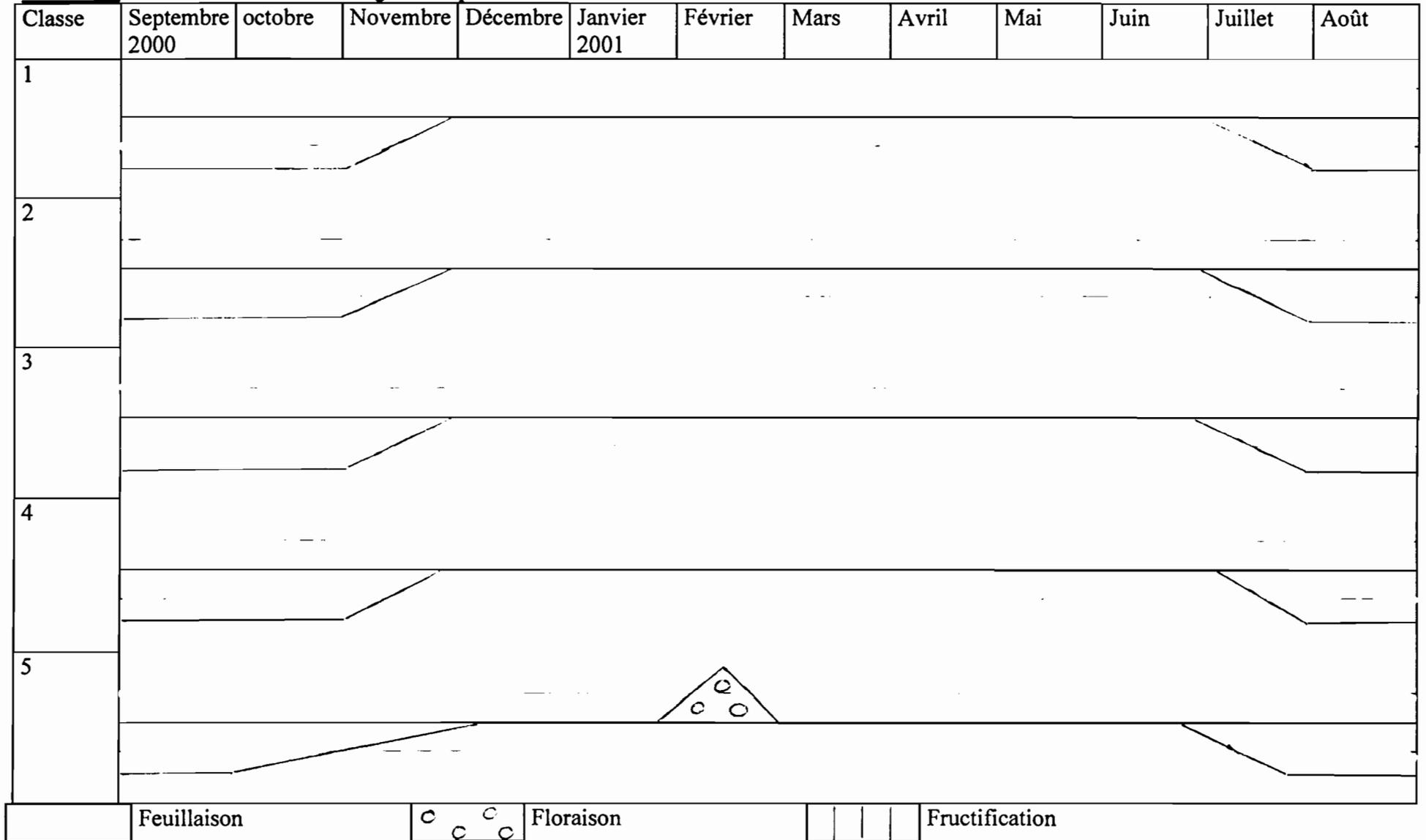
*Un seul pied était en floraison. Cette stade a duré juste un mois (février). Ces fleurs n'ont pas produit de fruits.

D'une manière générale, la feullaison a duré 5 mois (de septembre à novembre et de juillet à août) pour tous les individus suivis. La chute de feuilles s'est déroulée d'octobre à novembre. Une brève floraison d'un mois (en février) a été notée chez un individu de classe 5.

Il n'y a pas eu formation de fruits. La période de repos végétatif varie entre 4 et 7 mois (de mars à juin et/ou de décembre à juin).



Planche 5 : ACACIA SEYAL : Phenogramme par classe de hauteur



2.2.2.3 – *Acacia laeta* R. Br. ex. Benth

- Classe 1 et 2:

* Les feuilles étaient en plein développement en septembre et elles ont commencé à tomber entre novembre (classe 2) et décembre (classe 1). Les individus de ces classes de hauteur n'ont produit ni fleurs, ni fruits; ceci amène à supposer que ces derniers n'ont pas encore atteint leur fonction de reproduction.

- Classe 3 :

* Les feuilles ont atteint leur optimum de production aux mois de septembre 2000 et août 2001. Elles ont chuté d'octobre à novembre. La feuillaison a duré au total 5 mois (de septembre à novembre et de juillet à août).

* Nos observations ont débuté avec la fin de chute de fruits en septembre.

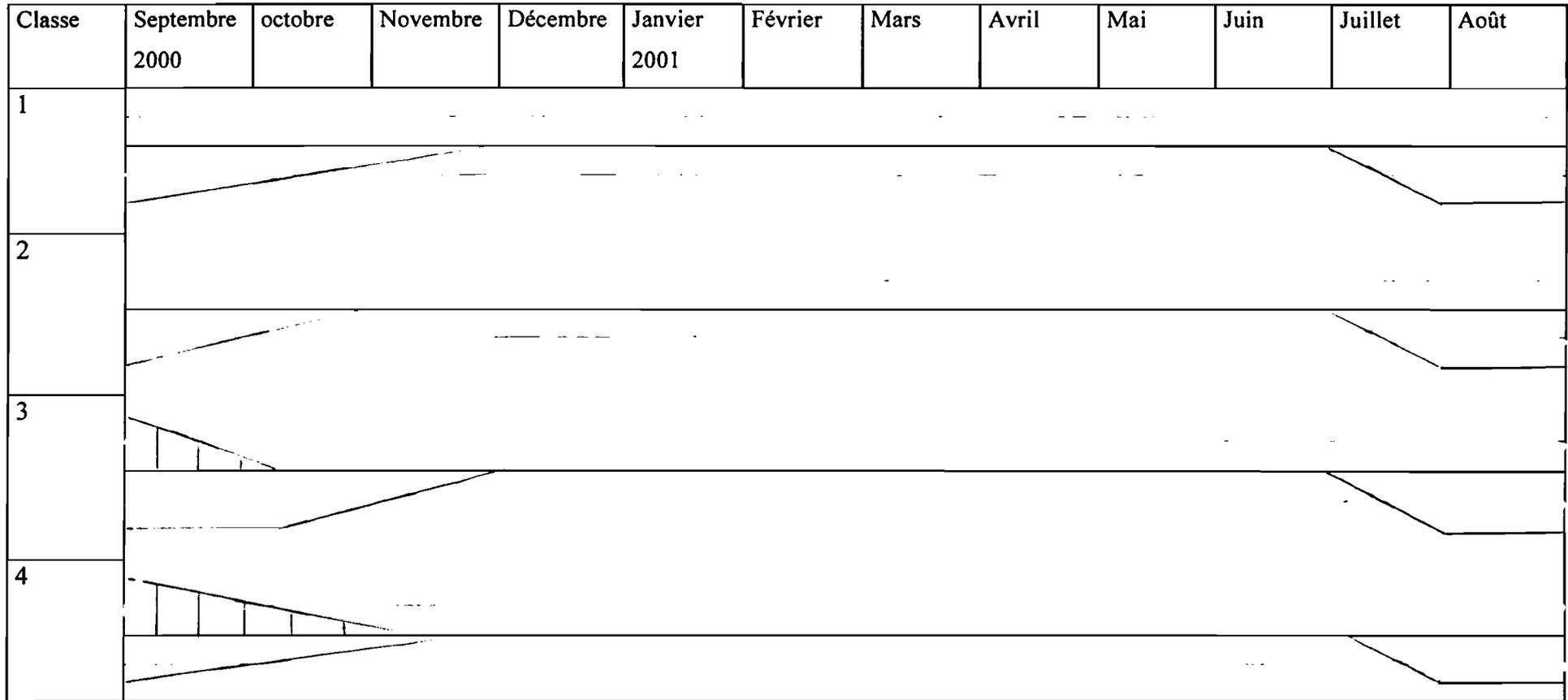
- Classe 4 :

* Les feuilles et les fruits ont régressé au même moment de septembre à novembre. Ensuite, les individus étaient en repos végétatif de décembre à juillet. Et de nouvelles feuilles sont apparues en juillet et elles ont atteint leur optimum de production en août.

* Nous n'avons pas observé de floraison chez ces individus.

Comme chez *Acacia seyal*, seule la feuillaison était observée chez les sujets d'*Acacia laeta*. La chute de feuilles amorcée dès septembre s'est terminée en novembre. Après une période de repos végétatif longue de 7 mois (de décembre à juin), une nouvelle feuillaison s'est installée en juillet. Un mois plus tard, 50% de feuilles sont épanouies. La durée de feuillaison est d'environ 5 mois (de septembre à novembre et de juillet à août)

Planche 6 : ACACIA LAETA : Phénogramme par classe de hauteur



[Empty box] Feuillaison

[Box with 4 circles] Floraison

[Box with 4 vertical lines] Fructification

2.2.2.4 – *Balanites aegyptiaca* (L.) Del.

- *Classe 1:*

* La feuillaison est à son optimum de production de septembre à novembre et de juillet à août (5 mois). La période de repos végétatif s'est étalée de décembre 2000 à juillet 2001 soit 7 mois.

- *Classe 2 :*

* La feuillaison a duré 5.5 mois (de septembre à novembre et de mi-juin à août). Elle était le seul stade de développement que nous avons observé au niveau de cette classe de hauteur. La période sans végétation a duré de 6.5 mois (de décembre à mi-juin).

- *Classe 3 :*

* La feuillaison a duré 11 mois (de septembre 2000 à mi-mars 2001 et d'avril à août). Les feuilles caduques ont commencé à tomber de novembre à mi-mars 2001. La période de repos végétatif n'a duré qu'un seul mois (mi-mars à mi-avril).

* La floraison et la fructification ne sont pas observées chez les sujets de cette classe.

- *Classe 4 :*

* Les individus de cette classe ont gardé leurs feuilles durant toute la période de nos observations (de septembre à août 2001) mais il y a une baisse de densité du feuillage pendant la saison sèche.

* La floraison dure 4.5 mois (de septembre à octobre et de mi-juin à août).

* La production de fruits a lieu de septembre à novembre. Elle a été écourtée par une attaque des criquets que nous avons observé en novembre.

- *Classe 5 :*

* La feuillaison a duré 12 mois (de septembre à août). La chute de feuilles caduques s'est produite de novembre à mi-mars à partir duquel de nouvelles feuilles ont commencé à apparaître sur les rameaux.

* Les sujets suivis ont fleuri durant 4.5 mois (de juillet à mi-novembre).

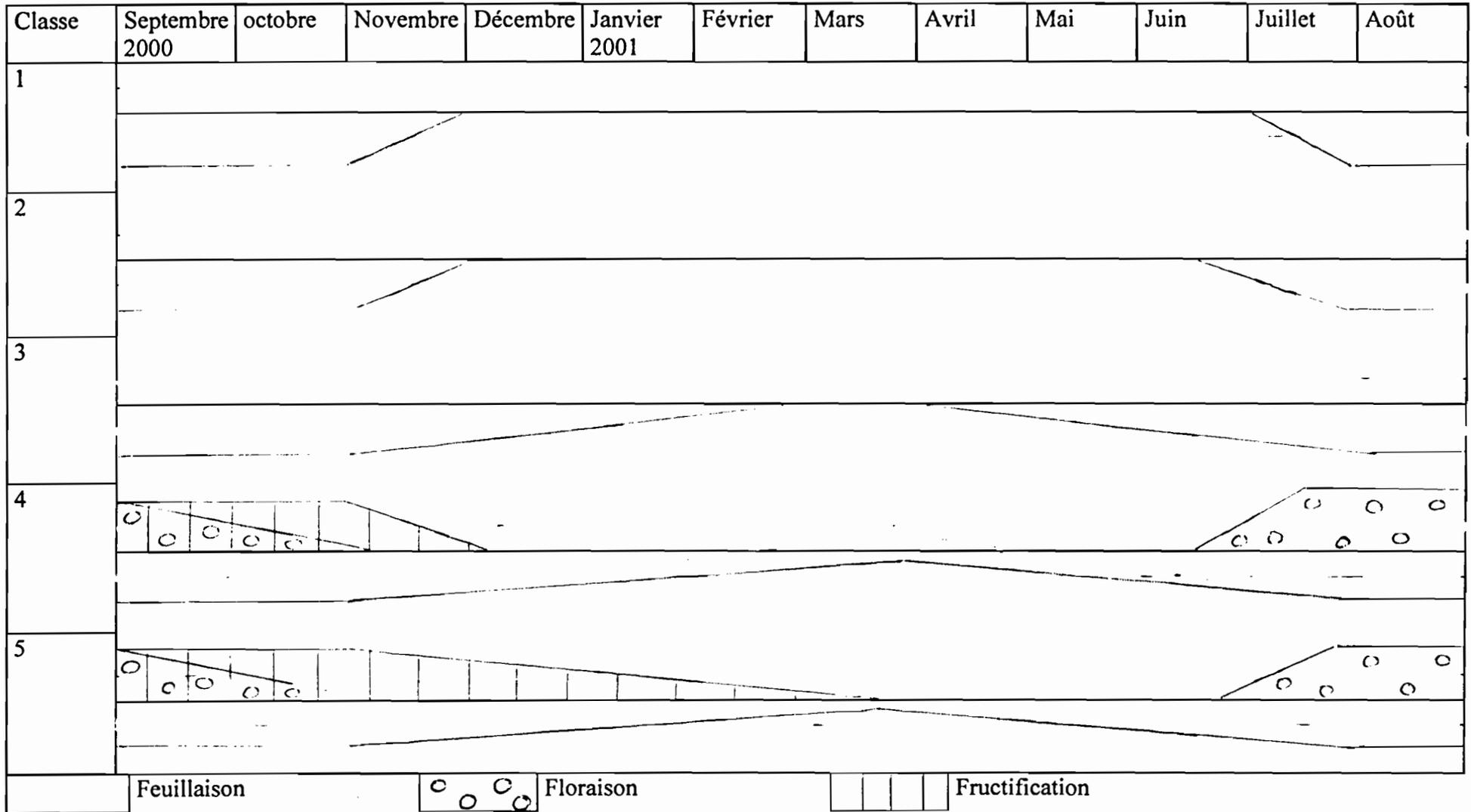
* Suite à l'attaque des criquets survenue en novembre, la production de fruits a diminué de septembre à janvier. Et c'est au mois de février que les fruits matures ont commencé à tomber et en fin mars il n'y avait plus de fruits de *B.aegyptiaca* sur les arbres suivis.

Au début de nos observations en septembre, les individus suivis étaient tous en feuillaison et ceux de classes 4 et 5 en floraison et en fructification. En novembre, cette espèce a subis une attaque acridienne sévère. La quasi totalité de nos individus sont dépourvus de leurs feuilles, fleurs et fruits par les criquets. Pendant ce temps, les rameaux sont restés vert. Et ce n'est qu'en mars qu'il y a eu apparition de nouvelles feuilles sur les rameaux de deux arbres

attaqués. Chez les arbustes, la reprise de feuilles intervient un peu plus tard en juillet 2001. L'apparition de jeunes feuilles de *B. aegyptiaca* en mars est intéressante puisqu'elle intervient au moment où le disponible fourrager ligneux est devenu critique.

De façon générale, la feuillaison a duré entre 5 à 12 mois (de juillet à novembre et de juillet à juin) pour l'ensemble des individus contre 4 mois (de juillet à octobre) de floraison et 4 à 7 mois (août à mars) de fructification.

Planche 7 : *BALANITES AEGYPTIACA* : Phenogramme par classe de hauteur



2.2.2.5 - *Ziziphus mauritiana* Lam.

- Classe 1 :

- * La feuillaison a duré 9 mois (de septembre à mars et de juillet à août).

- Classe 2 :

- * La pleine feuillaison a lieu d'août à octobre. Cette feuillaison s'est déroulée sur 8.5 mois (de septembre à mi-mars et de juillet à août).

* La floraison débutée en septembre 2000 s'est terminée en mi-novembre de la même année.

- * La fructification commencée à la suite de la floraison en octobre s'est achevée en janvier 2001.

- Classe 3 :

- * Ici, la feuillaison a duré 9 mois (de juin à février). La période de chute de feuilles caduques s'est située entre novembre et février.

- * La floraison (de septembre à décembre) et la fructification (de septembre à mi-février) étaient superposées à la feuillaison.

- Classe 4 :

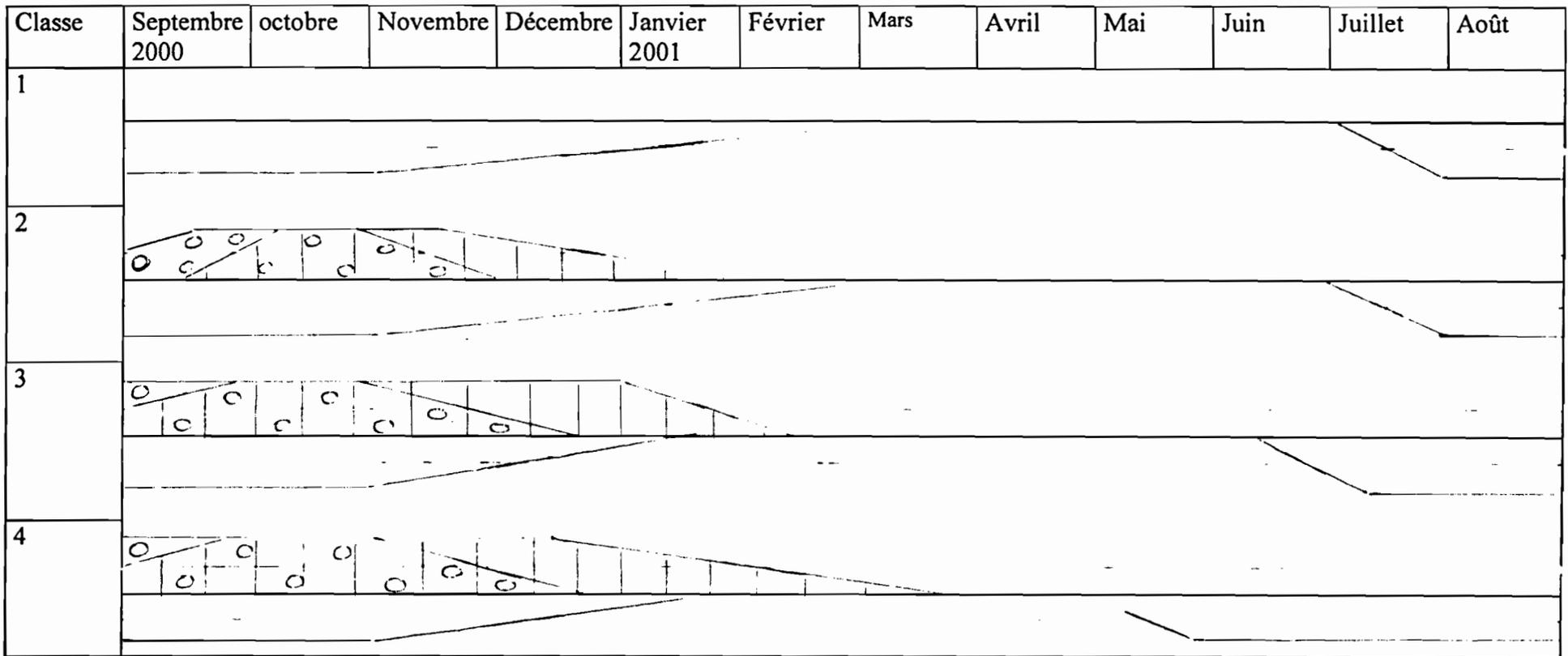
- * Les sujets étaient en pleine feuillaison de septembre à mars et de juin à août. La chute de feuilles a débuté en novembre 2000 pour s'achever en mi-février 2001.

- * La floraison a duré 4 mois (de septembre 2000 à décembre).

- * La production de fruits débutée en septembre a pris fin en mars.

D'une manière générale, nous observons au niveau des différentes classes de hauteur que la feuillaison a duré entre 9 et 10 mois (de septembre 2000 à mars et de juin à août) contre 3 à 4 mois (de septembre à décembre) pour la floraison et 4 à 7 mois (de septembre à mars) pour la fructification. La feuillaison, la floraison et la fructification étaient superposées entre septembre et février au cours de ce cycle.

Planche 8 : ZIZIPHUS MAURITIANA : Phenogramme par classe de hauteur



[Empty box] Feuillaison

[Floraison symbols] Floraison

[Fructification symbols] Fructification

Les résultats font ressortir que les stades de développement phénologiques varient avec l'espèce et l'état de maturité des individus. Nous distinguons deux groupes d'espèces en fonction de leur phase de feuillaison. En effet, *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana* ont une feuillaison plus étalée dans le temps par rapport *A. laeta* et *A. seyal* qui ont perdu précocement leur biomasse en novembre. Ceci permet aux animaux de profiter du fourrage vert riche en protéines et en vitamines au moment où la fraction herbacée est à l'état de paille (Le Houérou, 1980). La plupart des espèces ont perdu leurs feuilles et fruits entre novembre et mars. Toutes ont repris leur cycle dès les premières pluies en juillet exception faite de quelques individus de *B. aegyptiaca* et de *Z. mauritiana* qui ont repris leur feuillaison entre avril et mai. Ces observations confirment les travaux antérieurs de plusieurs auteurs (Piot *et al.*, 1980; Grouzis et Sicot, 1980 et Kaboré-Zoungana, 1995) dans la zone sahélienne. Parmi les espèces étudiées, *B. aegyptiaca* a eu un cycle très perturbé par les attaques de criquets survenue en saison sèche froide (octobre et novembre 2000). Cependant les rameaux sont restés vert. Tandis que *A. seyal* et *A. laeta* ont des comportements particuliers puisqu'il n'y a pas eu de fruits ni fleurs. Or, au niveau de la mare d'Oursi (Burkina Faso) Piot *et al.* (1980) ont observé que la floraison et la fructification durent respectivement 6 à 7 mois (août-sept à février-avril) et 5 à 6 mois (octobre-novembre à juin) pour *A. seyal*, et de 2 à 3 mois (juin-juillet à août) et 8 mois (août à mars) pour *A. laeta*. La différence notée par rapport à nos résultats pourrait s'expliquer par les facteurs climatiques (la pluviosité, l'hygrométrie) qui ont une grande influence sur les stades de développement des ligneux. En effet, la pluviométrie de l'année 2000 (350 mm) est déficitaire par rapport à la moyenne des 10 dernières années (465 mm).

En comparant les différentes phénophases des classes de hauteur entre elles par espèce, nous constatons que les individus de la classe 1 (de *Z. mauritiana*) et 2 (de *A. raddiana*, *B. aegyptiaca*) ne produisent pas de fleurs et de fruits. Ceci suppose que ces derniers n'ont pas atteint leur fonction de reproduction. Dans ce contexte, la hauteur apparaît comme un critère distinctif des stades de développement végétatif des espèces ligneuses étudiées. Elle est intrinsèque à chaque espèce. A ce propos, Piot *et al.* (1980); Grouzis et Sicot (1980); Sawadogo (1989) et Kaboré-Zoungana (1995). ont admis que chez les espèces sahéliennes, les stades phénologiques sont sujets à des variations liées à l'espèces et à l'individu. Ces variations sont de nature :

i) individuelle c'est à dire la réponse de l'organisme dans les limites fixées par son génotype aux fluctuations des facteurs du milieu ou alors le résultat d'une différenciation génotypique (Grouzis et Sicot, 1980). En outre, l'âge intervient également par l'acquisition de la fonction de reproduction végétative;

i i) stationnaire : ici, la variation est relative à des facteurs climatiques (hygrométrie) et pédologique (nature du sol, réserve hydrique). En effet, **Grouzis *et al.* (1998)** ont révélé que chez les ligneux sahéliens, la floraison et la fructification sont très sensibles à la teneur en eau du sol.

Ainsi, la variation de différentes phénophases des espèces met ainsi en évidence l'importance de la production de biomasse ligneuse pendant une bonne partie de l'année (juin à mars). D'où l'intérêt de mesure de la production de biomasse ligneuse.

2.3 - EVALUATION DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE

2.3.1 - Biomasse ligneuse

Il s'agit de la quantité de feuilles et de fruits tombés au sol donc directement accessible aux animaux. Trois espèces sur les cinq (5) retenues au départ sont concernées par cette étude; il s'agit de *A. raddiana*, *B. aegyptiaca* et *Z. mauritiana*. Les deux autres espèces *A. seyal* et *A. laeta* ont été écartées puisque n'ayant pas accompli le cycle végétatif complet comme observé dans le chapitre sur la phénologie.

2.3.1.1 - Effet de l'espèce sur la production

Le tableau XIV donne la production moyenne de feuilles et fruits/gousses par espèce pendant la période de suivi qui s'est étalée sur 4 mois (décembre à mars). On note que *A. raddiana* a la forte production de feuilles avec 1372 g contre 569 g chez *B. aegyptiaca* et 247 chez *Z. mauritiana*, mais il n'a pas été trouvé de différence significative entre ces productions. Au niveau des fruits, *A. raddiana* vient encore en tête avec 4106 g de gousses tombées et récoltées ; cette production est significativement différente de celle de *B. aegyptiaca* qui est la plus faible (69,86 g). *Z. mauritiana* a une production intermédiaire entre les deux espèces.

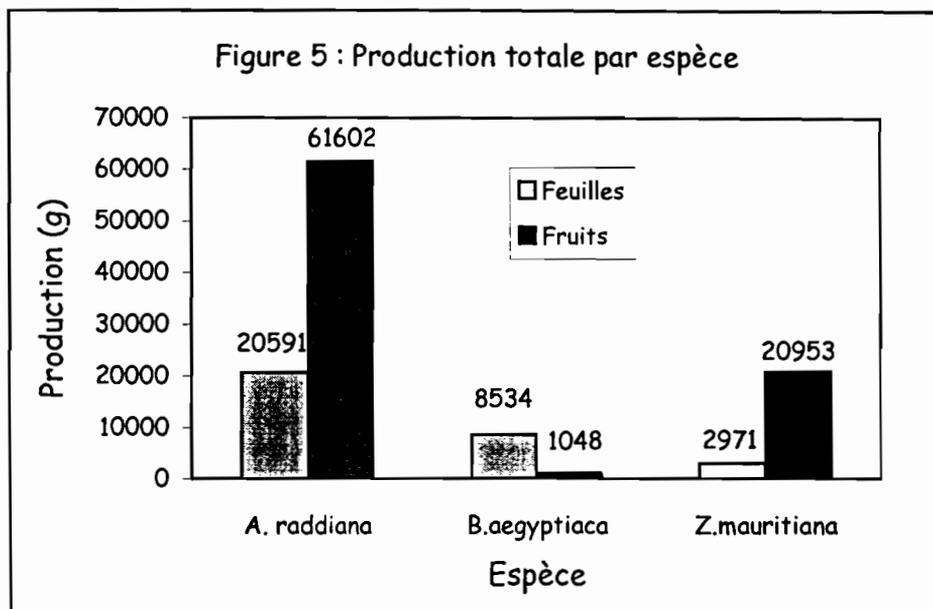
La faible performance de *B. aegyptiaca* s'explique par les attaques de criquets qui ont consommé toutes les feuilles de certains individus. Cette attaque aurait sans doute perturbé également le cycle végétatif des individus concernés qui n'ont pas produit de fleur et de fruits ; seulement trois individus sur les quinze suivis ont donné des fruits.

La figure 5 montre l'importance de la production de biomasse morte. On note plus de 80 kg au total de feuilles et fruits pour *A. raddiana* sur l'ensemble des quinze individus suivis.

Tableau XIV: Production moyenne de feuilles et de fruits par espèce

Production moyenne (g)	<i>A raddiana</i>	<i>B aegyptiaca</i>	<i>Z mauritiana</i>
Feuilles	1373a	569a	248a
Fruits/gousses	4107a	70b	1743ab

Les moyennes de la même ligne portant des indices distinctes sont significativement différentes selon le test PLSD de Fisher ($p \leq 0,05$).



2.3.1.2 - Influence de la classe de hauteur sur la production

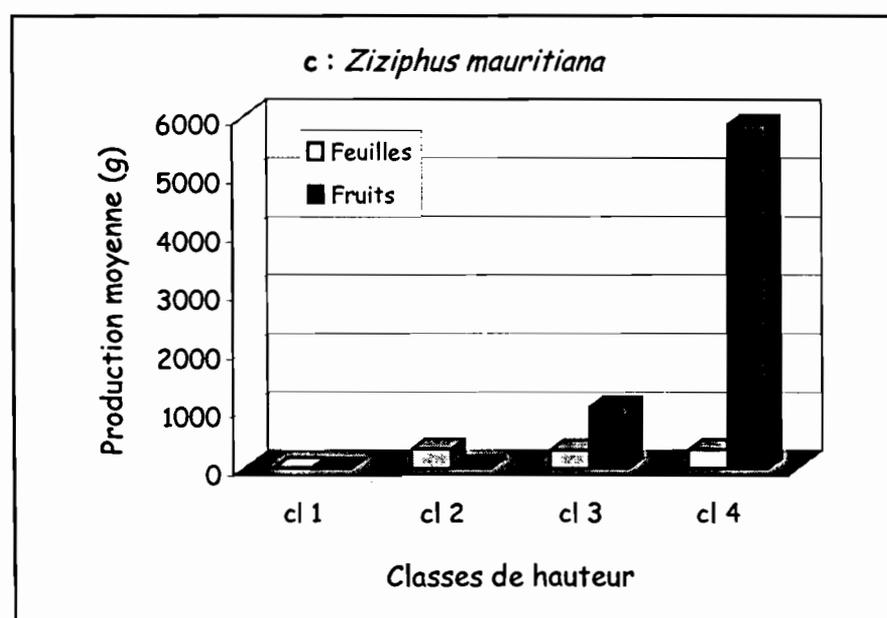
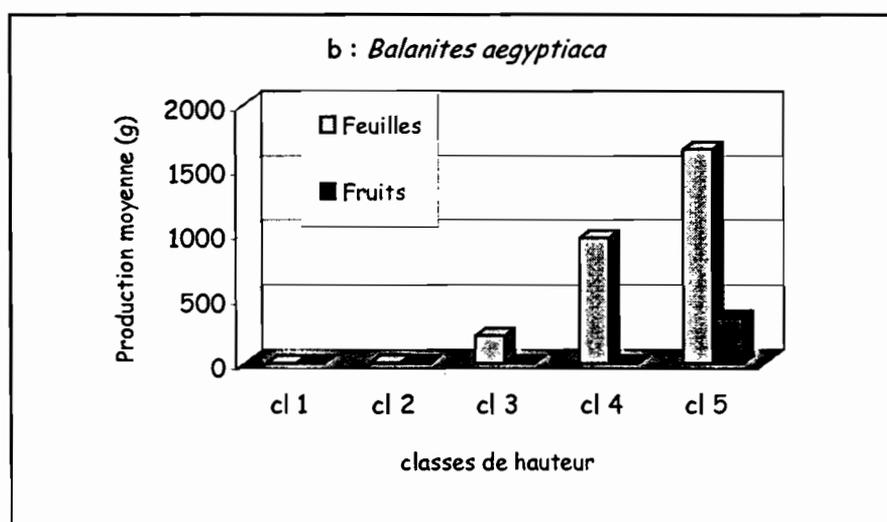
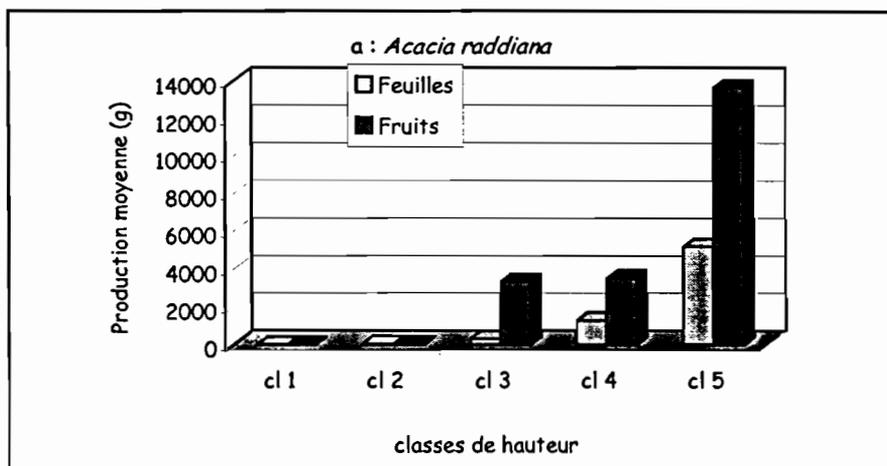
Le tableau XV indique la production moyenne de feuilles et de fruits par classe de hauteur des espèces ligneuses étudiées. Ce tableau montre que la production mesurée augmente proportionnellement avec la hauteur de l'arbre et cela quel que soit l'espèce comme le montre la figure 6 (a, b et c). La comparaison de moyenne montre qu'il y a des différences significatives entre les deux premières classes (≤ 3 m) et la cinquième (≥ 7 m)

Tableau XV: Influence de la classe de hauteur sur la production de feuilles et fruits/gousses

Production moyenne (g)	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Feuilles	5a	131a	282ab	858ab	3437b
Fruits/gousses	0a	20a	1467ab	3134ab	7003b

Les moyennes de la même ligne portant des indices distinctes sont significativement différentes selon le test PLSD de Fisher ($p \leq 0,05$).

Figure 6 : Production de biomasse morte par espèce suivant les classes de hauteur



2.3.1.3 – Interaction espèces/ classe de hauteur

En étudiant l'interaction entre l'espèce et la classe de hauteur (tableau XVI), on observe que la classe 5 de *A. raddiana* a une production de feuilles et gousses significativement différente de celle de toutes les classes et des deux autres espèces.

Tableau XVI : Interaction entre espèce et classes de hauteur

	<i>A.raddiana</i>		<i>B. aegyptiaca</i>		<i>Z. mauritiana</i>	
	Feuilles	Gousses	Feuilles	Fruits	Feuilles	Fruits
Classe 1	0a	0a	0a	0a	14a	0a
Classe 2	45,66a	7,33a	6,33a	0a	339,66a	52,33a
Classe 3	313,66a	3339a	214,66a	0a	317a	1061,33a
Classe 4	1287,33a	3531,33a	966,66a	0a	319,66a	5870,33a
Classe 5	5217b	13656,33b	1657a	349,33a	-	-

Les moyennes de différentes cellules portant des indices distinctes sont significativement différentes selon le test PLSD de Fisher ($p \leq 0,05$).

2.3.1.4 – Evolution de la production dans le temps

La figure 7 montre l'évolution de la production de la biomasse morte pendant la période de récolte. Pour *A. raddiana* on note un pic de production en janvier pour ce qui concerne les gousses et en février pour les feuilles. Ensuite, ces productions baissent considérablement pour atteindre des valeurs minimales en mars. La production de feuilles de *Z. mauritiana* est maximale dès le mois de décembre puis décroît dans le temps tandis que celle des feuilles croît de décembre à mars, mais demeure très faible. Pour *B. aegyptiaca*, la production de feuilles et fruits est maximale en février. Cette variation de production s'explique par la chute de fruits matures et des feuilles caduques des individus en fin de feuillaison et fructification.

D'une manière générale, la disponibilité en biomasse morte eu égard aux espèces étudiées est maximale au mois de janvier où elle atteint 43,5 kg (tableau XVII); cette disponibilité importante est due principalement à la contribution élevée des gousses d'*A. raddiana*. Ensuite, elle décroît rapidement et en mars on a plus que 17% de la production maximale. Cette variation aura sans doute des répercussions sur le comportement alimentaire des animaux surtout des caprins.

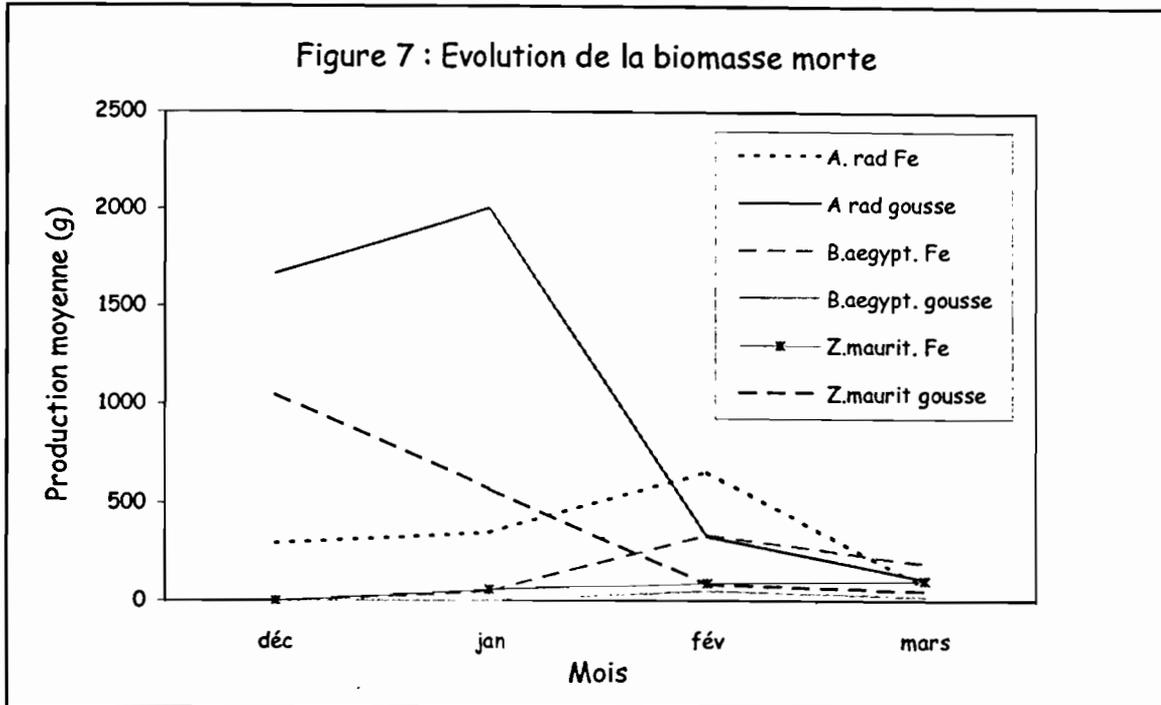


Tableau XVII : Production de biomasse morte en fonction du temps

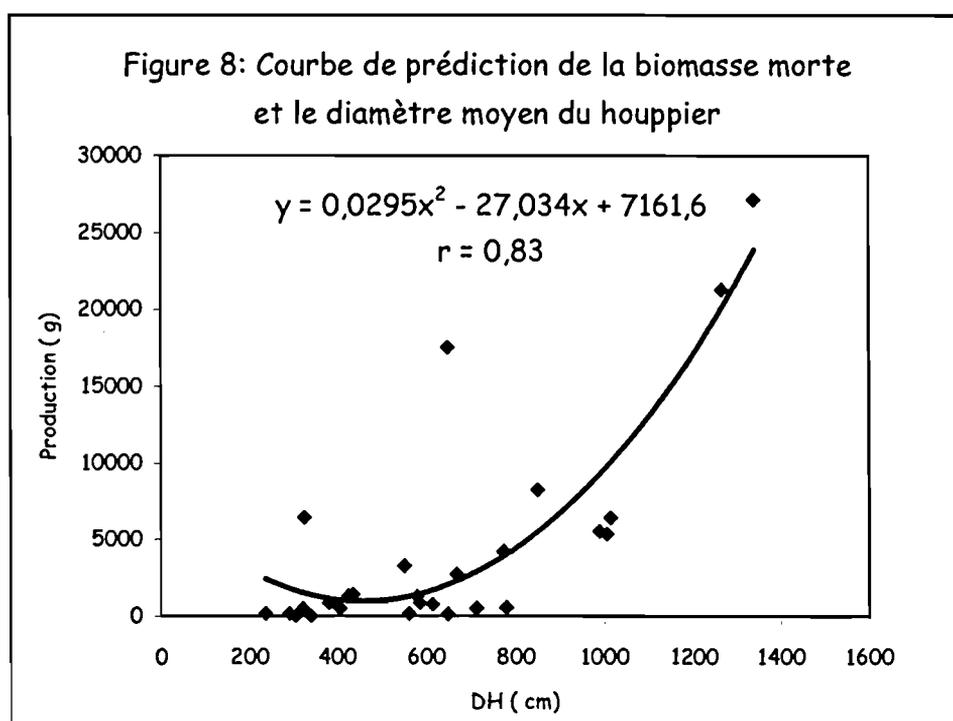
Mois	<i>A. raddiana</i>		<i>B. aegyptiaca</i>		<i>Z. mauritiana</i>		Total
	Feuilles	Gousses	Feuilles	Fruits	Feuilles	Fruits	
Décembre	4426	25001	0	0	0	12556	41 983
Janvier	5213	30074	696	0	685	6835	43 503
Février	9857	4902	5034	743	1059	985	22 580
Mars	1095	1625	2804	305	1227	577	7 633
Total	20591	61602	8534	1048	2971	20953	115 699

2.3.1.5 – Relation biomasse morte et paramètres dendrométriques

Parmi les paramètres dendrométriques que nous avons mesurés, une corrélation positive et satisfaisante est notée entre la biomasse morte de trois espèces et le diamètre moyen du recouvrement du houppier. Les autres paramètres étant faiblement corrélés ($R^2 < 0,30$) à la biomasse morte. La figure 8 montre que la production de biomasse morte augmente avec le diamètre moyen du houppier. En effet, le houppier est la partie de l'arbre qui porte les feuilles et fruits donc les organes appréciés. De ce fait il influence la production totale et la production de feuilles et fruits accessible augmenterait chez les arbres dont le diamètre moyen du houppier est

grand. Cette relation entre la biomasse morte (en g) et le diamètre moyen du recouvrement du houppier (en cm) est de type polynomial ($0,0295 \text{ DH}^2 - 27,034 \text{ DH} + 7161,6$ avec $r = 0,83$). La valeur du coefficient de corrélation montre que 83 % de la variation de la production de biomasse morte résulterait du diamètre du houppier.

Par ailleurs de nombreux auteurs (Piot *et al.*, 1980; Cissé, 1980; Bille, 1980) ont obtenu des corrélations souvent significatives entre la biomasse foliaire totale avec les paramètres dendrométriques des ligneux sahéliens. Ainsi, Cissé (1980) a obtenu des coefficients de corrélations positifs et significatifs ($0,84 < r < 0,98$) entre le logarithme de la production de biomasse de 6 espèces ligneuses sahéliennes (*F. albida*, *A. seyal*, *P. lucens*, *Z. mauritiana*, *Commiphora africana*, *B. aegyptiaca*) et les paramètres suivants : la circonférence du tronc, la hauteur totale et la surface du houppier.



2.3.2 – Biomasse herbacée

Le tableau XVIII donne la production moyenne sur 5 mois (de novembre à mars) de biomasse herbacée des pâturages naturels (glacis, dépressions et ensablements) au niveau desquels les espèces ligneuses étudiées ont été choisies.

On note que la production moyenne est maximale en novembre sur les différents pâturages mais celle des dépressions est la plus élevée (1718,5 kg de MS/ ha) contre 289 kg de MS/ ha sur les glacis. De novembre à février, la production moyenne des dépressions est supérieure et significativement différente à celles de deux autres pâturages. D'une manière

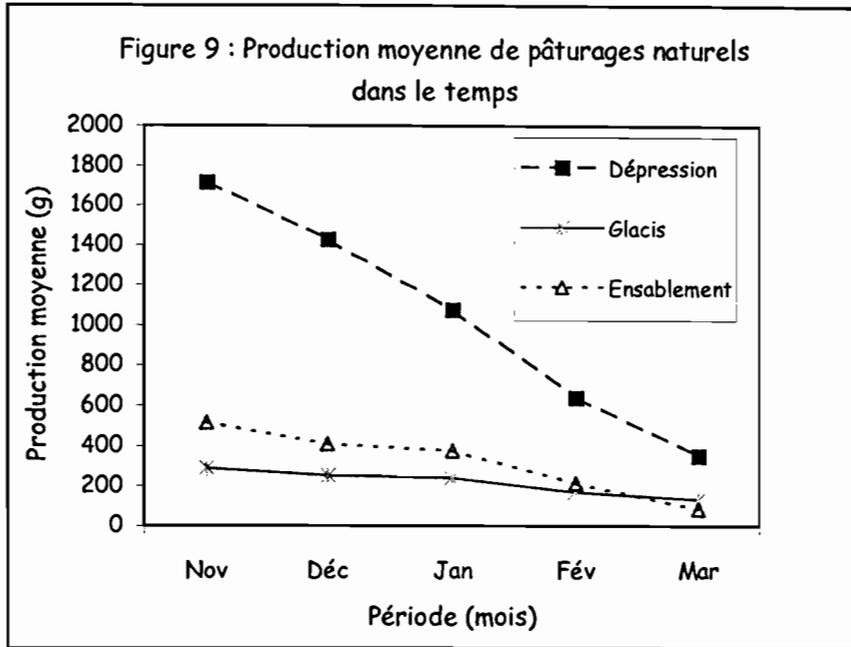
générale, la tendance de la disponibilité de fourrages sur ces trois parcours est en baisse constante en fonction du temps (figure 9). Pour les pâturages des glacis et ensablements, ces moyennes sont faibles par rapport à celles des travaux antérieurs; **Sanou (1996)** a obtenu 1130 à 2400 kg de MS/ ha dans les dépressions, 1130 à 2320 kg de MS/ ha dans les ensablements et 570 à 840 kg de MS/ ha sur les glacis. Pourtant les pluviométries enregistrées en 1996 (353,3 mm) et en 2000 (349,8 mm) sont similaires.

Cette baisse de production moyenne s'explique d'une part par la sénescence des plantes herbacées annuelles pour la plupart, mais surtout des prélèvements effectués par les animaux herbivores pour leur nourriture. A cela s'ajoute les pertes occasionnées par le vent et les attaques des termites ou autres insectes. Face a cette baisse de la disponibilité en fourrage herbacé tant sur le plan quantitatif que qualitatif, les animaux auront recours aux différents organes et aux produits ligneux pour assurer leur besoin d'entretien et/ou de production.

Tableau XVIII: Production moyenne de biomasse herbacée (kg/ ha) des pâturages en fonction du temps

Pâturages	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
Glacis	289a	252a	239a	168a	132a
Ensablements	515a	407a	375a	215a	83a
Dépressions	1718b	1429b	1076b	641b	353a

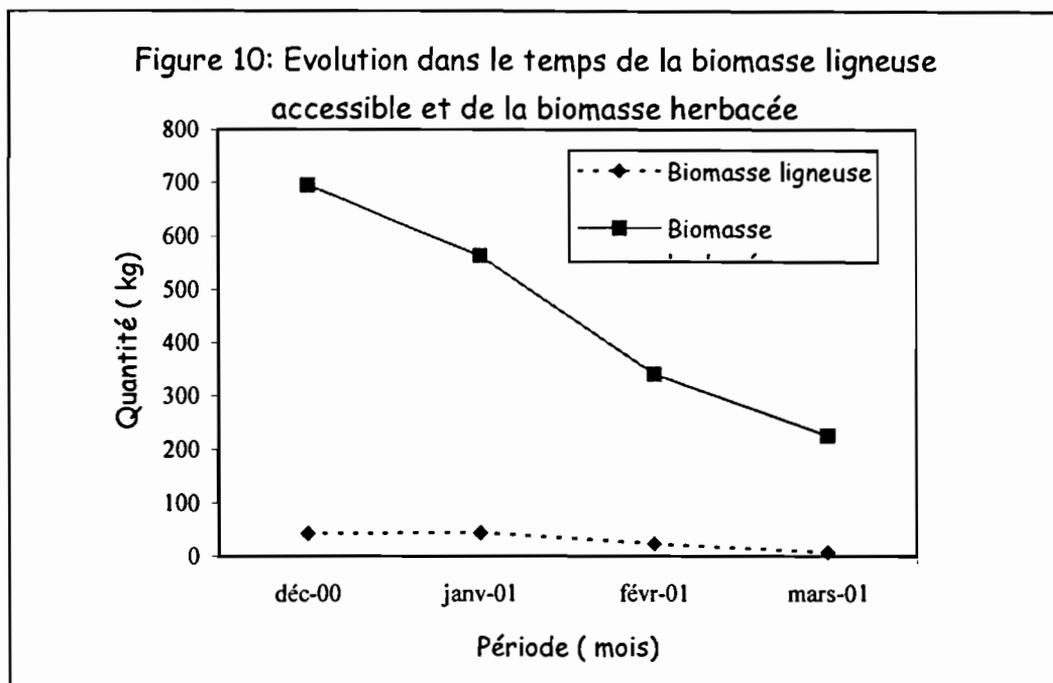
Les moyennes de la même colonne portant des indices distinctes sont significativement différentes selon le test PLSD de Fisher ($p \leq 0,05$).



2.3.3 – Relation biomasse herbacée – biomasse ligneuse

La figure 10 traduit l'évolution des productions totales de biomasses herbacée et ligneuse en fonction du temps. Cette figure montre bien à titre indicatif la disponibilité de ces ressources fourragères dans le temps. Au début de nos mesures, les quantités de biomasses ligneuse et herbacée ont été respectivement de 41,98 kg et 696 kg. Les courbes indiquent une plus grande disponibilité en fourrage herbacé par rapport au fourrage ligneux. D'une manière générale, on observe une baisse progressive du disponible fourrager ligneux et herbacé sur les pâturages de décembre à mars. Elle marque ainsi la fin des stades de feuillaison et de fructification des espèces en présence sur les parcours naturels.

En outre, cette figure fait ressortir une période critique au cours de laquelle le disponible fourrager herbacé et ligneux est minimale c'est à dire à partir de mars. Cela montre que la disponibilité en fourrage des pâturages naturels est limitée dans le temps. Ces pâturages doivent être associés aux résidus de récoltes et les aliments concentrés (tourteaux, sons, mélasse).



2.3.4 – Analyse chimique

2.3.4.1 – Teneurs en matières sèches (MS)

La teneur moyenne en MS varie suivant les organes et les espèces étudiées (tableau XIX). Le taux de MS des feuilles est peu différent pour les trois espèces, mais il diffère significativement de celui de fruits sauf chez *A. raddiana*. D’une manière générale, la matière sèche de feuilles est supérieure à celle des fruits. La différence (significative) de teneur en MS entre les fruits de *Z. mauritiana* et *B. aegyptiaca* avec les gousses de *A. raddiana* s’explique par l’aspect charnu des premiers qui sont d’ailleurs consommés par l’homme.

Tableau XIX : Teneurs moyenne en matière sèche (en % de MF) des feuilles et fruits des ligneux

Organes	<i>A raddiana</i>	<i>B.aegyptiaca</i>	<i>Z.mauritiana</i>
Feuilles (% de MF)	97,10a	98,13a	97,25a
Fruits (% de MF)	96,47a	91,61b	92,39b

Les moyennes ne portant aucun indice commun sont significativement différentes à $p < 0,0001$ (Test de Fisher)

2.3.4.2 – Teneur en matières minérales (MM)

On note que les feuilles sont plus riches en MM que les fruits (tableau XX). Les feuilles de *B. aegyptiaca* sont significativement plus fournies en MM avec 18,18 % de MS tandis que les fruits de *Z. mauritiana* ont le plus faible taux (4,30 %). Nos valeurs sont dans la fourchette de 0,97% à 20.56% de MS donnée par Kaboré-Zoungrana (1995).

Tableau XX : Teneurs moyennes en matières minérales (en % de MS) de feuilles et fruits des ligneux

Organes	<i>A raddiana</i>	<i>B.aegyptiaca</i>	<i>Z.mauritiana</i>
Feuilles (% de MS)	8,03a	18,18b	10,43c
Fruits (% de MS)	5,35d	4,86d	4,30d

Les moyennes ne portant aucun indice commun sont significativement différentes à $p < 0,0001$ (Test de Fisher)

2.3.4.3 – Teneur en matières azotées totales (MAT)

L'importance de l'utilisation de fourrage ligneux en complément aux herbacées réside dans leur apport en azote dans le régime alimentaire des animaux.

Les teneurs en MAT des fruits sont significativement supérieures à celles des feuilles chez *A. raddiana* (19,61 % de MS) et *Z. mauritiana* (11,07% de MS). Chez *B. aegyptiaca* les moyennes des feuilles et fruits sont similaires (6% de MS) et significativement plus faibles que celles des fruits des deux autres espèces. Dans l'ensemble, les fruits de *A. raddiana* sont plus riches en MAT et les feuilles de *Z. mauritiana* sont les moins fournies (tableau XXI).

Pour l'ensemble des fourrages ligneux que nous avons dosé, la teneur moyenne en MAT est de 9,02% de MS. Cette teneur moyenne est faible par rapport à celle de ligneux obtenue en Afrique de l'ouest (12,5% de MS) et en Afrique de l'Est (13,3% de MS) par Le Houérou (1980). Mais, elle reste élevée aux teneurs en MAT de graminées (à l'état de paille) oscillant entre 3% et 5% de MS rapportées par Du Montcell (1991).

Le tableau XXI : Teneur moyenne de MAT (en % de MS) des fourrages ligneux étudiés.

Organes	<i>A. raddiana</i>	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>Z. mauritiana</i>
Feuilles (% de MS)	5,79a	6,31a	5,27a
Fruits (% de MS)	19,61b	6,06ac	11,07d

Les moyennes ne portant aucun indice commun sont significativement différentes à $p < 0,01$ (Test de Fisher)

2.3.4.4 – Teneurs en constituants des parois

L'ingestion et la digestibilité de fourrage ligneux par les animaux dépend de la teneur en MAT mais aussi en teneurs des constituants pariétaux à des degrés divers.

Le tableau XXII donne les teneurs moyennes de parois totaux (NDF), de lignocellulose (ADF), de la lignine (ADL). La teneur en cellulose brute (CB) a été calculée suivant la formule :

$$\text{CB (en \% de MS)} = 0,45 \text{ NDF (Kaboré-Zoungana, 1995).}$$

Et le degré de lignification est déduit à partir du rapport ADL/ NDF.

L'analyse des résultats du tableau fait ressortir que :

- la teneur en ADF est élevée dans les fruits que les feuilles chez *A. raddiana* et *Balanites*, tandis que pour *Z. mauritiana*, les feuilles sont plus riches en ADF que les fruits. Les fruits d'*A. raddiana* ont le plus fort taux et ceux de *Z. mauritiana* le plus faible;

- la teneur en NDF suit la même tendance avec les fruits d'Acacia plus riche (33,21 % de MS);

- les teneurs en ADL sont en général plus élevées dans les feuilles et les feuilles de *A. raddiana* ont le plus fort taux contre les fruits de *Z. mauritiana* le plus faible;

- la teneur en CB calculée des fruits de *A. raddiana* et *B. aegyptiaca* est plus élevée que celle de feuilles par contre chez *Z. mauritiana* ce sont les feuilles qui ont le taux le plus élevé (12,70 % de MS).

- les feuilles de *A. raddiana* ont le degré de lignification le plus élevé que celles des deux autres espèces. D'une manière générale, les teneurs en ADF et NDF de nos échantillons sont

relativement faible par contre la teneur en lignine est environ 10 % de MS pour l'ensemble de biomasse morte.

Tableau XXII: Teneur moyenne en NDF, ADF, ADL, CB et le degrés de lignification

		<i>A. raddiana</i>	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>Z. mauritiana</i>
ADF	feuilles	24,70a	18,53b	24,19ac
	Fruits	25,44c	19,50abd	16,91bd
NDF	feuilles	24,11a	29,02ab	28,23a
	Fruits	33,21b	31,81b	25,38a
ADL	feuilles	12,57a	11,32ac	10,75ac
	Fruits	8,38b	7,91bc	7,44b
CB	feuilles	10,85	13,06	12,70
	Fruits	14,94	14,31	11,42
ADL/NDF	feuilles	0,54a	0,39bc	0,38bd
	Fruits	0,26c	0,25c	0,30cd

Les moyennes situés dans la même colonne et ne portant aucun indice commun sont différentes significativement ($p < 0.05$)

Tableau XXIII: Récapitulatif de constituants chimiques de feuilles et de fruits de la biomasse morte de ligneux étudiés

Espèces	Organes	MS (% MF)	Teneurs (% MS)						ADL/NDF
			MM	MAT	CB	ADF	NDF	ADL	
<i>A.raddiana</i>	Feuille	97,10 (96,27 – 98,31)	8,03 (7,26 – 8,38)	5,79 (5,8 – 6,10)	10,85 (9,09 – 15,40)	24,70 (19,99 – 33,86)	24,11 (20,20 – 34,23)	12,57 (10,57 – 15,87)	0,54
	fruit	96,47 (95,64 – 97,48)	5,35 (4,70 – 6,31)	19,61 (4,70 – 6,31)	14,94 (10,85 – 17,80)	25,44 (21,55 – 28,98)	33,21 (24,12 – 39,56)	8,38 (5,64 – 12,29)	0,26
<i>B.aegyptiaca</i>	Feuille	98,13 (97,98 – 98,28)	18,18 (17,73-18,62)	6,31 (17,73 – 18,62)	13,06 (12,09 – 13,64)	18,53 (13,63 – 20,64)	29,02 (26,88 – 30,31)	11,32 (5,77 – 14,21)	0,39
	fruit	91,61 (91,15 – 97,10)	4,86 (4,64 – 4,97)	6,06 (6,03 – 6,10)	14,31 (13,64 – 14,93)	19,50 (16,27 – 20,66)	31,81 (30,31 – 33,18)	7,91 (5,80 – 8,95)	0,25
<i>Z.mauritiana</i>	Feuille	97,25 (97,10 – 97,72)	10,43 (9,96 – 11,28)	5,27 (5,07 – 5,60)	12,70 (12,23 – 12,97)	24,19 (18,55 – 28,28)	28,23 (27,18 – 28,86)	10,75 (8,36 – 12,59)	0,38
	Fruit	92,39 (85,02 – 94,22)	4,30 (3,51 – 5,03)	11,07 (3,51 – 5,03)	11,42 (9,85 – 13,34)	16,91 (15,43 – 20,70)	25,38 (21,90 – 29,65)	7,44 (5,16 – 8,95)	0,30
Valeurs moyenne et extrêmes		95,49 (85,02 – 98,31)	8,52 (3,31 – 18,18)	9,02 (5,07 – 20,57)	12,88 (9,09 – 17,80)	21,54 (13,63 – 33,86)	28,63 (20,20 – 39,56)	9,73 (5,16 – 15,87)	0,35 (0,25 – 0,54)

2.4 – COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES CHEVRES ET HAUTEUR DE PATURE

2.4.1 - Comportement alimentaire des chèvres au pâturage libre

Au total, 410 observations ont été effectuées pendant la période de suivi (janvier, février, mars) soit en moyenne 138 observations pour les trois jours de suivi mensuel.

2.4.1.1 – Description du circuit de pâture

Le circuit suivi par les chèvres varie en fonction de la disponibilité des fourrages sur les pâturages. Les chèvres une fois libérées de leur enclos s'orientent d'abord vers les glacis à la recherche de feuilles vertes et gousses sèches d'*A. raddiana*; ensuite elles redescendent vers les points d'eau du village de KATCHARI pour s'abreuver ; puis elles remontent sur les pâturages de dépressions et des ensablements. C'est au niveau de ces deux pâturages que les chèvres passent plus de temps parce que le disponible fourrager est abondant. Enfin les champs de case déjà récoltés constituent la dernière étape de l'activité de pâture.

Les coordonnées géographiques du GPS indiquent que le circuit suivi par les chèvres est compris entre les latitudes 14°03 à 14°01 Nord et les longitudes 0°08' à 0°07 Ouest.

Le troupeau de chèvres que nous avons suivi de janvier à mars 2001 est enfermé la nuit dans un enclos confectionné avec les branches épineuses des ligneux. Il ne pâture pas la nuit à cause des cas de vols très fréquents dans le village.

2.4.1.2 – Rythme d'activités au pâturage libre

Les activités enregistrées ont concerné la pâture herbacée, pâture ligneux (glanage et broutage), la marche, l'abreuvement, le repos avec rumination et sans rumination (tableau XXIV).

- Pâture herbacée

Elle a lieu sur tous les types de pâturage et est particulièrement intense au niveau des pâturages des ensablements. Cette pâture herbacée prends en compte les résidus de récoltes. Le temps consacré à cette activité diminue progressivement de janvier (19,83%) à mars (12,41%); il n'a pas été observé de différence significative entre les trois mois. Cependant, cette diminution pourrait s'expliquer par la diminution de la disponibilité en fourrage herbacé. En effet, comme souligné au paragraphe 3.1 la disponibilité herbacée est minimale en mars.

- *Pâture ligneuse*

Elle est subdivisée en deux composantes : le glanage c'est à dire le ramassage des feuilles et/ou fruits tombés au sol et le broutage consistant à prélever sur l'arbre les feuilles ou autre organe.

* *Le glanage* : c'est la première activité du point de vu occupation du temps et elle augmente significativement de janvier (38,09%) à mars (47,6%). Cette augmentation serait liées à l'accroissement des quantité de gousses d'*A. raddiana* et fruits de *Z. mauritiana* tombés comme observé au 3.2.4.

* *Le broutage* constitue la deuxième activité principale après le glanage. Son évolution présente un pic au mois de février et les différences observées entre les trois mois sont significatives. Cette différence est sans doute liée aux variations de la disponibilité de fourrage. Le broutage concerne particulièrement les feuilles vertes (*A. raddiana*, *B. aegyptiaca*, *Z. mauritiana*, *C. aculeatum*,...). Mais il n'est pas rare de voir les chèvres en train de brouter les écorces ou gomme de *A. seyal* .

Ces deux activités sur les ligneux constituent plus de la moitié du temps passé au pâturage. La figure 11 illustre mieux leur contribution. En effet, l'allure de la courbe du temps qui est consacré à l'ingestion de fourrage ligneux montre deux phases :

* la première phase ascendante se situe de janvier à février. Cette période correspond à la fin de la saison sèche froide au cours de la quelle la plupart de ligneux ont encore leur feuilles vertes;

* la deuxième phase descendante (février à mars) correspond à la chute de feuilles et fruits matures.

- *La marche* : L'activité marche concerne les déplacements de départ ou de retour du pâturage, les déplacements lors de la recherche de fourrages ou vert les points d'eau. Le temps consacré a cette activité augmente de janvier (8,71%) à février-mars (11%). Il y a une différence significative entre janvier et les deux autres mois. Cette augmentation du temps résulte de la baisse du disponible fourrager au voisinage des enclos, ce qui oblige les chèvres à parcourir de longues distances à la recherche de nourriture. Cette marche se fait au dépend du temps de pâture.

- *L'abreuvement* : Le temps consacré à l'abreuvement est le plus faible (1,42 % en février à 2,75 % en mars). Il n'y a pas de différence significative entre les mois. Au cours de ce

suivi, l'abreuvement a lieu deux fois par jour en janvier et une fois en février et mars. En janvier, les animaux s'abreuvaient dans un cours d'eau temporaire du village de KATCHARI et à partir de février c'est au niveau des puits que les chèvres s'alimentent entre 10 à 12h.

- *Repos avec rumination* : Il se déroule en position couchée ou debout. Ce repos, qui s'accompagne de rumination intervient en deux phases :

* la première entre 11 h et 13 heures c'est à dire juste après l'abreuvement;

* la deuxième de 16 à 17 heures. On note que cette activité occupe tout de même un peu plus de temps en janvier (3,95 %), en février (2,87 %) et en mars (4,03 %). Cette augmentation du temps de repos avec rumination en mars pourrait s'expliquer par le fait que les fourrages arrivés à maturité sont difficilement consommables par les animaux suivis.

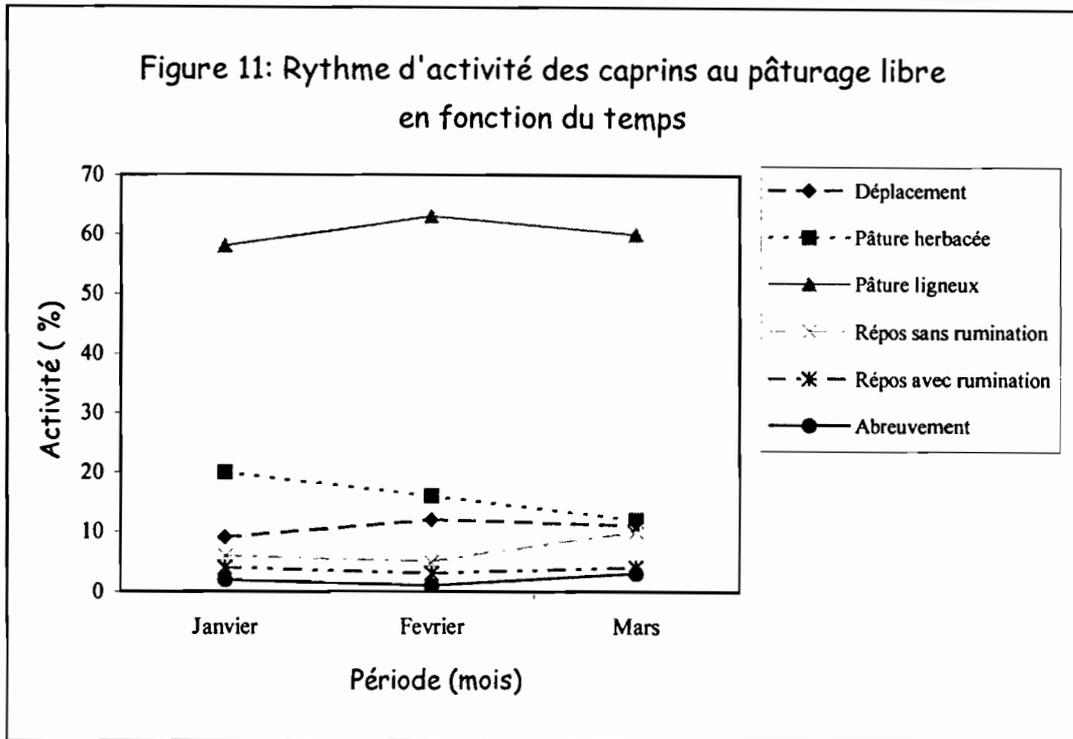
- *Repos sans rumination* : C'est une activité qui se déroule seulement dans la deuxième phase de repos précédemment décrite. Il occupe plus de la moitié de temps consacré au repos. Le taux le plus élevé est observé en mars (10,36 %). Comme nous l'avons vu au 3.3, le disponible fourrager est presque inexistant et les températures restent élevées à cette période et partant les animaux passent plus de temps à se reposer.

Cette étude montre que le comportement alimentaire de caprins au pâturage libre n'est pas absolu en ce sens que les animaux régulent leurs activités en fonction du disponible fourrager.

Tableau XXIV: Comportement des chèvres au pâturage (en %)

	Janvier	Février	Mars
Pâture herbacée	19,83	15,82	12,41
Pâture ligneux glanage	38,09a	33,8a	47,6b
Pâture ligneux broutage	19,83a	29,48b	11,71c
Marche	8,71a	11,5b	11,03b
Abreuvement	2,38	1,42	2,75
Repos avec rumination	3,95	2,87	4,03
Repos sans rumination	7,11	5,03	10,36

Les moyenne situées sur la même ligne et portant des indices différentes sont significativement ($p < 0,05$).



Ce suivi de comportement alimentaire a permis d'identifier les espèces suivantes (tableau XXV) dont les feuilles, les fleurs, les fruits/gousses sont très appréciés par les chèvres.

Tableau XXV : Les espèces ligneuses appréciées par les chèvres

Espèces	Feuilles	Fruits	Fleurs	Autres
<i>Acacia raddiana</i>	+	+	+	
<i>Acacia seyal</i>	+	+	+	+(écorces)
<i>Ziziphus mauritiana</i>	+	+		
<i>Balanites aegyptiaca</i>	+			
<i>Guiera senegalensis</i>	+			
<i>Bauhinia refescens</i>	+			
<i>Combretum aeculatum</i>	+			
<i>Hyphaene thaibeca</i>	+			
<i>Faidherbia albida</i>	+			
<i>Acacia nilotica</i>	+	+		
<i>Sclerocarya birrea</i>	+			

2.4.2 – Mesure de la hauteur de pâture

La hauteur de pâture est un indicateur de la performance d'un animal à prélever des fourrages ligneux situés au dessus du sol. Elle est liée à l'espèce végétale et à la taille de l'animal en dehors de toute intervention du berger.

2.4.2.1 – Hauteur moyenne de pâture de chèvres

Les moyennes du tableau XXVI font ressortir que la hauteur de pâture dépend de la taille de l'individu. Les moyennes enregistrées: 1,45 m, 1,72 m et 1,82 m diffèrent significativement entre elles.

Pour l'ensemble de chèvres, la hauteur de pâture moyenne mesurée est de 1,66 m. Cette moyenne est similaire aux mesures de **Menaut (1983)** sur les chèvres sahéliennes (1,60 m). Il en est de même pour la hauteur maximale de pâture de ruminants domestiques (bovins, ovins et caprins) que la plus part des auteurs l'estiment à moins de 2 m. Les hauteurs maximales indiquent que les chèvres de grande taille sont capables de solliciter d'avantage de fourrage aérien que celles de petite taille.

Tableau XXVI: Mesure de hauteur de pâture par classe de taille de chèvres sahéliennes.

Tailles de chèvres	Hauteur de pâture (en m)	
	Moyennes	Maximales
Petite	1,45a	≥ 1,70
Moyenne	1,72b	≥ 1,90
Grande	1,82c	≥ 1,98
Moyenne	1,66	

Les moyennes portant les lettres distinctes sont significativement différentes selon le test PLSD de Fisher ($p < 0.05$).

2.4.2.2 - Relation entre hauteur de pâture et dimensions corporelles.

L'analyse des résultats du tableau 27 montre qu'il y a une corrélation positive entre la hauteur de pâture et les dimensions corporelles de chèvres. Ainsi, toutes les dimensions sont déterminantes dans la performance de l'animal à accéder au pâturage aérien mais par ordre d'importance nous avons:

* la longueur du corps ($y = 3,57x$; $r = 0,97$)

- * la longueur de la tête $y = 7,50x; r = 0,91$)
- * la hauteur au garrot ($y = 2.61x; r = 0,84$),
- * la hauteur du croupe ($y = 2.4x; r = 0,84$)
- * la longueur du cou ($y = 5.61; r = 0,83$).

En effet, l'activité de préhension du feuillage situé à une certaine distance du sol nécessite une certaine position de l'animal. Ainsi, la chèvre se tient en position verticale sur ses pattes postérieures, déploie son corps avec les pattes antérieures, plie les branches pour les rapprocher de son museau. Cette manœuvre fait intervenir les cinq dimensions ci-dessus citées.

Tableau XXVII : Moyennes de hauteur de pâture de 3 chèvres et leur dimensions corporelles

Dimensions	Classes de taille de chèvres		
	Petite	Moyenne	Grande
Hauteur de pâture (cm)	145a	172b	182c
Hauteur du croupe (cm)	65	68	74
Hauteur au garrot (cm)	60	63	68
Longueur du cou (cm)	28	30	27
Longueur de la tête (cm)	18	23	24
Longueur du corps (cm)	39	48	52

Les moyennes portant les lettres distinctes sont significativement différentes ($p < 0.05$).

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Cette étude dont l'objectif principal était l'évaluation de la production de biomasse ligneuse fourragère accessible aux caprins nous a permis dans un premier temps de faire l'état des connaissances endogènes sur les fourrages ligneux dans les villages sites. Il apparaît que le rôle des ligneux fourragers dans l'alimentation des animaux et dans le système d'exploitation agricole est très bien connu des producteurs. Les limites liées à l'exploitation de ces fourrages ligneux par les animaux demeurent sans conteste la disponibilité, l'accessibilité et l'appétibilité.

Du développement phénologique et de la production de biomasse morte, nous retenons que la biomasse morte (feuilles, fruits/ gousses tombés au sol) quoique influencée par l'espèce et la classe de hauteur varie plus avec les stades phénologiques des arbres et arbustes. Cette production de biomasse est directement accessible aux chèvres et elle est disponible seulement pendant une partie de la saison sèche (décembre à mars) au moment où la biomasse herbacée est en régression constante. Ces résultats font ressortir que le disponible fourrager (herbacé et ligneux) du pâturage naturel n'est pas disponible sur toute l'année. Il apparaît donc nécessaire que le pâturage naturel soit associé à d'autres ressources alimentaires si on veut préserver le cheptel pour une exploitation durable des animaux.

L'étude de l'analyse chimique de biomasse morte a mis en évidence la supériorité de ces fourrages en éléments nutritifs (MAT, MM) par rapport à la biomasse herbacée (paille).

En sus de l'accessibilité et à la richesse en éléments nutritifs, la biomasse morte souvent négligée par le pastoralisme devra être prise en compte dans l'évaluation du disponible fourrager ligneux en particulier et d'une manière générale dans la production potentielle des pâturages.

L'étude du suivi des chèvres au pâturage libre révèle que :

- les chèvres consacrent plus de la moitié de leur temps sur les fourrages ligneux entre janvier et mars ;
- la hauteur de pâture qui pourrait être un indicateur de la performance de caprins à accéder au maximum de feuillage porté par l'arbre, est liée aux dimensions corporelles de chaque individu animal.

Pour la suite du travail, nous suggérons que les aspects suivants devraient être pris en compte pour les investigations ultérieures :

- évaluation de la biomasse vive accessible correspondant à la hauteur de pâture;
- évaluation de la contribution de biomasse ligneuse appétible à l'amélioration de la productivité des caprins;
- étude du passé pastoral (effets de broutage et d'émondage) des espèces ligneuses retenues ;

La méthodologie que nous avons conçue pour obtenir ces résultats est non destructrice, simple et facile ; en plus elle a le mérite de permettre d'évaluer séparément la production de feuilles, fleurs et fruits/ gousses. D'autres réflexions pourront aider à améliorer cette méthodologie peu connue afin d'obtenir des résultats généralisables dans le temps et dans l'espace.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARBONNIER M., 2000.** Arbres, arbustes et lianes des régions sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD. MNHN-UICN, 2000, p541.
- ATTA-KRAH A.N., 1989.** Arbres et arbustes fourragers de l'Afrique tropicale : Importance, disponibilité et modèles d'utilisation. Actes du séminaire : L'intégration de l'élevage à l'agriculture en réponse à la pression démographique croissante sur les ressources disponibles. CTA, Iles-Maurice, 11 – 14 juillet 1989, p193 - 222.
- AZOCAR P., LAIDHACAR S., PADIALLA F., ROJA.H., 1991.** Méthode d'évaluation de la phytomasse utilisable des arbustes fourragers *Atriplex repanda* et *Flowiensia thrurifera* : In Actes du IV^{ème} Congrès International des Terres de Parcours, Montpellier, France, 22 - 26 avril 1991. Volume 2, p512 - 514.
- BAKKALI M., OARRA M., DIOURI M., BARBERO M., BOURBOUZE A., 2000.** Phytomasse aérienne du cytise de Battandier dans le Moyen Atlas Marocain. *Fourrages* (2000) 162, , p167 – 179.
- BAUMER M., 1997.** L'agroforesterie pour les productions animales. ICRAF, CTA, 340p.
- BELLEFONTAINE R., GASTON A., PETRUCCI Y., 1997.** Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. FAO, Rome, 315p.
- BILLE J. C., 1980.** Mesure de la production primaire appétée des ligneux. In Le HOUEROU H.N. (éd)., Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril, 1980, CIPEA. p183 - 193.
- BODJI N. C et N'GUESSAN A.A., 1987.** Les fourrages ligneux utilisés pour l'affouragement des ovins et caprins en Côte d'Ivoire. Inventaire. In actes du séminaire régionale sur les fourrages et l'alimentation des ruminants. Ngaoundéré (Cameroun), 16 – 20 nov, 1987, IEMVT, Maisons-Alfort. 121p.
- BREMAN H. et DE RIDDER N., 1991.** Manuels sur les pâturages des pays sahéliens. - ACCT - CAT. - Karthala., 485p.
- CESAR J. et ZOUMANA C, 1999.** Les régimes alimentaires des bovins, ovins et caprins dans les savanes de Côte d'Ivoire et leurs effets sur la végétation. *Fourrages* (1999) 159, p237 – 251.

-
- CISSE M. I., 1980.** Production fourragère de quelques arbres sahéliens : Relations entre biomasse foliaire maximale et divers paramètres physiques. *In* Le HOUEROU H.N. (éd.), Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril, 1980, CIPEA. p203 - 208.
- CISSE M.I., 1985.** Contribution des peuplements ligneux à l'alimentation des petits ruminants en zone semi-aride du Mali Central. *In* WILSON R.T. et BOURZAT D. (éds) -1985 - Les petits ruminants dans l'agriculture africaine. Actes du colloque. CIPEA/ FIS, Addis-Abeba (Ethiopie), p75 - 85.
- DICKO M.S., 1980.** Contribution des fourrages ligneux à l'alimentation des bovins du Système sédentaire de l'office du Niger. *In* Le HOUEROU H.N. (éd.), Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril, 1980, CIPEA. P307 - 313.
- DJIBRILOU H., 1995.** Évaluation de la biomasse appétible de quelques ligneux fourragers au Sahel - Possibilités d'exploitation de quatre espèces ligneuses par les caprins. Mémoire. IPRK, Mali. - 50p.
- FONTES J., GUINKO S., 1995.** Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso: Notice explicative. - IDR/ ICIV. - Ministère de la Coopération Française, France., - 67p.
- GANABA S, 1994.** Rôle des structures racinaires dans la dynamique du peuplement ligneux de la région de la mare d'Oursi (Burkina Faso) entre 1980 - 1992. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université de Ouagadougou, 146p + annexes.
- GASTON A., LAMARQUE G., 1994.** Les pâturages sahéliens de l'Afrique de l'Ouest. Extrait des Atlas élevage et potentialités pastorales sahéliennes, - CTA - 221p.
- GROUZIS M. et AKPO E., 1993.** Les parcs agroforestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest. Symposium International, Ouagadougou, 25 - 28 Octobre 1993, 14p.
- GROUZIS M. et SICOT M., 1980.** Une méthode d'étude phénologique de populations d'espèces ligneuses sahéliennes : Influence de quelques facteurs écologiques. *In* Le HOUEROU H.N. (éd.), Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril, 1980, CIPEA. p231 - 237.
- GROUZIS M., DIOUF M., ROCHETEAU A., BERGER A., 1998.** Fonctionnement hydrique et réponse des ligneux sahéliens à l'aridité. ORSTOM, Paris, 1998, p47 - 61.
- GUERIN H., 1987.** Note bibliographique sur les fourrages ligneux : rôle dans les systèmes

pastoraux ou agropastoraux, productivité, valeur alimentaire. *In* actes du séminaire régionale sur les fourrages et l'alimentation des ruminants. Ngaoundéré (Cameroun), 16 – 20 nov, 1987, IEMVT, Maisons-Alfort. 121p.

- GUERIN H., FRIOT D., MBAYE N., RICHARD D., 1991.** Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et Sahélo-soudaniens. Étude méthodologique de la région du Ferlo au Sénégal. IEMVT, Maisons-Alfort, 115p.
- GUINKO S., ZOUNGRANA I., ZOUNGRANA C., 1989.** Etude des pâturages de la région de la mare d'Oursi (Burkina Faso), FAO, Ouagadougou, 51p + une carte.
- 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. (éd.), Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, (Ethiopie) 8 - 12 avril, 1980, CIPEA. p195 - 201.
- IEMVT - CIRAD., 1989.** Les ligneux fourragers et fruitiers en zone tropicale et subtropicale. Fiche technique n°6. -Maisons-Alfort - Jouve – Paris, 8p.
- KABORÉ-ZOUNGRANA C. Y., 1995.** Composition chimique et valeur nutritive des herbacées et ligneux des pâturages naturels soudaniens et des sous-produits du Burkina Faso. Thèse de doctorat d'État ès Sciences Naturelles, FAST, Université de Ouagadougou. - 224p.
- KIEMA. S., 1991.** Ligneux fourragers de la zone soudanienne et sous-produits agro-industriels du Burkina Faso : Composition chimique, digestibilité. Mémoire, I.D.R., 85p.
- KONE 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. Etudes et synthèses, IEMVT, n°30 : p789 – 809.
- Le FLOC'H E., 1969.** Caractérisation morphologique des stades et phases phénologiques dans les communautés végétales. CNRS, CEPE, Montpellier, Doc n°45, 136p.
- Le HOUEROU H. N., 1980.** Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril, 1980, CIPEA. 481p.
- MENAUT J. C., 1983.** Espèces ligneuses et herbacées dans les écosystèmes pâturés sahéliens de Haut-Volta, 124p.
- Ministère des Ressources Animales (MRA), 1998.** Les statistiques de l'élevage au Burkina Faso, 1998. - 113p.
- ONANA J., 1995.** Les ligneux fourragers du Nord Cameroun. I. Inventaire et phénologie. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, 1995, 48 (2): p213 - 219.
- PELLEW R.A., 1980.** Production et consommation du fourrage ligneux d'Acacia et sa

-
- potentialité pour la production de protéine animale. *In* Le HOUEROU H.N. (éd.), Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril, 1980, CIPEA, p221 - 229.
- PIOT J., NEBOUT J. P., NANOT R., TOUTAIN B., 1980.** Utilisation des ligneux Sahéliens par les herbivores domestiques. Étude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi (Haute-Volta). Maisons-Alfort, France, IEMVT. - 217p.
- POISSONET J., GILLET H., TOURE I. A., GABARET M., 1985.** Méthodologie pour l'étude des pâturages sahéliens. Aide Mémoire, 28p.
- POISSONET J., SANON O.H., KIEMA A., 1996.** Étude des potentialités agro-sylvo-pastorales d'un terroir comme base de réflexion pour la gestion des ressources naturelles renouvelables dans une optique de développement villageois. Rapport/ INERA, 40p.
- POUPON H., 1979.** Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au Nord du Sénégal. Thèse université Paris-Sud (1979), Centre d'Orsay et éd. ORSTOM, Paris (1980), 317p + annexes.
- RIVIERE R., 1997.** Alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. *Manuel et Précis d'élevage*, IEMVT, 529p.
- SANON O. H., 1995.** Évaluation des pâturages de la station de KATCHARI. INERA., Burkina Faso. 38p.
- SANOUS S., 1996.** Étude des sols et leurs potentialités pastorales au Sahel Burkinabé: cas de la zone de KATCHARI. Mémoire de fin d'étude IDR/ UPB/ UO. - 89p.
- SAWADOGO E., 1990.** Stades de développement, biomasse et valeurs nutritive de quatre graminées fourragères. Mémoire de fin d'étude IDR, option élevage ISN -IDR.
- SAWADOGO I., 2000.** Phénologie, composition chimique et digestibilité de quatre ligneux fourragers. Mémoire I.D.R., 70p.
- Service des Statistiques Animales et de l'Économie de l'Élevage (SSA-EE), 1998.**
Les statistiques de l'élevage au Burkina Faso, 113p.
- SKERMAN P. J., 1982.** Les légumineuses fourragères tropicales. Collection FAO, Production végétale et protection des plantes. n°2.
- TEZENAS DU MONTCEL I., 1991.** Capacité de charge en saison sèche d'un parcours en zone nord soudanienne : cas d'une utilisation des petits ruminants. *In*: Actes du IV^{ème} Congrès International des Terres de Parcours, Montpellier, France, 22 - 26 avril 1991. Volume 1, p663 - 667.
- VON MAYDELL H. J., 1986.** Arbres et arbustes du Sahel, leurs caractéristiques et leurs utilisations. - Eschborn, Allemagne. GTZ. - 531p.

-
- WALKER B. H., 1980.** Les ligneux fourragers en Afrique Australe. *In* Le HOUEROU H.N. (éd)., Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril, 1980, CIPEA. p7 -24. .
- WICKENS G.E.,1980.** Autres utilisations des espèces ligneuses. *In* Le HOUEROU H.N. (éd)., Les fourrages ligneux en Afrique, état actuel des connaissances. Addis-Abeba, (Éthiopie) 8 - 12 avril, 1980, CIPEA, p153 – 182.
- ZERBO L., 1993.** Caractérisation des stations de recherches agronomiques : DI, KATCHARI, KOUARE. Rapport CNRST/ INERA, 106p.
- ZOUNGRANA I., 1991.** Recherche sur les aires pâturées du Burkina Faso. Thèse de doctorat d'Etat ès Sciences naturelles. Université de Bordeaux III (France), 284p.

ANNEXES

Guide d'entretien

1. Production fourragère ligneuse

Les principales espèces ligneuses appréciées par les animaux

.....
.....
.....

Y a t-il des préférences des espèces ligneuses suivant les espèces animales

Bovin :.....
Ovins :.....
Caprins :.....

Importance quantitative de la biomasse fourragère ligneuse disponible / espèce et période

.....
.....

Importance qualitative de la biomasse ligneuse disponible (performance animale) / espèce

.....
.....
.....

Les périodes d'affluence des animaux sur les ligneux fourragers

.....

Impression des producteurs sur les espèces concernées par l'étude

Acacia raddiana :.....
Acacia laeta :.....
Acacia seyal :.....
Balanites aegyptiaca :.....
Ziziphus mauritiana :.....

Utilisation préférentielle des différentes parties (y compris les 5 espèces retenues):

Feuilles						
Fleurs						
Fruits/gousses						
Ecorce						
Racine						

3. Matrice des critères

Critères / espèces						

Critères = avantages les plus couramment cités

4. Type d'utilisation / exploitation

Les types d'utilisation courants des espèces ligneuses concernées :

- fourrage
- bois de chauffe
- protection du sol
- autres (préciser)

Mode traditionnel d'exploitation des ligneux fourragers et espèces concernées

- broutage (les animaux sur l'arbre).....
- ébranchage (pour les animaux au pâturage).....
- glanage (ramassage des feuilles, fruits, gousses tombes).....
- cueillette (récolte de branchage pour les animaux de case).....

Préférence des différentes composantes des ligneux par espèce animale

	Bovin	Ovin	Caprin
Feuilles			
Fleurs			
Fruits/gousses			

5. Ligneux fourrager dans le système de production

Les effets positifs des ligneux dans le système de production animale;

.....

Les espèces qui semblent le mieux adaptées aux systèmes d'exploitation actuels des pâturages :

.....

Leur capacité de repousse et/ou de régénération :

.....

Les modes de conduite des animaux en particulier les chèvres au pâturage :

.....

Autres observations :

.....

Fiche de relevé phénologique de terrain

Date :

Espèce :

Noms de l'observateur :

Individus par classe de hauteur	Feuillaison				Floraison			Fructification			Observations
	Fe0	Fe1	Fe2	Fe3	F11	F12	F13	Fr1	Fr2	Fr3	

Fe 0: absence de feuilles

Fe1, F11, Fr1 début de feuillaison, floraison et fructification

Fe2, F12, Fr2 correspondent respectivement à la phase de pleine feuillaison, pleine floraison et plein fructification

Fe3, F13, Fr3 marquent la fin de feuillaison, de floraison et de fructification

Fiche de suivi du comportement alimentaire de caprins au pâturage

Date : ,

Noms de l'observateur

Période des observations	Marche	Pâtures			Abreuvement	Repos	
		herbacée	ligneux			Sans rumin	Avec rumi
			glanage	broutage			
Heure de départ							
Heure de retour							
Nombre des observation							

Attaques des ligneux fourragers par les criquets



Feuilles et fruits de *Balanites aegyptiaca* attaqués par les criquets



Feuilles de *Acacia seyal* attaquées par les criquets